

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

БОЯГІНА ОЛЬГА ДМИТРІВНА

*УДК 611.813.9-053*

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ІНДИВІДУАЛЬНА ВАРІАТИВНІСТЬ СТАТЕВОГО ДИМОРФІЗМУ МОЗОЛИСТОГО  
ТІЛА ЛЮДЕЙ У ВІКОВОМУ АСПЕКТІ**

14.03.01 – нормальна анатомія

22 – Охорона здоров'я

222 – Медицина

Подається на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

О.Д. Боягіна

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант: Костиленко Юрій Петрович, доктор медичних наук,  
професор

Харків - 2018

**АНОТАЦІЯ**

*Боягіна О.Д.* Індивідуальна варіативність статевого диморфізму мозолистого тіла людей у віковому аспекті. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук за спеціальністю 14.03.01 «Нормальна анатомія» (22 – Охорона здоров'я). – Харківський національний медичний університет університет МОЗ України, Харків, 2018. – Харківський національний медичний університет МОЗ України, Харків, 2018.

Дисертація є фрагментом планової комплексної науково-дослідної теми кафедри анатомії людини Харківського національного медичного університету «Морфологічні особливості органів і систем тіла людини на етапах онтогенезу», № державної реєстрації 0114U004149.

Мета дослідження – визначення конфігураційних і метричних параметрів індивідуальної варіативності статевого диморфізму мозолистого тіла людей зрілого та похилого віку, а також розкриття конструктивного принципу його внутрішньої організації.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання.

1. Розробити оптимальний алгоритм морфометричного вивчення сагітального профілю мозолистого тіла.
2. Провести морфометричний аналіз сагітального профілю мозолистого тіла людей зрілого віку обох статей на підставі МРТ-зображень.
3. Здійснити такий же аналіз сагітального профілю мозолистого тіла людей зрілого та похилого віку обох статей за макрофотографіями його анатомічних препаратів.
4. Отримати спектр даних щодо анатомічної будови мозолистого тіла у зрілому віці.
5. Вивчити будову мозолистого тіла на макро-, мікроскопічному рівнях його організації.
6. Провести системний аналіз мікроскопічної будови мозолистого тіла.
7. Встановити артеріальні джерела кровопостачання мозолистого тіла

та локалізацію колекторних ланок його венозного русла.

8. Вивчити принцип структурної організації кровоносного русла мозолистого тіла.

9. Встановити характер морфологічного зв'язку з мозолистим тілом таких прилеглих до нього утворень як поздовжні смуги, склепіння мозку та прозора перегородка.

10. На підставі узагальнення результатів власних досліджень, у зіставленні їх з даними літератури, обґрунтувати принципово оновлену концепцію про морфофункціональну організацію мозолистого тіла з можливістю її долучення до вивчення структури всієї білої речовини центральної нервової системи.

*Об'єкт дослідження* – індивідуальна анатомічна мінливість головного мозку людини.

*Предмет дослідження* – мозолисте тіло.

*Методи дослідження:* 1 – анатомічне мікропрепарування під контролем лупи; 2 – вивчення МРТ-зображень мозолистого тіла; 3 – морфометрія зі статистичною обробкою отриманих цифрових даних; 4 – методи гістологічних досліджень; 5 – отримання напівтонких зрізів із залитих у епоксидну смолу тканин згідно існуючих у практиці трансмісійної електронної мікроскопії вимог; 6 – метод пластинації тотальних препаратів мозолистого тіла з подальшим виготовленням полірованих шліфів різної товщини з їх наступним забарвленням відповідними реактивами; 7 – фотодокументування макро-, мікроскопічних препаратів з виконанням на їх основі інтерпретуючих анатомічних рисунків.

У дисертаційній роботі досягнуте більш глибоке розуміння закономірностей морфологічної організації мозолистого тіла, яке опосередкує комісуральні зв'язки між контрлатеральними центрами кори великого мозку людини. Також суттєво доповнено та розширено уявлення про анатомічну форму та зовнішню будову мозолистого тіла, окремі утворення якої уперше в літературі знайшли органічну ув'язку з його

внутрішньою структурою.

Удосконалені способи морфометричного аналізу дозволили детально з'ясувати широту індивідуального різноманіття статевого диморфізму мозолистого тіла в його віковому аспекті та дати цьому кількісному вираженню відповідну інтерпретацію. Цілеспрямований декомпозиційний аналіз внутрішньої будови мозолистого тіла забезпечив розшифровку принципу багаторівневої системної організації в ньому основних тканинних елементів – упорядкованих у тривимірному просторі мієлінізованих нервових волокон, гліальних клітин та кровоносних мікросудин.

Заповнено існуючу в літературі прогалину щодо особливостей кровопостачання мозолистого тіла та конструкції його кровоносного мікроциркуляторного русла, а також розглянуто питання про організацію шляхів позасудинної циркуляції рідини серед мієлінізованих нервових волокон.

Суттєвим доповненням до цього стало встановлення морфологічного зв'язку мозолистого тіла з супроводжуючими його структурами, які традиційно відносяться до системи лімбічного мозку (поздовжні смуги, мозкове склепіння та прозора перегородка).

У ході даного дослідження розроблено практичні рекомендації:

1. Отримані нові фактичні дані про індивідуальну варіативність статевого диморфізму мозолистого тіла людини у віковому аспекті можуть бути використані у теоретичній та практичній галузях медицини при визначенні критеріїв норми та при дослідженні патологічних змін, пов'язаних із морфофункціональними особливостями будови мозолистого тіла.

2. Результати дослідження будови мозолистого тіла, викладені в нашій дисертації, рекомендовано застосовувати в навчальному процесі на кафедрах анатомії, гістології, клінічної анатомії та оперативної хірургії, нормальної фізіології, кафедрі нервових хвороб та нейрохірургії.

3. Результати дослідження також можуть бути використані при виданні

посібників, атласів та монографій з нормальної анатомії, гістології, клінічної анатомії та оперативної хірургії, нормальної фізіології в розділах, що стосуються анатомії органів ЦНС. Особливу інформативну цінність мають деякі макро- і мікрофотографії мозолистого тіла та пов'язаних із ним суміжних утворень. Найбільш показовим прикладом у цьому відношенні є об'єктивна візуалізація в прозорій перегородці венозних судин та їх зв'язку з кровоносним руслом мозолистого тіла.

4. Іншою сферою практичної діяльності, для якої результати наших досліджень мають бути цікавими, є функціональна магнітно-резонансна томографія. Зокрема, при вивченні картування комісуральних шляхів мозолистого тіла тут корисним буде враховувати порційний принцип організації нервових провідників, а також модульність конструкції його гемомікроциркуляторного русла.

5. Отримані нами візуальні та планіметричні параметри індивідуальної варіативності мозолистого тіла можуть послужити основою для проведення за допомогою МР-томографії цілеспрямованих психофізіологічних досліджень, наприклад, із метою перевірки існуючих у літературі даних про прямий зв'язок між розмірами мозолистого тіла й інтелектуальними здібностями людей у статевому аспекті.

6. Результати наших досліджень вважаємо корисними для використання у клінічній практиці обстеження людей із різними формами аномалії мозолистого тіла, а також його ушкоджень внаслідок різних патологічних процесів великого мозку.

7. Отримані дані про особливості кровопостачання мозолистого тіла в змозі сприяти найбільш оптимальним результатам при різних оперативних втручаннях у цій ділянці.

**Ключові слова:** індивідуальна варіативність, статевий диморфізм, морфологія, головний мозок, мозолисте тіло, комісуральні канатики, фасцикулярні порціони, субфасцикулярні порціони, стільникові порціони.

## SUMMARY

*Boiagina O.D.* Individual variability of sexual dimorphism of human corpus callosum in the age aspect. – Qualifying scientific work as manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences (Doctor of Medicine) in specialty 14.03.01 "Normal anatomy" (22 – Health). – Kharkiv National Medical University, Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, 2018. – Kharkiv National Medical University, Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The dissertation is a part of the planned comprehensive research topic "Morphological features of human body organs and systems at the stages of ontogenesis" (the state registration number 0114U004149) of the Human Anatomy Department of Kharkiv National Medical University.

The purpose of the study is to determine the configurative and metric parameters of the individual variability of sexual dimorphism of mature and elderly people corpus callosum, as well as to study the constructive principle of its internal organization.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

1. To develop an optimal algorithm of morphometric study of corpus callosum sagittal profile.
2. To conduct a morphometric analysis of the sagittal profile of the corpus callosum of mature people of both sexes on the basis of MRI images.
3. Perform the same analysis of the sagittal profile of the corpus callosum of mature and elderly people of both sexes by macrophotographs of its anatomical drugs.
4. To obtain comprehensive data on the anatomical structure of human corpus callosum in adulthood.
5. To study the structure of human corpus callosum on the macro-microscopic level of its organization.
6. To carry out a systematic analysis of the microscopic structure of the corpus callosum.
7. Set the arterial blood supply sources of the corpus callosum and

localization of the collector portions of its venous bed.

8. To study the principle of structural organization of the blood stream of the corpus callosum.

9. To find out the nature of the morphological connection of the corpus callosum and such adjacent structures as longitudinal stripes, fornix and septum pellucidum.

10. On the basis of generalization of our own research results and having compared them with the data in the literature, to substantiate the fundamentally updated concept of the morphofunctional organization of the corpus callosum with the possibility of its addition to the study of the structure of the whole white matter of the central nervous system.

*The object of the study* is the individual anatomical variability of human brain.

*The subject of research* is the corpus callosum.

*Methods of research:* 1 – anatomical micropreparation under the control of magnifying glass; 2 – study of MRI images of the corpus callosum; 3 – morphometry with statistical processing of received digital data; 4 – methods of histological studies; 5 – the obtaining of semi-thin sections from tissues embedded in epoxy resin in accordance with the requirements of the practice of transmission electron microscopy; 6 – the method of plasticization of corpus callosum total preparations with further production of polished sections of different thickness with their subsequent coloration with appropriate reagents; 7 – photocomposition of macro- and microscopic preparations, with further making interpretive drawings.

In the dissertation a more profound understanding of the morphological organization of the corpus callosum that mediates commissural connections between the contralateral centers of the cerebral cortex, is achieved. The concept of the anatomical form and the external structure of the corpus callosum is also substantially supplemented and expanded, and some individual formations of the external structure have found an organic connection with its internal structure for

the first time in the literature.

Improved methods of morphometric analysis allowed to elucidate in detail the range of the individual diversity of the corpus callosum sexual dimorphism in its age aspect and give an appropriate interpretation to this quantitative expression.

The purposeful decomposition analysis of the internal structure of the corpus callosum provided a decoding of the principle of the multilevel system organization of the basic tissue elements in it which are arranged in the three-dimensional space of myelinated nerve fibers, glial cells and blood microcircuits.

The gap in the literature concerning the features of corpus callosum blood supply and its microcirculatory bloodstream structure was filled in. The organization of the ways of fluid extravascular circulation among myelinated nerve fibers was also studied.

The establishment of the morphological connection of the corpus callosum with its accompanying structures, which traditionally belong to the system of the limbic brain (longitudinal striations, fornix, and septum pellucidum), was an essential addition.

In the course of this study the following practical recommendations were developed:

1. The received new actual data on the individual variation of corpus callosum sexual dimorphism in the age aspect can be used in the theoretical and practical branches of medicine when determining the criteria of the norms and in the study of pathological changes associated with morphofunctional features of the corpus callosum structure.

2. The results of the study of the structure of the corpus callosum, described in our dissertation, are recommended to be used in the educational process at the departments of Anatomy, Histology, Clinical Anatomy and Operative Surgery, Normal Physiology, Department of Nervous Diseases and Neurosurgery.

3. The results of the study can also be used in the publication of manuals, atlases and monographs on normal anatomy, histology, clinical anatomy and operative surgery, normal physiology in the chapters related to the anatomy of



central nervous system. Some macro-and microphotographs of the corpus callosum and related adjacent entities are of particular informative value. The most prominent example in this regard is objective visualization of venous vessels in the septum pellucidum and their connection with the bloodstream of the corpus callosum.

4. Another area of practical activity, for which the results of our research should be interesting, is a functional magnetic resonance imaging. In particular, when studying the mapping of the commissural pathways of the corpus callosum, it will be useful to consider the portion principle of the nerve conductors organization, as well as the modularity of the structure of its hemomyocirculatory channel.

5. The obtained visual and planimetric parameters of the individual variability of the corpus callosum can be used as the basis for conducting of targeted psychophysiological research with the help of MR tomography, for example, in order to check the data existing in the literature on the direct relationship between the corpus callosum size and the intellectual abilities of people in the sexual aspect.

6. The results of our research will also be useful in the clinical practice of the examination of people with different forms of the corpus callosum anomalies, as well as its damages as a result of various pathological processes of the cerebrum.

7. Our data on the features of the corpus callosum blood supply can provide the most optimal results for various surgical interventions in this area.

**Keywords:** individual variability, sexual dimorphism, morphology, brain, corpus callosum, commissural cords, fascicular portions, subfascicular portions, cellular portions.

**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА**

1. Боягина О. Д. Принцип устройства большого мозга человека (аналитический обзор литературы) / Ю. П. Костиленко, О. Д. Боягина // Медицина сьогодні і завтра. – 2015. – № 3 (68). – С. 10–18.
2. Боягина О. Д. Современные представления о мозолистом теле как о спайке нового плаща / О. Д. Боягина // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2015. – Т. 15, Вип. 3 (51), Ч. 2. – С. 293–299.
3. Боягина О. Д. Методы изучения мозолистого тела (аналитический обзор литературы) / О. Д. Боягина // Экспериментальна і клінічна медицина. – 2015. – № 4 (69). – С. 5–9.
4. Боягина О. Д. Представления о симметрии и асимметрии строения и функции полушарий большого мозга человека согласно данным литературы / О. Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 1 (124). – С. 10–14.
5. Боягина О. Д. Индивидуальная вариативность формы мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте по данным МРТ-изображений / О. Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 2 (125). – С. 291–294.
6. Боягина О. Д. Линейные метрические параметры индивидуальной вариативности полового диморфизма мозолистого тела людей зрелого возраста по данным МРТ-изображений / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко, А. В. Мангов, И. А. Инюточкина // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 2, Т. 1 (128). – С. 353–359.
7. Боягина О. Д. Форма внутренней организации мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте / Ю. П. Костиленко, О. Д. Боягина // Scientific Journal «ScienceRise». – 2016. – № 4/3 (21). – С. 4–8.
8. Боягина О. Д. Половой диморфизм внешнего строения ствольного отдела мозолистого тела людей зрелого возраста / О. Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 3 (57). – С. 27–30.
9. Боягина О. Д. Ориентировочные метрические параметры основных

структурных образований мозолистого тела человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 4, Т. 2 (134). – С. 184–188.

10. Боягина О. Д. Микроархитектоника мозолистого тела людей зрелого возраста / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Morphologia. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 12–17.

11. Боягина О. Д. Результаты изучения микроскопического строения мозолистого тела человека с помощью рутинных гистологических методов / О. Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 4 (58). – С. 74–78.

12. Боягина О. Д. Строение мозолистого тела человека в посмертном состоянии сравнительно с его МРТ-изображением / О. Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2016. – № 5 (254). – Р. 87–92.

13. Боягина О. Д. Строение прозрачной перегородки и ее отношение к мозолистому телу человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Journal of Education, Health and Sport. – 2016. – № 6 (12). – Р. 895–905.

14. Боягина О. Д. Общий принцип внутренней структуры мозолистого тела людей в зрелом возрасте / О. Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2017. – № 1 (262). – Р. 82–87.

15. Voiagina O. The features of blood supply of corpus callosum and the structure of its hemomicrocirculatory channel / O. Voiagina // Eureka: Health Science. – 2017. – № 1. – Р. 9–16.

16. Боягина О. Д. Гематоцеллюлярная организация миелоархитектоники мозолистого тела человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2017. – Т. 17, Вип. 1 (57). – С. 221–225.

17. Боягина О. Д. Иерархические уровни морфологической организации нервных волокон в мозолистом теле человека / О. Д. Боягина // Morphologia. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 7–11.

18. Boiagina O.D. Morphological study of communication between the longitudinal strips and the human corpus callosum / O.D. Boiagina // *International Journal of Medicine and Medical Research*. – 2017. – Vol. 3 (1). – P. 70-74.

19. Боягина О. Д. Метрическая характеристика анатомических препаратов мозолистого тела мужчин зрелого возраста / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко, А. С. Линник, Н. Ю. Яковцова, Р. А. Молодчий // *Світ медицини та біології*. – 2017. – № 3 (61). – С. 85–89.

20. Боягина О. Д. Зависимость формы мозолистого тела людей второго периода зрелого возраста от краниометрических показателей мозгового отдела черепа / О. Д. Боягина // *Journal of Education, Health and Sport*. – 2017. – № 7 (8). – P. 797–807.

21. Boiagina O. Planimetric characteristic of corpus callosum sagittal profile of men in the middle and advanced age / O. Boiagina, Yu. Kostilenko // *Georgian Medical News*. – 2017. – № 10 (271). – P. 138–143.

22. Боягина О. Д. Морфологические отношения между сводом мозга и мозолистым телом человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. – 2017. – Т. 16, № 4 (62). – С. 94–97.

23. Боягина О. Д. Сравнительная оценка МРТ-изображений сагиттального профиля мозолистого тела человека и соответствующих им анатомических препаратов / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. – 2017. – Т. 17, Вип. 4 (60), Ч. 1. – С. 13–17.

24. Боягина О. Д. Морфометрическая характеристика мозолистого тела женщин второго периода зрелого возраста по данным МР-томограмм и анатомических препаратов / О. Д. Боягина // *Буковинський медичний вісник*. – 2017. – Т. 21, № 4 (84). – С. 9–16.

25. Боягіна О. Д. Внутрішня будова мозолистого тіла людей зрілого віку / О. Д. Боягіна // *Прикладні аспекти морфології: збірник матеріалів науково-практичної конференції, Тернопіль, 20–21 жовтня 2016 р.* / Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний

університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України». – Тернопіль, 2016. – С. 15–17.

26. Боягіна О. Д. Індивідуальна мінливість форми мозолистого тіла чоловіків і жінок за даними МРТ-зображень / О. Д. Боягіна // Сучасні аспекти морфології людини: успіхи, проблеми та перспективи: збірник матеріалів заочної науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченої 150-річчю з дня народження професора М.Ф. Мельникова-Разведенкова, Харків, 24 грудня 2016 р. / Харківський національний медичний університет. – Харків, 2016. – С. 47–48.

27. Боягіна О. Д. Кровообіг мозолистого тіла та будова його гемомікроциркуляторного русла / О. Д. Боягіна, Ю. П. Костиленко // Прикладні аспекти морфології: науково-практична конференція, присвячена пам'яті професорів-морфологів Терентьєва Г.В., Роменського О.Ю., Когана Б.Й., Шапаренка П.П., Жученка С.П., Вінниця, 21–22 вересня 2017 р. / Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова. – Вінниця, 2017. – С. 38–40.

28. Voiagina O. Special aspects of the relationship between human corpus callosum and fornix / O. Voiagina // Technology transfer: innovative solutions in medicine: proceedings of the 1<sup>st</sup> Annual Conference, Tallinn, Estonia, 26 October 2017. – Tallinn, 2017. – P. 6–8.

29. Боягіна О. Д. Порівняльна характеристика морфометричних показників мозолистого тіла головного мозку жінок другого періоду зрілого віку за даними МРТ-зображень та анатомічних препаратів / О. Д. Боягіна // The development of medical sciences: problems and solutions: proceedings of the Conference, Brno, 27–28 April 2018. – Brno, 2018. – P. 29–32.

## ЗМІСТ

	Стор.
АНОТАЦІЯ	2
SUMMARY	6
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ	10
ЗМІСТ	14
ВСТУП	16
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПРО БУДОВУ ВЕЛИКОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ ТА ЙОГО КОМІСУРАЛЬНІ ЗВ'ЯЗКИ (огляд літератури)	31
1.1. Загальний принцип організації великого мозку людини	31
1.2. Загальна характеристика мозолистого тіла як спайки нового плаща	51
1.3. Вікові відмінності та статевий диморфізм мозолистого тіла, а також методи його вивчення	64
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	94
2.1. Спосіб морфометричного аналізу форми мозолистого тіла за МРТ-зображеннями і стосовно до його натуральних препаратів	95
2.2. Методи вивчення анатомічних препаратів мозолистого тіла людини	100
2.3. Етичні, правові та метрологічні аспекти дослідження	106
РОЗДІЛ 3. ФОРМА ТА РОЗМІРНІ ПОКАЗНИКИ МОЗОЛИСТОГО ТІЛА ЧОЛОВІКІВ І ЖІНОК У ЗРІЛОМУ ВІСІ ЗА ДАНИМИ МРТ-ЗОБРАЖЕНЬ	107
РОЗДІЛ 4. МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА БУДОВА МОЗОЛИСТОГО ТІЛА В ПОСМЕРТНОМУ СТАНІ	153

4.1. Результати морфометричного аналізу анатомічних препаратів мозолистого тіла чоловіків зрілого та похилого віку	154
4.2. Результати морфометричного аналізу анатомічних препаратів мозолистого тіла жінок зрілого, похилого та старечого віку	170
4.3. Загальна форма та макро- мікроскопічна будова мозолистого тіла людей зрілого віку	184
<b>РОЗДІЛ 5. МІКРОСКОПІЧНА БУДОВА</b>	
<b>МОЗОЛИСТОГО ТІЛА ЧОЛОВІКІВ І ЖІНОК</b>	
<b>ЗРІЛОГО ВІКУ</b>	<b>216</b>
5.1. Загальна характеристика мікроскопічної архітекtonіки мозолистого тіла людей у зрілому віці	219
5.2. Цитотопічний аналіз мієлоархітекtonіки мозолистого тіла людей зрілого віку	238
5.3. Результати вивчення мозолистого тіла за допомогою традиційних гістологічних методів	265
<b>РОЗДІЛ 6. ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ</b>	
<b>УТВОРЕНЬ ЛІМБІЧНОГО МОЗКУ З МОЗОЛИСТИМ</b>	
<b>ТІЛОМ ТА ЙОГО КРОВОНОСНЕ РУСЛО</b>	<b>287</b>
<b>РОЗДІЛ 7. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ</b>	
<b>РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>313</b>
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>363</b>
<b>ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ</b>	<b>371</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>373</b>
Додаток А	405
Додаток Б	409

## ВСТУП

**Актуальність проблеми.** Впровадження в практику досліджень функціональних методів магнітно-резонансної томографії сприяло розширенню можливостей вивчення як первинних уражень мозолистого тіла (вад розвитку, пухлин, крововиливів, ятрогенних уражень), так і вторинних, виникаючих, наприклад, у разі валеровської дегенерації калозальних волокон при осередкових і дифузних ураженнях півкуль великого мозку [4, 73, 97-99, 114, 124-126, 131, 134, 143, 211].

У той же час за допомогою зазначених методів візуального вивчення головного мозку в прижиттєвому стані поновилася спроба вирішити традиційні питання, що стосуються особливостей розвитку мозолистого тіла, а також його індивідуальних, статевих і вікових відмінностей [62, 111, 127-130, 132, 133, 141, 145, 152, 157, 163, 166, 167, 169, 172, 268-270]. Незважаючи на цілу низку ґрунтовних досліджень, проведених у вказаному напрямку, отримані ними результати виявилися занадто суперечливими, а тому говорити про завершеність вирішення цього завдання не можна.

Однак, усебічне вивчення даних літератури про мозолисте тіло дає підстави відзначити, що вказані вище аспекти не є головними в пізнанні його морфофункціональної організації. Сьогодні можна говорити, що мозолисте тіло є спайкою нового плаща [136, 152, 164, 169, 173]. У цій спайці білої речовини, як топографічно організованій структурі, виділяються модальноспецифічні ділянки; серед них передні калозальні волокна передають рухову інформацію між лобовими частками, що проходять транзитно через коліно і передню частину стовбурового відділу мозолистого тіла, а соматосенсорна, слухова та зорова інформація інтегрується волокнами, що пов'язують тім'яні, скроневі, а також потиличні частки за допомогою задньої частини стовбура, перешийка та валика відповідно. Ці давно відомі факти про топічне розмежування комісуральних провідників



мозолистого тіла останніми роками знайшли підтвердження за допомогою застосування функціональних методів магнітно-резонансної томографії [178, 181, 184, 186, 187, 192, 203, 218, 277-279, 281, 282]. Проте при цьому деякими авторами [191] були зареєстровані осередки нюхової та смакової стимуляції в ділянках коліна та валика мозолистого тіла, що не узгоджується з уявленням про локалізацію кіркових центрів зазначених аналізаторів у гачку склепінчастої звивини, яка, як відомо, повністю належить до лімбічного мозку [3, 44]. Така «неузгодженість» змушує розширити існуючі уявлення про структурно-функціональну суть мозолистого тіла, що знайшло своє місце в нашій роботі.

Ще більш проблематичним є питання про зовнішню та внутрішню будову мозолистого тіла, як про основний колектор комісурального зв'язку між контрлатеральними центрами нової кори великого мозку, яке можна трактувати як в широкому, так і вузькому значенні. У широкому розумінні воно передбачає усю сукупність комісуральних шляхів, які віялоподібно розпростерті у білій речовині півкуль великого мозку серед асоціативних і проєкційних трактів [205, 212, 233, 238, 283]. Говорячи про мозолисте тіло у вузькому значенні, як правило, розуміють проміжну між двома півкулями, щільно сконцентровану масу нервових провідників, про форму якої, зазвичай, судять за сагітальним зрізом, не надаючи особливої уваги іншим ракурсам його анатомічної будови. Необхідно відзначити, що в практиці МР-томографії при вирішенні вказаних вище завдань мозолисте тіло вивчається тільки в одному сагітальному ракурсі. Уся інша інформація, що стосується його усебічної анатомічної форми та особливо внутрішньої структури, опиняється за межами можливостей зазначених методів. Саме цим пояснюється те, що на сучасному етапі наші знання про будову мозолистого тіла обмежуються попередніми, дуже поверхневими уявленнями.

Відомо, що через мозолисте тіло дорослої людини концентровано прокладена (у процесі ембріогенезу та ранніх стадій постнатального життя) незлічена безліч нервових провідників. Але при цьому слід враховувати, що

його загальний об'єм зайнятий не лише нервовими волокнами, адже до його складу входять й інші супутні тканинні структури, до яких, у першу чергу, належать гліальні клітини, такі як фібрилярні астроцити й інтерфасцикулярні олігодендроцити [16, 81, 86]. Окрім того, неодмінними компонентами в мозолистому тілі є кровоносні судини різного діаметру. Із упевненістю можна говорити, що вони локалізовані в сполучнотканинних прошарках серед сукупностей нервових волокон. Згідно з даними літератури в мозковій речовині близько 30% доводиться на інтерстиційний простір [82]. Проте не відомо, чи правомірним буде це судження щодо мозолистого тіла, яке в порівнянні з іншими відділами головного мозку відрізняється підвищеною щільністю концентрації нервових волокон.

Якщо не рахувати деяких уточнювальних чинників, то цим по суті обмежуються відомості літератури про структурний зміст мозолистого тіла. Очевидно, що на сучасному етапі таке уявлення про основний комісуральний вузол головного мозку є украй примітивним, оскільки мозолисте тіло не можна розглядати як просту суму складових тканинних структур. Безумовно, у його мієлоархітектоніці присутня певна форма впорядкованості (організованості) між ними, яку необхідно розкрити. На жаль, методи магнітно-резонансної томографії зовсім не підходять для вирішення такого завдання, оскільки мають недостатню роздільну здатність. Тому єдиним способом його розв'язання залишається вивчення фіксованого посмертного матеріалу за допомогою комбінації різних методів гістологічного аналізу.

Разом із тим розкриття конструктивного принципу внутрішньої організації мозолистого тіла неможливе без наявності знань про особливості його кровопостачання. Сьогодні відомо, що до магістральних джерел артеріального кровопостачання належать дві передні мозкові артерії, які в старих посібниках з анатомії називаються артеріями мозолистого тіла, оскільки вони, розташовуючись паралельно, огинають його коліно та прямують далі по верхній поверхні стовбура; доходячи до межі з потиличними частками півкуль великого мозку вони анастомозують із

гілками задніх мозкових артерій [10, 230]. Зовсім мало відомостей є у нашому розпорядженні про судини, що здійснюють венозний відтік від мозолистого тіла. Судячи з даних літератури, передні мозкові артерії головного мозку, які опоясують мозолисте тіло, в анастомозі з задніми притоками не супроводжуються відповідними венами, що взагалі властиве для глибокого кровоносного русла головного мозку. У такому разі вени, що відводять кров від мозолистого тіла, повинні знаходитися під ним у суміжних ділянках, на що побічно вказують дані літератури [10]. Проте на сучасному етапі відомості про їх точну локалізацію відсутні.

Якщо взяти за дійсне положення, що артерії, які належать мозолистому тілу, знаходяться поверх нього, а вени – знизу, то їх гілки, проникаючи у його товщу, повинні мати зустрічний напрямок, формуючи у цьому утворенні розгалужену мережу загального гемомікроциркуляторного русла, про яке в літературі немає навіть згадок. Без сумніву, така прогалина вимагає заповнення.

З'ясування цього питання пов'язане з найважливішою проблемою неврології – проблемою гематоенцефалічного бар'єра, під яким взагалі-то розуміється розмежувальний, вибірково проникний комплекс тканинних мікроструктур, розташований між кров'ю, що протікає обмінними мікросудинами, і тілами нервових клітин, які знаходяться у сірій речовині головного мозку [16, 82]. Тому в конкретному вираженні таке уявлення неправомірно поширювати на білу речовину, що складається з щільної сукупності мієлінізованих нервових волокон, де проміжною ланкою між кровоносними капілярами та відростками нервових клітин є не плазматичні астроцити, як у сірій речовині, а інтерфасцикулярні олігодендроцити, відростки яких утворюють мієлінові оболонки для аксонів. У зв'язку з цим виникає питання щодо характеру просторових відносин у мозолистому тілі між кровоносними мікросудинами, гліальними клітинами та нервовими провідниками, яке у літературі не знайшло необхідного роз'яснення та у якому нам слід буде детально розібратися.

Проте інтерес до мозолистого тіла не обмежується викладеними вище аспектами, оскільки воно анатомічно пов'язане з такими утвореннями як поздовжні смуги (присередні та бічні), склепіння мозку та прозора перегородка, які згідно з існуючими уявленнями належать до кондуктивних утворень лімбічного мозку [3, 180, 250]. Нагадаємо, що перші з них (поздовжні смуги) становлять собою тонкі тяжі нервових волокон, які опоясують верхню поверхню мозолистого тіла та пов'язані спереду з підмозолистим полем, а ззаду, під валиком, досягають гіпокампальної зони у вигляді зубчастої звивини, у чому показово видимий кільцевий контур у структурі лімбічного мозку.

Нижня ж поверхня мозолистого тіла примітна тим, що в передніх двох третинах із нею пов'язана прозора перегородка, а ззаду від середини стовбурового відділу вона знаходиться у спайці з тілом мозкового склепіння, яке повністю належить лімбічному мозку, а тому має характерну кільцеву форму [250, 257]. Вона виражається в тому, що це утворення починається від соскоподібних тіл двома, зімкнутими між собою стовпами, які потім об'єднуються в тіло, що зростається з нижньою поверхнею мозолистого тіла. Звідси вони розходяться, спрямовуючись у передні полюси скроневих часток, де переходять до складу правого та лівого гіпокампу [16]. Очевидно, в такій формі відбито подвійне призначення мозкового склепіння: з одного боку воно здійснює асоціативний зв'язок у межах однієї половини лімбічних структур, а з іншого – за допомогою гіпокампальної спайки (чи спайки склепіння) забезпечує комісуральну асоціацію між протилежними центрами давнього плаща [16].

Проте цим, мабуть, не обмежується кондуктивна роль мозкового склепіння. Враховуючи, що його злита частина під назвою тіла зрощена знизу з мозолистим тілом, виникає здогадка про наявність у цьому місці комутаційних взаємозв'язків між лімбічним мозком і новим плащем через колекторну систему мозолистого тіла, що, можливо, є опосередкованою ланкою між підсвідомою та свідомою сферами психічної діяльності людини.

На нашу думку, у такому ж формулюванні слід розглядати і питання про зв'язок із мозолистим тілом поздовжніх смуг і прозорої перегородки. Викликає здивування, що в літературі з нейроморфології воно навіть не розглядається у такому ракурсі. Зрозуміло, наших можливостей недостатньо для його повного вирішення, але об'єктивно встановити наявність (чи відсутність) комутаційних зв'язків між цими утвореннями та нервовими провідниками мозолистого тіла ми в змозі.

Таким чином, подана вище коротка характеристика сучасних уявлень про морфофункціональні особливості будови мозолистого тіла, як найбільшу спайку білої речовини великого мозку, засвідчує поверхневність існуючих знань про нього. Вони не в змозі задовольняти зростаючий інтерес до вивчення різних аспектів психофізіологічної діяльності головного мозку людини, які тим або іншим чином замикаються на певних проблемах у клініці нервових і психічних захворювань. У той же час поданий вище виклад містить у собі логічну послідовність завдань, вирішення яких забезпечить отримання якісно нової інформації про мозолисте тіло, що можливе тільки на підставах усебічного, системного, структурного аналізу.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація є фрагментом планової комплексної науково-дослідної теми кафедри анатомії людини Харківського національного медичного університету «Морфологічні особливості органів і систем тіла людини на етапах онтогенезу», № державної реєстрації 0114U004149. Автор є співвиконавцем теми. Тема дисертації затверджена рішенням експертної проблемної комісії МОЗ та НАМН України «Морфологія людини» (протокол № 5 від 10.05.2016 р.) та на засіданні вченої ради ХНМУ (протокол № 6 від 26.05.2016 р.).

**Мета дослідження** – визначення конфігураційних і метричних параметрів індивідуальної варіативності статевого диморфізму мозолистого тіла людей зрілого та похилого віку, а також розкриття конструктивного принципу його внутрішньої організації.

### **Завдання дослідження.**

1. Розробити оптимальний алгоритм морфометричного вивчення сагітального профілю мозолистого тіла.
2. Провести морфометричний аналіз сагітального профілю мозолистого тіла людей зрілого віку обох статей на підставі МРТ-зображень.
3. Здійснити такий же аналіз сагітального профілю мозолистого тіла людей зрілого та похилого віку обох статей за макрофотографіями його анатомічних препаратів.
4. Отримати спектр даних щодо анатомічної будови мозолистого тіла у зрілому віці.
5. Вивчити будову мозолистого тіла на макро-, мікроскопічному рівнях його організації.
6. Провести системний аналіз мікроскопічної будови мозолистого тіла.
7. Встановити артеріальні джерела кровопостачання мозолистого тіла та локалізацію колекторних ланок його венозного русла.
8. Вивчити принцип структурної організації кровоносного русла мозолистого тіла.
9. Встановити характер морфологічного зв'язку з мозолистим тілом таких прилеглих до нього утворень як поздовжні смуги, склепіння мозку та прозора перегородка.
10. На підставі узагальнення результатів власних досліджень, у зіставленні їх з даними літератури, обґрунтувати принципово оновлену концепцію про морфофункціональну організацію мозолистого тіла з можливістю її долучення до вивчення структури всієї білої речовини центральної нервової системи.

*Об'єкт дослідження* – індивідуальна анатомічна мінливість головного мозку людини.

*Предмет дослідження* – мозолисте тіло.

*Методи дослідження:* 1 – анатомічне мікропрепарування під контролем лупи; 2 – вивчення МРТ-зображень мозолистого тіла; 3 –

морфометрія зі статистичною обробкою отриманих цифрових даних; 4 – методи гістологічних досліджень; 5 – отримання напівтонких зрізів із залитих у епоксидну смолу тканин згідно існуючих у практиці трансмісійної електронної мікроскопії вимог; 6 – метод пластинації тотальних препаратів мозолистого тіла з подальшим виготовленням полірованих шліфів різної товщини з їх наступним забарвленням відповідними реактивами; 7 – фотодокументування макро-, мікроскопічних препаратів з виконанням на їх основі інтерпретуючих анатомічних рисунків.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Результати проведеного дослідження суттєво оновлюють та доповнюють існуючі уявлення про будову мозолистого тіла, а саме:

1. Найбільш виразна конфігурація сагітального профілю мозолистого тіла виявляється за ступенем опуклості його стовбурового відділу. За цією ознакою нами виділено низькоопуклі, середньоопуклі та високоопуклі його форми, вигляд яких безпосередньо залежить від поздовжнього розміру мозкового черепа.

2. При вивченні індивідуальної різноманітності статевого диморфізму мозолистого тіла за віковою градацією в цифровому вираженні найбільш показовими метричними параметрами є: а – його довжина по стягуючій хорді; б – довжина переднього та заднього стегон окремо; в – сумарна їх довжина; г – загальна площа сагітального профілю мозолистого тіла. При цьому останній параметр (планіметричний) ми вважаємо найбільш прийнятним з усіх інших, оскільки він указує на ті розмірні межі, в яких сконцентрована уся сукупність нервових провідників.

Установлено, що у чоловіків загальна площа сагітального профілю мозолистого тіла дещо перевищує таку ж у жінок, що переважно прямо залежить від фактичної довжини його стовбурового відділу, яка визначається за сумарною довжиною двох його стегон.

3. Розмірні характеристики мозолистого тіла людей за зазначеними вище параметрами відрізняються великою індивідуальною варіативністю, яка

у межах окремої вікової групи не має хронологічної залежності.

Однак вказаний віковий аспект представляється дещо інакше при зіставленні цих параметрів між різними віковими групами, що дає підстави говорити про існуючу тенденцію до незначного зменшення мозолистого тіла з віком, але сказати, на якому саме році життя такий інволютивний процес починається, не можливо, тому що він прихований у великому індивідуальному розкиді планіметричного показника.

4. Мозолисте тіло є не суцільним одноманітним масивом нервових провідників, як це прийнято вважати, а становить собою колекторне об'єднання безлічі окремих порційних сукупностей нервових провідників, що мають канатикоподібну форму. Будучи завтовшки від 2 до 3,5 мм вони проходять через мозолисте тіло в поперечному напрямку та занурюються в білу речовину обох півкуль, складаючи в ній комісуральні тракти.

Дані утворення ми запропонували називати «комісуральними канатиками». Маючи сплющено-округлу форму, вони дещо випинаються в поперечному напрямку на верхній і нижній поверхнях мозолистого тіла, утворюючи валикоподібні підвищення. Причому ті з них, які розташовані на верхній поверхні, фігурують у літературі під назвою поперечних смуг.

У товщі мозолистого тіла комісуральні канатики розмежовані між собою тонкими сполучнотканинними прошарками завтовшки від 0,1 до 0,4 мм, у яких локалізуються дрібні кровоносні судини.

5. У свою чергу, комісуральні канатики складаються зі щільної сукупності пошарових секцій, кожна з яких є певною співмножиною пучків нервових волокон. Ці пошарові секції описуються нами під назвою «фасцикулярних порціонів». Будучи тісно зближеними між собою, вони розділені вузькими інтерстиційними прошарками, в яких локалізовані кровоносні мікросудини капілярного типу.

Ці міжфасцикулярні прошарки віддають короткі бічні відрогі, що розділяють фасцикулярні порціони на обмежені в їх межах сегменти, що виділяються нами під назвою «субфасцикулярних порціонів», у



територіальних межах яких кровоносні мікросудини відсутні.

6. Уся сукупність інтерстиційних прошарків у межах комісуральних канатиків мозолистого тіла є складною тривимірною мережею, конструкція якої підпорядкована характеру розгалуження кровоносних мікросудин, будучи одночасно транспортною системою для позасудинної циркуляції рідини з наявними в ній поживними речовинами. Причому, ця мережа пов'язана з регулярно розосередженими у межах субфасцикулярних порціонів вузловими комірками, у яких розміщуються інтерфасцикулярні олігодендроцити, що формують густу стільникову мережу, окремі комірки якої мають полігональну (п'яти- або шестикутну) форму. У їх межах тісно зосереджені наймінімальніші сукупності мієлінізованих нервових волокон, які ми називаємо «стільниковими порціонами». Розташовані в кутових місцях стільникових порціонів інтерфасцикулярні олігодендроцити своїми відростками безпосередньо пов'язані з мієліновими оболонками певної кількості нервових волокон.

7. Нами обґрунтована гіпотеза, згідно якої у мозолистому тілі уся транспортна система, що здійснює мікроциркуляторні процеси, повністю спрямована на забезпечення структурно-функціональної постійності тільки мієлінових оболонок нервових волокон за рахунок секреторних властивостей інтерфасцикулярних олігодендроцитів. У зв'язку з цим можна вважати, що самі їх провідники, тобто відростки нервових клітин, ізольовані такими оболонками, підтримуються за рахунок аксонного (лонгітудинального) транспорту, витоками якого є відповідні тіла (перикаріони) нервових клітин, які вибірково споживають поживні речовини з крові за допомогою гематоенцефалічного бар'єру, що має місце в сірій речовині головного мозку. Підтвердження зазначеної гіпотези дозволить розповсюдити це положення на всю його білу речовину.

8. Гемомікроциркуляторне русло мозолистого тіла є складно розгалуженою у його товщі мережею резистивних, обмінних та ємнісних мікросудин, розташованих на шляху між артеріальним руслом, що

знаходиться поверх нього, і локалізованими знизу від нього венами прозорої перегородки.

Прямими шунтуючими шляхами між ними служать перфоруючі артеріоло-венулярні анастомози, що пронизують мозолисте тіло наскрізь міжфунікулярними сполучнотканинними прошарками. Характерним для них є наявність у стінці венозних сегментів гладких міоцитів, які надають їм резистивних властивостей, необхідних для розвитку в мережі обмінних мікросудин робочої гіперемії під час дилатації артеріол і розслаблення прекапілярних сфінктерів.

Мережі обмінних мікросудин включені в кровотік у паралельному порядку щодо перфоруючих артеріоло-венулярних анастомозів. Окремі їх петлі займають місце в міжфасцикулярних інтерстиційних прошарках та їх поперечних відрогам комісуральних канатиків мозолистого тіла.

9. Результати цілеспрямованого вивчення міелоархітекtonіки мозолистого тіла свідчать про наявність цільової транзитивної ув'язки з його комісуральними провідниками таких кондуктивних утворень лімбічного мозку як поздовжні смуги, консолідовані з ним по верхній поверхні, а також мозкове склепіння, яке спаяне з його нижньою поверхнею за допомогою свого тіла на межі між стовбуровою частиною та валиком. Це дає підстави припускати, що мозолисте тіло є не тільки комісуральним утворенням для асоціативного взаємозв'язку між контрлатеральними центрами нової кори, але й одночасно воно виконує роль проміжного колектора в здійсненні взаємодії між підсвідомою та свідомою сферами психічної діяльності людини. Звісно, що такий погляд потребує більш ґрунтовних доказів.

Разом із тим результати проведеного нами дослідження не узгоджуються з існуючими в літературі уявленнями про те, що прозора перегородка належить до кондуктивних утворень лімбічного мозку. Згідно наших даних вона є суто гліальним утворенням, яке виконує роль розділової перегородки між передніми відділами бічних шлуночків. У її пластинках знаходяться венозні судини, що є колекторами для венозної крові, яка

відтікає від мозолистого тіла, що нами було вперше фотодокументовано.

Таким чином, нами досягнутий очевидний прогрес у пізнанні різних аспектів морфологічної організації мозолистого тіла та намічені перспективні шляхи його подальшого вивчення.

**Практичне значення одержаних результатів.** Викладені в дисертаційному дослідженні нові фактичні дані про будову мозолистого тіла можуть бути використані в навчальному процесі на кафедрах анатомії, гістології та нервових хвороб. Деякі макро- і мікрофотографії як самого мозолистого тіла, так і пов'язаних із ним суміжних утворень, мають особливу інформативну цінність та заслуговують на те, щоб поповнити ілюстративний матеріал із центральної нервової системи в підручниках і атласах з анатомії людини. Найбільш показовим прикладом у цьому відношенні є об'єктивна візуалізація в прозорій перегородці венозних судин та їх зв'язку з кровоносним руслом мозолистого тіла.

Порційний принцип організації нервових провідників, а також модульність конструкції гемомікроциркуляторного русла мозолистого тіла можуть ввійти до сфери зацікавлення спеціалістів з функціональної магнітно-резонансної томографії, що, зокрема, буде корисним враховувати при вивченні картування комісуральних шляхів мозолистого тіла. Окрім того, отримані в ході дослідження візуальні та планіметричні параметри індивідуальної варіативності мозолистого тіла можуть послужити основою для проведення за допомогою МР-томографії цілеспрямованих психофізіологічних досліджень, наприклад, із метою перевірки існуючих у літературі даних про прямий зв'язок між розмірами мозолистого тіла й інтелектуальними здібностями людей у статевому аспекті.

Результати наших досліджень вважаємо корисними для використання у клінічній практиці обстеження людей із різними формами аномалії мозолистого тіла, а також його ушкоджень внаслідок різних патологічних процесів великого мозку. Окрім того, отримані дані про особливості

кровопостачання мозолистого тіла в змозі сприяти найбільш оптимальним результатам при різних оперативних втручаннях у цій ділянці.

Результати дослідження впроваджено в науково-педагогічну роботу кафедр: анатомії людини Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця МОЗ України (м. Київ); анатомії людини Одеського національного медичного університету МОЗ України; анатомії людини Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова МОЗ України; кафедр анатомії людини ім. М.Г. Туркевича, анатомії, топографічної анатомії та оперативної хірургії ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет» МОЗ України (м. Чернівці); анатомії людини, оперативної хірургії та топографічної анатомії Запорізького державного медичного університету МОЗ України; анатомії людини ДЗ «Дніпропетровська медична академія» МОЗ України; анатомії людини ДВНЗ «Івано-Франківський національний медичний університет» МОЗ України; нормальної анатомії Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького; анатомії людини ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України»; кафедр анатомії людини і гістології, цитології та ембріології ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія» МОЗ України (м. Полтава); анатомії людини ДЗ «Луганський державний медичний університет» МОЗ України (м. Рубіжне); кафедр гістології, цитології та ембріології, клінічної анатомії та оперативної хірургії, анатомії людини та нейрохірургії Харківського національного медичного університету МОЗ України, а також у роботі відділення судово-медичної експертизи трупів Харківського обласного бюро судово-медичної експертизи.

**Особистий внесок дисертанта.** Дисертаційна робота є самостійною працею автора. Дисертантом самостійно сформульована ідея та особисто обрано тему, визначено мету, задачі та програму досліджень, проведено експертний аналіз проблеми, проаналізовано наукову літературу, виконано

морфологічні дослідження 184 препаратів мозолистого тіла головного мозку людей різних вікових періодів життя, зібрано та опрацьовано відповідний матеріал, підібрано адекватні методи дослідження, проведено статистичне опрацювання, аналіз та узагальнення отриманих результатів, сформульовано висновки та практичні рекомендації. Автором особисто проведені всі необхідні вимірювання, обчислення та зіставлення морфометричних даних, здійснено варіаційно-статистичний аналіз. У дисертації використано власні наукові публікації, у тому числі написані у співавторстві. Запозичень ідей і розробок співавторів публікацій не було. Співавтори опублікованих робіт надавали консультативну допомогу з деяких методичних та теоретичних питань.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення дисертації представлено й апробовано на: науково-практичній конференції за участю міжнародних спеціалістів «Індивідуальна анатомічна мінливість органів, систем, тканин людини і її значення для практичної медицини і стоматології», присвяченій 80-річчю з дня народження професора М.С. Скрипнікова (Полтава, 2016); науково-практичній конференції «Прикладні аспекти морфології» (Тернопіль, 2016); заочній науково-практичній конференції з міжнародною участю, присвяченій 150-річчю з дня народження професора М.Ф. Мельникова-Разведенкова «Сучасні аспекти морфології людини: успіхи, проблеми та перспективи» (Харків, 2016); науково-практичній конференції «Прикладні аспекти морфології», присвяченій пам'яті професорів-морфологів Терентьєва Г.В., Роменського О.Ю., Когана Б.Й., Шапаренка П.П., Жученка С.П. (Вінниця, 2017); першій щорічній конференції «Technology transfer: innovative solutions in medicine» (Естонія, Таллінн, 2017); міжнародній науково-практичній конференції «The development of medical sciences: problems and solutions» (Чеська республіка, Брно, 2018), засіданнях Харківського осередка АГЕТ (Харків, 2015–2017).

**Апробація роботи** відбулася на засіданні апробаційної ради з морфології Харківського національного медичного університету (протокол засідання № 1 від 23.05.2018 р.).

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 29 наукових праць, зокрема 24 статті (у тому числі 13 одноосібних), з яких 18 надруковані в наукових фахових виданнях України, 6 статей – у закордонних наукових періодичних виданнях (у тому числі 3 статті у виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою Scopus), 6 тез – у матеріалах Всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференцій. Опубліковані наукові праці містять повний обсяг матеріалу, викладеного у дисертації.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з 409 сторінок комп'ютерного тексту, містить анотацію українською та англійською мовами, список публікацій, зміст, вступ, огляд літератури, 4 розділи власних досліджень, аналіз і узагальнення отриманих результатів, висновки, практичні рекомендації і додатки. Текст ілюстровано 72 рисунками та 17 таблицями. Список використаних літературних джерел містить 287 найменувань (обсягом 32 сторінки), з яких 125 – кирилицею, 162 – латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПРО БУДОВУ ВЕЛИКОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ ТА ЙОГО КОМІСУРАЛЬНІ ЗВ'ЯЗКИ

##### 1.1. Загальний принцип організації великого мозку людини

З позиції філо- й онтогенезу в головному мозку людини прийнято виділяти стовбуровий відділ, що є найбільш давньою формацією, у якій зосереджені ядерні центри автоматичної регуляції органів життєзабезпечення організму, та яка має дві вищі надбудови у вигляді великого мозку (cerebrum) та малого мозку – мозочка (cerebellum). При цьому проміжний мозок є тим відділом, де відбувається чітке двохстороннє розмежування стовбуру до обох півкуль великого мозку.

Проведений аналіз численної літератури, що присвячена проблемам морфології та нейрофізіології великого або кінцевого мозку людини (telencephalon, cerebrum), дає підстави говорити про досить зрозумілий консерватизм анатомічного погляду на його будову, який мало змінився за попередні два століття, на відміну від і досі існуючого проблематичного погляду на його психофізіологічні аспекти [90, 96, 119, 135, 140, 214, 226, 272]. Звісно, вирішення питань, що стосуються психофізіологічної сфери, у всіх випадках повинно проводитися шляхом погодження з анатомічними даними, які підлягають уточненню та переосмисленню. Тому, виходячи із принципів даної синергетики, при вивченні морфологічної будови конкретних анатомічних утворень головного мозку не можна ігнорувати те, у якому системному зв'язку перебуває це утворення з іншими його формаціями.

Для розуміння загального принципу морфофункціональної будови кінцевого мозку нам не обійтись без обліку усім відомих анатомічних даних, які виводяться нами із узагальнення знань, поданих у посібниках із анатомії людини [3, 16, 64, 67, 113].

Згідно з ними (у нашому формулюванні) великий мозок людини має чітко виражену білатеральну симетрію у вигляді двох півкуль, які з'єднані між собою спайками білої речовини. Ці півкулі схожі у своїй протилежності, тобто ідентичні за будовою, що дозволяє вивчати і саму будову великого мозку на прикладі однієї із півкуль. Однак, у людини на відміну від інших тварин між ними є розмежування у здійсненні багатьох особливостей психічної діяльності, що відоме під назвою функціональної асиметрії великих півкуль [17, 42, 59, 61, 65, 68, 69, 76, 82, 95, 100, 105, 106, 108, 110, 116, 122, 194, 195, 215]. Слід відзначити, що у спеціальній літературі відсутні переконливі дані на користь того, що ця функціональна асиметрія відбивається на формі та будові півкуль. Мабуть, це втілено в особливостях міжнейрональних зв'язків кори великого мозку.

Як відомо, з анатомічної точки зору у півкулях великого мозку виокремлюють три відділи, а саме: 1 – нюховий мозок, 2 – базальні ядра або ядра стріопалідарної системи й 3 – плащ (pallium). На перших двох формаціях ми детально зупинятися не будемо, хоча їх утворення фігуруватимуть при подальшому розгляді плаща.

Не у всіх посібниках з анатомії дається чітке уявлення про морфофункціональну будову плаща, який у людини за масою перевищує інші частини головного мозку, що є наслідком тривалого розвитку тварин, починаючи переважно з появи амфібій. Таке перевищення зобов'язане зовсім не обсягу сірої речовини у вигляді так званої кори, а масі білої речовини, що має вигляд щільної сукупності мієлінізованих нервових волокон, орієнтованих в усіх напрямках, серед яких виділяють асоціативні, комісуральні й проекційні шляхи. Але про це ми поговоримо пізніше, а зараз



приділимо увагу корі великого мозку, яка є екранним розташуванням сірої речовини.

Коли говорять про сіру речовину в сенсі її темнішої тональності у порівнянні з білою речовиною, то зазвичай це пояснюють наявністю у першої скупчення тіл (перикаріонів) нервових клітин, що насправді не відповідає дійсності. Сіра тональність речовини цілком зобов'язана складній «плутанині» в її межах переважно немієлінізованих нервових волокон, яка дістала назву нейропилю [95, 123]. Справа в тому, що майже усі нервові волокна, які вступають у межі сірої речовини з білої, втрачають мієлінову оболонку, а ті, які починаються від клітин сірої речовини, набувають її тільки на межі вступу до білої речовини. Таким чином, різниця в тональності між двома цими зонами пояснюється тим, що сіра речовина поступається білій за концентрацією фосфоліпідів.

Важливо розуміти, що у корі великого мозку в процесі індивідуального життя (індивідуального досвіду) відбувається формування та закріплення відповідних міжнейрональних зв'язків; і можна припустити, що інтелектуальні здібності індивіда безпосередньо залежатимуть від численності цих придбаних зв'язків, а не від абсолютної кількості нервових клітин, яка дається людині від народження, точніше – через два місяці після народження [118], коли завершується процес утворення нервових клітин, і має бути постійною.

Отже, вивчення кори великого мозку передбачає з'ясування закономірностей розташування у ній тіл нервових клітин, тобто цитоархітектоніки, а також їх зв'язків як між собою, так і з іншими ядерними центрами головного мозку, тобто мієлоархітектоніки.

Не вдаючись до подробиць, нагадаємо тільки головні морфологічні ознаки кори півкуль великого мозку людини. У розрізах мозку навіть неозброєним оком можна побачити, що кора має вигляд суцільного пошарового покриву смужок, які чергуються, – двох темних і між ними однієї світлої, що особливо чітко виражене в потиличній частці, через що

вона дістала назву смугастої [45, 123]. Товщина кори коливається у межах від 2 до 5 мм. Найбільше вона розвинена в прецентральної звивині. За свідченням деяких авторів [69] загальна поверхня кіркової речовини в середньому дорівнює 220000 мм<sup>2</sup>. Проте не відомо, чи враховується при цьому поверхня мозку по глибині борозен. Згідно з розхожими даними в корі обох півкуль мозку загальна кількість клітин обчислюється в межах 15 млрд. У перерахунку на об'ємні величини за деякими даними в 0,1 мм<sup>3</sup> налічується у середньому 215 клітин. Якщо врахувати, що кожна клітина може мати тисячі синапсів із відростками інших нервових клітин, то сумарна кількість усіх міжнейронних з'єднань у корі великого мозку неймовірно велика [16, 69, 118].

Опускаючи деякі несуттєві для теми нашого дослідження деталі, відмітимо, що клітинна будова кори півкуль великого мозку – цитоархітектоніка – зводиться до того, що нейрони в ній, відмінні за формою та розмірами, поєднуються у декілька шарів. У різних зонах кіркової речовини число клітинних шарів різної будови не однаково; їх буває від одного до восьми. Розглянемо шари нервових клітин і нервових волокон, які виділяють у найбільш поширених шестишарових зонах кори [13, 69, 95, 113, 118]. Поверхневий шар, відомий як молекулярний, містить відносно мало клітинних тіл і переважно складається з волокон підлягаючих клітин, що проходять у різних напрямках, але зазвичай паралельно поверхні. Під ним розташовується другий шар, який називають зовнішнім зернистим, оскільки він містить тіла безлічі дрібних нейронів, що при малому збільшенні мікроскопа мають вигляд зерняток. Третій шар дістав назву шару пірамідних клітин через характерну форму тіл нейронів. Четвертий шар – внутрішній зернистий – містить тіла дрібних нейронів. Головною рисою п'ятого, внутрішнього пірамідного, або гангліонарного шару, є наявність великих пірамідних клітин. У прецентральної звивині (рухова зона кори) пірамідні клітини цього шару мають максимальні розміри, досягаючи 140 мкм; їх

називають клітинами Беца. Шостий шар, який межує з білою речовиною плащу, складають поліморфні клітини різноманітної форми.

У межах кіркової речовини уся незліченна безліч цих клітин асоційована між собою за допомогою немієлінізованих нервових волокон. У літературі є вказівки, що дрібним клітинам усіх шарів кори належать короткі асоціативні відростки, тоді як великим – довгі проєкційні системи волокон (сенсорні та рухові) [69, 113, 118]. Очевидно, саме ця особливість відбивається на загальних рисах мієлоархітекtonіки кіркової речовини, в якій виявляються тангенціальні смуги нервових волокон (асоціативні зв'язки) і пучки нервових волокон, що пронизують їх в поперечному напрямку, проникаючи сюди з товщі білої речовини (як його асоціативні, комісуральні, так і проєкційні шляхи).

Разом із цим стратифікаційним (пошаровим) принципом існує й інший підхід щодо розгляду цито- і мієлоархітекtonіки кори великого мозку, згідно з яким у ній виділяються окремі структурно-функціональні одиниці – модулі, що є вертикальними колонками діаметром близько 300 мкм. Ця модульна колонка організована навкруги кортико-кортикального волокна, яке йде від пірамідних клітин або тієї ж півкулі (асоціативне волокно), або протилежної (комісуральне волокно). Аксони пірамідних нейронів модуля проєктуються на три модулі тієї ж півкулі й через мозолисте тіло на два модулі протилежної півкулі, за рахунок чого здійснюється двостороння поєднана взаємодія між певними зонами кори двох півкуль [14, 43, 94, 95, 123].

У зв'язку з цим заслуговують уваги деякі зауваження Дж. Еделмена і В. Маунткасла [123] про те, що цитоархітекtonічні відмінності між ділянками нової кори відбивають відмінності у розподілі їх зовнішніх зв'язків. Такий розподіл далеко не випадковий. Він детальний і суворо специфічний для кожної ділянки; власне кажучи він характеризує кожну ділянку. Загалом він має такий вигляд: аферентні волокна потрапляють у нову кору з трьох головних джерел: специфічно пов'язаних із нею ядер дорсального таламуса; інших ділянок кори тієї ж півкулі; по мозолистому

тілу – зазвичай із гомологічних, але іноді гетерологічних ділянок протилежної півкулі.

Основні класи кортикофугальних аксонів – це іпсилатеральні кортико-кортикальні, комісуральні кортико-кортикальні, кортико-таламічні аксони та великий клас аксонів, які спрямовуються в різних комбінаціях у такі ділянки, як базальні ядра, середній мозок, міст, довгастий і спинний мозок.

При цьому цитовані автори схильні вважати, що значне збільшення нової кори у приматів і особливо у людини здійснювалося шляхом множення нейронних модулів, а не шляхом появи зовсім нових типів нейронів чи якісно відмінних форм внутрішньої організації. Тому головне завдання, яке потребує вирішення для розуміння функції нової кори і, відповідно, великого мозку на думку дослідників полягає в розкритті внутрішньої структурної та функціональної організації неокортикального модуля, який дістав назву кортикальної колонки. При її аналізі Дж. Еделмен і В. Маунткасл керуються наступними загальними принципами.

Кортикальна колонка є оброблювальним пристроєм із входом і виходом.

1. Розташування у вигляді колонок робить можливим картирування одночасно декількох змінних на двовимірній матриці.

2. Між упорядкованими групами колонок у різних ділянках кори та між групами кіркових колонок і модулями підкіркових структур є специфічні зв'язки.

3. Параметри, за якими ідентифікуються колонки та впорядковані групи колонок, можуть варіюватися усередині певної ділянки кори і сильно відрізнятися в різних ділянках.

4. Внутрішні шляхи колонки, що дивергують до різних виходів, роблять можливою селективну обробку деяких параметрів вхідного сигналу для певного призначення на виході.

Таким чином, у повному об'ємі плащ великого мозку людини є морфофункціональною спільністю сірої (кіркової) і маси білої речовини, що

складається з щільних сукупностей мієлінізованих нервових волокон, які здійснюють усеосяжні комутації центральної нервової системи. Плащ великого мозку неодноманітний за функцією та будовою. У ньому виділяється декілька формацій, кожна з яких знаменує собою певну стадію філогенетичного становлення головного мозку людини в суцесійному ряду гомінід та їх попередників – хребетних тварин. Але при спробі вивчення цього питання за численними джерелами наукової літератури розуміння його основної суті ускладнюється плутаниною в термінології та відсутністю єдиного знаменника у трактуванні різних аспектів аналізованої проблеми, яка залишається поки що далекою від вирішення. Зважаючи на те, що відоме становить величезний масив знань, і враховуючи, що далеко не всі з них стосуються теми нашої дисертації, ми обмежимося розглядом тільки положень, які допоможуть нам створити цілісне уявлення про неї.

Як відомо, психічна діяльність людини має дві складові – підсвідому і свідому сфери. У найглибших куточках підсвідомої сфери зберігаються інстинктивні програми. Це найконсервативніші, тваринні, давні інстинкти – видова пам'ять [15, 48, 63, 92, 95, 103]. Рівнем вище нашаровані усі ті поведінкові реакції, які придбані в попередніх поколіннях даного народу. Вони є природним психічним характером нації. Як перші, так і другі види підсвідомої (забобонної) психічної діяльності успадковуються.

Добре відомо, що матеріальною основою цієї сфери психічної поведінки є так званий лімбічний мозок (*limbus* – пруг). Цим терміном позначається певний комплекс утворень кінцевого мозку, розташований навколо місця з'єднання кожної півкулі з переднім відділом стовбура головного мозку (відповідає межі між проміжним мозком і великими півкулями).

Пейпец [63] у своїй гіпотезі про нейроанатомічний механізм емоційного контролю обґрунтував поняття про замкнуте лімбічне кільце як ансамбль структур, які здійснюють взаємозв'язок із таламусом і гіпоталамусом через шляхи, що проходять послідовно від енторинальної

ділянки до гіпокампу, потім через склепіння до мамілярного тіла, переднього відділу таламуса й до поясної звивини кори, та повертаються таким чином до енторинальної ділянки кори через поясну звивину та поздовжні смуги мозолистого тіла. Під енторинальною ділянкою розуміється середня частина парагіпокампальної звивини (частина склепінчастої звивини), розташованої знизу та ззаду від гачка. Такий замкнутий шлях можна вважати відповідальним за підтримку в лімбічному кільці постійного типу нейрональної активності, від якої значною мірою залежить емоційне спонукання. У той же час відомо, що системою склепіння проходять разом і еферентні, й аферентні волокна, безпосередньо пов'язані з гіпокампом. У свою чергу гіпокамп посилає еферентні волокна до покришки середнього мозку та ретикулярної формації стовбура мозку [5, 49, 56, 58, 92, 103].

На підставі проведеного вище аналізу підходів до морфологічного поняття лімбічного мозку, а також даних інших джерел, чіткіше визначимо та значною мірою конкретизуємо це поняття. Дещо спрощено можна говорити, що лімбічний мозок складається з двох відмінних одна від одної філогенетичних формацій кінцевого (великого) мозку. Першою, найдавнішою, є по суті гіпокамп. Він розглядається як давній плащ – архіпаліум, і, як усі інші відділи плаща півкуль, складається з білої та сірої речовин, що є давньою корою – архікортекс [16]. Його доповнюють: склепіння, прозора перегородка, мамілярні тіла, переднє таламічне ядро, зубчаста звивина та мигдалеподібне ядро. Комісуральний зв'язок між двома, правим і лівим, гіпокампами здійснюється за допомогою спайки склепіння.

Друга формація лімбічного мозку виникла як вища надбудова у зв'язку з розвитком основної маси плаща великого мозку. Її виокремлюють під назвою старого плаща – палеопаліум. На думку багатьох авторів до нього належить переважно навколонухова зона Брока та склепінчаста звивина, що складається із поясної звивини та гачка [16, 63, 81, 95].

Таким чином, оскільки кінцевий мозок людини є результатом тривалого і складного історичного розвитку, в ньому з деякою умовністю

можна виділити три формації. Давню (архіпаліум), яку складає гіпокамп разом із прилеглими до нього структурами нюхового мозку. Стару (палеопаліум), представлену переважно склепінчастою звивиною. Частина великих півкуль головного мозку (дорсолатеральна ділянка), що залишилася, є новою формацією – неопаліум, який у людини досяг максимального розвитку, перевершуючи разом із стовбуром за масою інші відділи головного мозку [64, 67]. Тому порівняльну анатомічну оцінку головного мозку різних представників ссавців коректно проводити не за його загальною масою чи об'ємом (у абсолютному або відносному значенні), а за пайовим співвідношенням між масою нового плаща й іншими відділами головного мозку. Такі дані в літературі відсутні, але тут буде доречним розглянути зведення даних про варіабельні значення загальної маси головного мозку людини в порівняно анатомічному та віковому відношенні, які надаються Д. Зерновим у посібнику з описової анатомії людини [64]. Добре відомо, що маса мозку в дорослих людей одного і того ж віку підлягає великим індивідуальним коливанням. Окрім того, його усереднені значення у різних дослідників не зовсім співпадають між собою. Так, згідно з даними одних авторів маса мозку дорослої людини у віці від 20 до 80 років коливається у межах між 1018 г (мінімум) і 1925 г (максимум) – усереднене значення дорівнює 1360 г. Згідно з даними інших авторів воно дещо більше – 1412 г. Ще одні зважування дають середню масу мозку, яка дорівнює 1368 г. Поза сумнівом, що такий розкид даних вагових значень повністю залежить від характеру випадкових вибірок препаратів головного мозку людини.

Д. Зернов відмічає, що дві відокремлені від інших частин головного мозку півкулі великого мозку рідко бувають рівні за масою. У більшості випадків одна половина переважає іншу на декілька грамів. При чому таку перевагу частіше має ліва півкуля, що відноситься до питання про асиметрію великих півкуль, яке буде розглянуто нижче.

Цілком природно, що усереднені значення маси мозку людини залежать від віку. Згідно з даними літератури [16, 64] абсолютна маса мозку

новонародженого дорівнює приблизно 410 г. Упродовж першого року життя вона зростає більше ніж удвічі, досягаючи маси 900 г, що майже на 400 г перевищує масу мозку людиноподібних мавп. Потім маса мозку людини додає у розмірах поступово і в проміжку між 20 і 30 роками досягає свого максимального значення, що відповідає індивідуальному варіанту. Починаючи з цього віку настає період стабілізації, який триває приблизно до 50-60 років, після чого спостерігається зменшення маси мозку.

Щодо співвідношення маси головного мозку з масою тіла, то воно зазнає значних змін у зв'язку з соматичним зростанням у період від народження до повної зрілості: у новонародженого мозок складає  $1/8$  частину всього тіла, до першого року –  $1/14$  частину, до 12 років –  $1/32$  частину і, нарешті, у дорослої людини – тільки  $1/45$  частину маси тіла. Ці дані нам знадобляться при вивченні вікової характеристики мозолистого тіла (рис. 1.1).

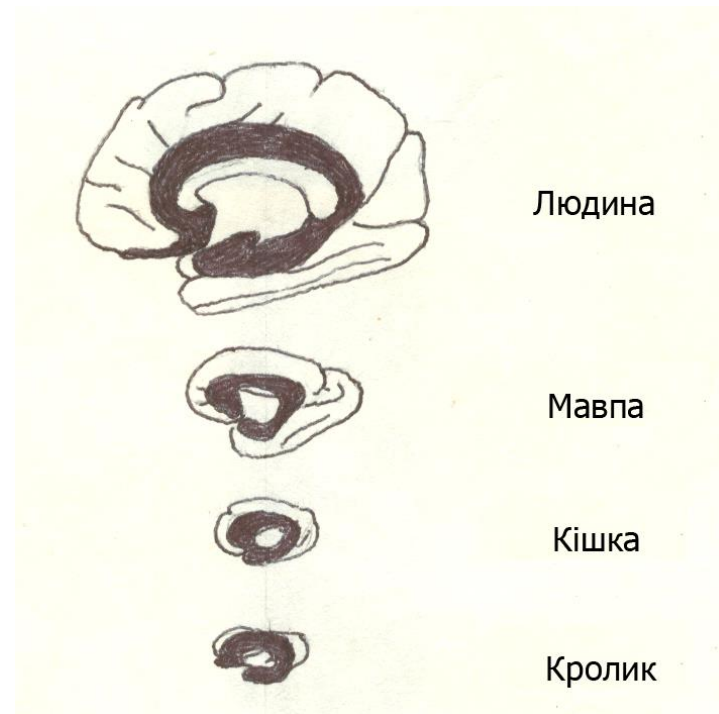


Рис. 1.1. Співвідношення між старою (чорний колір) і новою (білий колір) корою на медіальній поверхні півкуль великого мозку (П. Маклин, 1959 [81]).



Повертаючись до розгляду питання про плащ великого мозку людини зауважимо, що з анатомічної точки зору до нової формації плаща (неопаліум) належать усі частки півкуль (лобова, тім'яна, потилична та скронева) за винятком склепінчастої звивини, яка опоясує мозолисте тіло та стовбур головного мозку в окружності проміжного мозку. Але залишається відкритим питання щодо приналежності острівкової частки півкуль, яка знаходиться у глибині латеральної (сільвієвої) борозни. Воно полягає в тому, що досі не зовсім зрозуміло, до якого відділу кінцевого мозку його слід відносити – до нового або старого плаща. Наявні знання про зазначене утворення ґрунтуються головним чином на анатомічних описах, які сягають ще початку минулого століття. Найбільш повно вони викладені в «Основах нормальної анатомії людини» Г.Ф. Івановим [67]. Так, спочатку це утворення розглядалося під назвою центральної частки, проте також було відомо як «закрита частка». Нині воно фігурує під назвою острівця (Ройля). Усі ці три назви тією чи іншою мірою виправдані, але перша з них (центральна частка) заслуговує на особливу увагу. Справа в тому, що майже до самого народження острівці (праворуч і ліворуч) відкрито видно в центральному положенні з бічної поверхні півкуль великого мозку. Але у момент народження вони закриваються оперкулярними відділами суміжних часток (лобовою, тім'яною і скроневою), опиняючись у глибині сільвієвих борозен. Це явище настільки закономірне, що незавершеність його у новонароджених із достовірністю свідчить про недорозвиненість головного мозку [67]. Отже, в ембріогенезі головного мозку острівці випереджають розвиток інших відділів великого мозку, маючи пряме відношення до формування стовбурового відділу, як його просунуті наперед частини. Це дає підстави вважати, що вони є вищими надбудовами стовбура головного мозку. Така точка зору підтверджується близькими топографічними відносинами і зв'язками острівців із утвореннями підкіркової сфери (рис. 1.2).

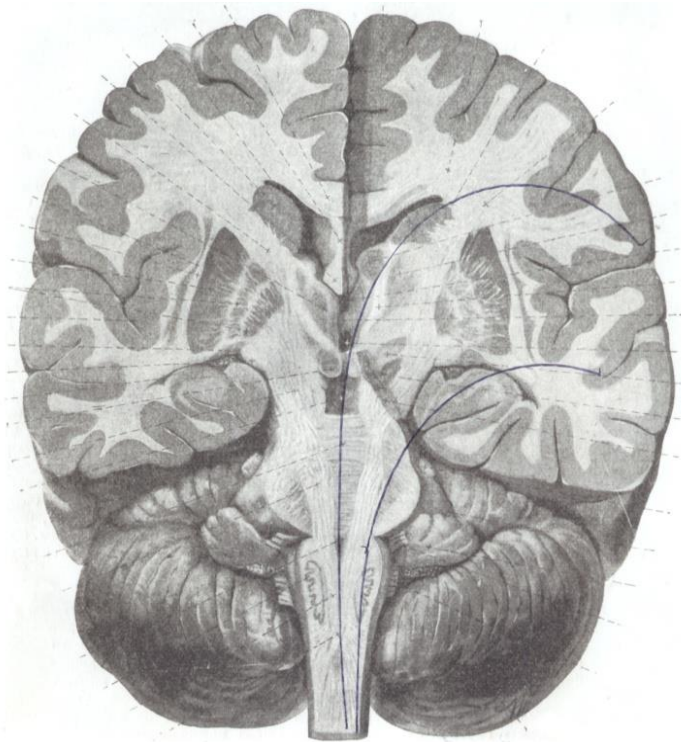


Рис. 1.2. Стовбуровий відділ головного мозку людини (запозичено у В. Шпальтегольца [121]).

Примітка: контурні межі половини мозкового стовбура нанесені нами.

Не вдаючись до подробиць анатомічного опису острівкової частки, відмітимо тільки ті деталі, які стосуються вищезазначеного. По-перше, своїм полюсом острівець продовжується донизу в передню пронизану речовину, яка, як відомо, пов'язана з нюховим шляхом за допомогою присередньої та бічної смуг нюхового трикутника. Отже, острівець має прямий зв'язок із периферичним відділом нюхового мозку, що належить до давньої формації плаща. З іншого боку, острівець межує з ядрами стріопалідарної системи; простір між його корою та шкаралупою сочевицеподібного ядра заповнює прошарок сірої речовини, який відомий під назвою огорожі, що є частиною кори острівця, відокремленої у процесі розвитку (її вважають внутрішнім підшаром шостого шару кіркової речовини – див. вище). Варто уваги те, що нижня частина огорожі продовжується в сіру речовину передньої продірявленої пластинки, а отже, вона має також зв'язок з нюховим мозком. Усе це свідчить на користь того, що острівкова частка півкуль швидше за все

належить до старих формацій великого мозку, що не дає підстав включати її до складу нового плаща. Дотепер ми не маємо у розпорядженні якихось певних відомостей щодо ролі острівця в психічній діяльності людини. В усякому разі в доступній нам літературі вони відсутні.

Отже, проведений вище короткий огляд морфофункціональної будови великого мозку людини дозволяє конкретизувати той обсяг його формувань, який складає матеріальну основу нового плаща (неопаліум); до нього належить лобова, тім'яна, потилична та скронева частки, які, якщо уважно подивитися, розташовуються навколо острівця та склепінчастої звивини, покриваючи їх.

Таким чином, навіть із суто анатомічної точки зору виявляється виразно показова філогенетична ієрархія будови головного мозку людини. Так, у його найглибінніших відділах прихована найдавніша формація у вигляді гіпокампу, що зберігає програми поведінкових (інстинктивних) реакцій організму; рівнем вище закладені утворення, які становлять сферу підсвідомої (забобонної) психічної діяльності. Анатомічно зазначений відділ представлений переважно склепінчастою звивиною, форма якої погоджується з поняттям про замкнуте лімбічне кільце, про що говорилося вище. Було б недоліком не відзначити, що між цими двома сферами знаходиться нечітко визначена проміжна формація, яка, очевидно, представлена системою асоціативних і комісуральних зв'язків у вигляді склепіння та спайки її ніжок (чи гіпокампальної комісури). Питання про місце в такій системі острівцевої частки півкуль великого мозку через відсутність у літературі даних ми залишаємо відкритим.

Новий відділ кінцевого мозку (неопаліум), опис якого в літературі часто зводиться тільки до розгляду його кіркової речовини, тобто нової кори (неокортекс), і будова якого була розглянута вище, є, як відомо, матеріальною основою для досвіду, що набувається у процесі індивідуального життя. У ньому закладаються та формуються механізми вищої інтелектуальної діяльності – свідомості та мислення (конкретного або

предметного – перша сигнальна система й абстрактного або абстрагованого – друга сигнальна система). Найбільше це властиво тільки людині, у чому власне і полягає якісна відмінність її головного мозку від усіх інших вищих тварин.

Як було зазначено на початку розділу, до нового плаща кінцевого мозку людини належить уся зовні доступна для огляду поверхня його півкуль, площа якої значно більша внутрішньої поверхні мозкового черепа, тобто його ендокранної площі. Можна припустити, що сумарна маса нового плаща у людей індивідуально варіюватиметься в межах тих же об'ємних показників, що і маса усього головного мозку, яка, як відомо, варіюється в межах трохи менше або більше 1-1,5 кг, що безпосередньо не пов'язане з інтелектуальними здібностями. Має варіанти і сама форма кінцевого мозку, яка цілком залежить від краніометричних показників, що також не вважаються мірилом інтелекту людини.

Дещо складнішим є питання про анатомічну тотожність двох півкуль великого мозку. Мова йде про ступінь симетричної подібності між ними. Відомо, що при розгляді симетрії (співмірності, пропорціональності, подібності) потрібно брати до уваги не лише саму симетрію, як форму впорядкованості природи, але й відхилення від неї – асиметрію. У кожному конкретному випадку симетрія й асиметрія повинні розглядатися разом, як єдність загального і часткового. Не вдаючись до подробиць цього питання, які прекрасно викладені у книзі Л. Тарасова «Этот удивительно симметричный мир» [112], відзначимо тільки, що асиметрія виражає індивідуальні риси об'єктів. При чому у живій природі вони настільки різноманітні, що врахувати їх практично неможливо. У цьому відношенні не є винятком і форма подібних у своїй протилежності півкуль великого мозку. Із упевненістю можна говорити, що при множинному порівнянні їх форми та рельєфу ми обов'язково знайдемо деяке індивідуальне відхилення цих показників у лівій півкулі від правої та навпаки; і ці варіанти будуть незліченні, що не позначається на внутрішній будові та функції великих

півкуль мозку, бо ця різноманітність стосується тільки їх зовнішнього вигляду. Проте, як свідчать результати досліджень, що неодноразово проводилися на великій кількості препаратів головного мозку людини (як відзначалося вище), спостерігається закономірне переважання розвиненості деяких функціональних зон, пов'язаних в основному з центрами мови, лівої півкулі у порівнянні з правою [6, 41, 66, 95, 109, 123]. Коли ці дані з'явилися уперше, було висловлено припущення, що асиметрія у будові мовних зон може розвиватися в результаті навчання мові. Проте виявилось, що така ж асиметрія властива і мозку людського плоду. Отже, ця анатомічна відмінність швидше причина, ніж наслідок. Разом із цим деяку переважаючу асиметрію лівої півкулі відмічають і з боку латеральної (сільвієвої) борозни. У інших дослідженнях було виявлено ще кілька проявів асиметрії, більша частина яких корелює з функціональною право- або ліворукістю. Сьогодні цей феномен виражають поняттям латералізації.

Досить переконливі дані про функціональну асиметрію півкуль головного мозку були отримані при вивченні їх функціональної специфічності у хворих з розщепленим мозком, а також при експериментальному дослідженні у здорових людей [276]. Зрештою, на сучасному етапі накопичилося чимало фактів, які достовірно засвідчують існування розділення функцій між півкулями великого мозку людини при здійсненні багатьох видів психічної діяльності. Розгляд цього питання слід розпочати з того, що головна, чисто людська функція мозку – мова. Аналіз мовних звуків, а також їх синтез, формування із них окремих слів і цілих речень зосереджені у праворуких у лівій півкулі. Отже, у дещо спрощеному розумінні, у кінцевому мозку вона є пристроєм для абстрактного логічного мислення. У ній зберігаються логічні програми, що використовуються нашим мисленням [15, 42, 116].

На відміну від лівої права півкуля відповідає за образне бачення світу – вона німа, не вміє читати та рахувати, але все-таки вона може здійснювати розумову діяльність, абстрагування. І ця здатність полягає не в логічних

побудовах, не втілена в слова, а носить образний характер. Існують дані про те, що від початку усі люди «правопівкульні», і лише після народження в лівій півкулі починають формуватися центри мови і здатності до абстрактного мислення.

Коли говорять про функціональну асиметрію (латералізацію) півкуль великого (кінцевого) мозку, то не слід сприймати цей термін буквально, оскільки мова йде тільки про його нову формацію, неопаліум. При цьому слід врахувати, що будь-яка форма інтелектуальної діяльності вимагає обов'язкової обопільної участі нових формацій двох півкуль. Відомо, що зменшення функціональної асиметрії мозку погіршує ефективність мозкової діяльності й може навіть спричинити зниження інтелектуальних здібностей людини [42, 107, 116].

Але насправді питання функціональної асиметрії півкуль великого мозку не таке просте, як здається з першого погляду. Повно, усебічно, і в той же час проблематично воно висвітлене в ґрунтовній монографії Н.М. Брагіної та Т.А. Доброхотової «Функциональные асимметрии человека» [42], у якій автори вказують, що серед існуючих гіпотез (морфологічної, історичної, соціально-культурної) відсутня хоча б одна цілком задовільна. Правомірності більшості з них суперечить той факт, що функціонально нерівні півкулі за морфологічною ознакою (масі та васкуляризації) більше схожі між собою, ніж не схожі. Гіпотези ж, які надають основне значення історичним і соціальним чинникам, ігнорують факт постійності кількості неправоруких (ліворуких), хоча воно повинне було б зменшуватися внаслідок того, що соціальні умови не тільки не заохочували розвиток природних схильностей останніх, а, навпаки, пригнічували їх. Вони не пояснюють, чому функціональна асиметрія мозку людини така рухлива, зокрема наростає в ранньому та ігнорується (розрядка наша) у пізньому онтогенезі.

Особливу увагу автори приділяють асиметрії індивідуального простору і часу людини, що нелегко піддається осмисленню. При цьому ними зазначається, що при огляді мозку очевидна тільки така деталь його

організації, як просторова відмінність – правизна і лівизна півкуль, але нічого не вказує на тимчасову відмінність півкуль мозку, яка, припустимо, виникає на підставі несхожості розпаду цілісної психічної діяльності при патології. Тому складається думка, що права півкуля у своєму функціонуванні, яке виражається у психічних процесах сприйняття навколишнього світу і самого себе, виглядає такою, що спирається на теперішній та минулий часи, а ліва – на теперішній і майбутній, тобто вони обидві функціонують з опорою на теперішній час, але із спрямованістю в протилежні від нього боки – минуле і майбутнє. Однак, морфологічні відмінності між півкулями настільки варіабельні, що по суті стають не важливими при поясненні цього феномену. Велике значення має те, що у межах концепції Н.М. Брагиной та Т.А. Доброхотовой можна отримати відповідь на питання про динаміку функціональної асиметрії мозку людини в онтогенезі, наприклад, її нівеляції у пізньому віці, що проявляється, зокрема, у зниженні якості психічної діяльності. Це загалом узгоджується з поданими вище даними про тенденцію до зниження маси головного мозку людини після 60-річного віку. Так, реальний простір і час у свідомості суб'єкта в пізньому віці переживаються ним як усе менш актуальні, усе менше окреслюється асиметрія минулого і майбутнього; минулий час натомість стає більш важливим, втрачає властивість бути у свідомості в пригніченому стані.

Автори вказують і на слабкі боки цієї концепції, які багато в чому визначаються тим, що складові її припущення доки не підтверджуються об'єктивними дослідженнями, оскільки принципово недоступна безпосередньому спостереженню та «вимірюванню» асиметрія простору або часу людини, як і те, що права півкуля мозку праворуких працює із спрямованістю в минулий, а ліва – в майбутній часи. Йдеться про індивідуальні, властиві тільки кожному даному суб'єктові особливості просторово-часової організації.

Наприкінці автори звертають увагу на ту обставину, що нерівні права і ліва півкулі об'єднані в єдиний мозок, і парне їх функціонування

залишається найголовнішою умовою формування оптимально збалансованої нервово-психічної діяльності; повне роз'єднання півкуль при розщеплюванні мозку практично унеможливорює формування найбільш складних її варіантів.

Здавалося б, ці проблеми не мають прямого відношення до теми нашого дослідження. Але в процесі інформаційного пошуку виявилось, що багатьма науковцями робилися спроби пов'язати асиметрію або латералізацію великих півкуль із розмірними показниками мозолистого тіла. Одним із найбільш яскравих прикладів таких спроб є дослідження колективу авторів, основні положення якого викладено у публікації під назвою «Пояснення функції анатомією: мова латералізації й розмір мозолистого тіла» [177]. У своїй роботі вони виходять із того, що мозолисте тіло є маркером для функціональної латералізації, оскільки його розмір імовірно пропорційний кількості нервових волокон, які з'єднують півкулі. Тому дослідження полягало у співвідношенні анатомічних вимірів мозолистого тіла у суб'єктів з лівобічною і правобічною мовною активацією. Відмітимо, що усі аналізовані в роботі факти були отримані за допомогою методів функціональної магнітно-резонансної томографії. У результаті досліджень було встановлено, що суб'єкти з великими розмірами мозолистого тіла відрізняються лівішою латералізацією для мови в задній скроневій і нижніх лобових ділянках, а збільшення розміру мозолистого тіла посилює латералізацію шляхом активації лівої півкулі в обох ділянках, але знижує активацію правої півкулі в задній скроневій ділянці.

При ретельному обговоренні результатів власних досліджень науковці вказують на факт їх суперечливості щодо інших даних, згідно з якими все представляється навпаки, тобто більшій латералізації півкуль відповідає менше мозолисте тіло; і намагаються пояснити це тоншим використанням у своїй роботі алгоритму методологічного підходу. До того ж протилежна точка зору, на їх думку, базується на спостереженнях про те, що в процесі розвитку із збільшенням розмірів мозку відносний розмір мозолистого тіла зменшується.



У нас немає ніяких підстав заперечувати сам методологічний підхід цих досліджень і висновки, зроблені на їх підставі. Проте ми не схильні вважати їх досить аргументованими з точки зору відомих у неврології фундаментальних уявлень. Для внесення ясності ми їх нагадаємо.

У цьому випадку йдеться про так звану динамічну локалізацію функцій у корі великого мозку. Основи цих уявлень були закладені давно, але ними користуються і досі. Кіркові центри не різко відмежовані один від одного: суміжні клітинні центри дифузно пов'язані між собою і взаємно перекриваються. Проте вони піддаються загальному картируванню відносно борозен, звивин та їх частин на відповідних поверхнях півкуль [2, 8, 18, 19, 84]. Оскільки цитоархітектонічна карта кори великих півкуль детально представлена в усіх посібниках з анатомії й у спеціальних розділах з неврології, не вбачаємо за потрібне розглядати її в подробицях [46, 117]. Обмежимося тільки загальним аналізом кіркових центрів, виділивши з них лише ті, які згадані в наведених вище роботах, тобто центри мови.

Загалом усі кіркові центри можна поділити на дві категорії – рухові центри і кіркові представництва різних видів сенсорного сприйняття. На верхньобічній поверхні півкулі вони рознесені по обидва боки від центральної (роландової) борозни таким чином, що перші з них займають територію наперед, а другі – назад від неї, тобто рухові центри локалізовані в основному в корі лобової частки, тоді як кіркові центри сенсорного сприйняття займають більше поле, що відповідає частинам тім'яної, потиличної та скроневої часток. Іншими словами між ними спостерігається чітко виражена передньо-задня дихотомія. Відповідно до цього розподілені й дві пари центрів мови; одна з них включає руховий центр письмової мови (центр довільних рухів, пов'язаних із зображенням букв та інших знаків) і руховий центр артикуляції мови (мовноруховий центр), які локалізовані суміжно в задній частині середньої та нижньої лобових звивин (центр Брока). Друга пара мовних центрів належить до сприйняття усної (слуховий центр мовних сигналів) і письмової мови (зоровий центр мови); перший із них

займає задню частину верхньої скроневої звивини (так званий слуховий центр мови Верніке), а другий міститься поруч у смугастій зоні кутової звивини тім'яної частки.

Важливим для розуміння обговорюваного питання є те, що руховий центр письмової мови, пов'язаний із руховим центром, який здійснює регуляцію скорочувальної діяльності мускулатури верхньої кінцівки, має виразну латералізацію; у праворуких він зміщений у ліву півкулю, тоді як у ліворуких він розташований на протилежному боці. Але в обох випадках між протилежними гомологічними полями кори півкуль мають бути поєднувальні зв'язки, які здійснюються за допомогою нервових волокон, що транзитно проходять через мозолисте тіло, складаючи рівновелику частку в його товщі, незалежно від напрямку їх орієнтації – зліва направо або справа наліво. Тому викликає сумнів правомірність співвідношення латералізації цього мовного центру з розмірними характеристиками мозолистого тіла.

Що ж до інших мовних центрів, то, судячи з даних літератури, вони не мають вираженої асиметричності, бо для них властиве білатеральне як зорове, так і слухове сприйняття інформації. Так само не можна, мабуть, говорити і про латералізацію рухового центру артикуляції мови, оскільки в процесі мовотворення задіяна двостороння іннервація м'язів гортані, язика і лицьової мускулатури. Отже, розміри мозолистого тіла, на нашу думку, не слід безпосередньо пов'язувати з функціональною асиметрією півкуль великого мозку.

Часто в літературі доводиться зустрічати думку, що ліва півкуля є домінуючою в порівнянні з правою. Проте сьогодні більшість дослідників так не вважають, бо обидві півкулі мозку на паритетних умовах беруть участь у формуванні оптимально збалансованої нервово-психічної діяльності, завдяки зустрічній взаємодії між собою за допомогою спаяних шляхів, серед яких основна комунікація здійснюється через найбільшу спайку – мозолисте тіло. При цьому необхідно враховувати, що мозолисте тіло повністю належить до нового плаща, що включає лобові, тім'яні,

потиличні та скроневі частки, у корі яких втілені інтегровані між собою в межах однієї півкулі (за рахунок асоціативних зв'язків) вищі центри психічної діяльності. Беручи до уваги вище сказане, можна вважати, що кожна півкуля окремо володіє достатньою повнотою забезпечення життєдіяльності людини, підтвердженням чого є численні факти, отримані при виявленні аномалій розвитку мозолистого тіла аж до його повної відсутності [9, 176], а також при вимушеній частковій або повній ампутації півкулі, чи якогось патологічного процесу, наприклад інсульту або злоякісного захворювання [70-72, 207, 286]. На користь цього положення свідчать і результати спостережень за поведінкою людей після розщеплювання великого мозку шляхом розтину мозолистого тіла, а також цілий ряд інших експериментальних досліджень. Проте в усіх випадках ушкодження мозолистого тіла призводить до різних форм розладу когнітивних здібностей людини, ступінь враженості яких залежить від місця і обсягів його ушкодження.

Цій проблемі в літературі присвячено дуже багато робіт, детальний аналіз яких став би гранично надмірним у плані нашого дослідження. Але не виключено, що деякі з них нам можуть знадобитися.

## **1.2. Загальна характеристика мозолистого тіла як спайки нового плаща**

Асоціативна інтеграція між двома півкулями великого мозку здійснюється, як відомо, за допомогою спайок білої речовини [137, 138, 198, 208, 209, 217, 219, 243, 264, 275], серед яких найбільшою (*commisura magna*) і найщільнішою є мозолисте тіло (*corpus callosum*), вивчення якого почало цікавити вчених уже приблизно з початку 16 століття. Упродовж довгого часу воно вважалося «місцем душі», поки у 18 столітті Франц Йозеф Галль і Йоганн Шпруцгейм шляхом розтину мозку не виявили і не описали пучки

нервових волокон, які проходять через нього та сполучають дві півкулі. Надалі в результаті численних досліджень з'ясувалося, що до його відомих функцій належать: міжпівкульний обмін інформацією, інтеграція вхідної інформації спрямованої до однієї або обох півкуль, сприяння деяким видам кіркової активності та гальмування кіркових функцій. Нещодавно було показано, що розмір мозолистого тіла у людини позитивно корелює з інтелектом, а його цілісність має важливе значення для когнітивних уявлень [186].

У зв'язку з тим, що мозолисте тіло є спайкою між новими відділами півкуль, воно фігурує під назвою спайки нового плаща (*commisura neopallii*), хоча вважається, що комісуральні зв'язки між його протилежними відділами цим не обмежуються; мозолисте тіло, згідно з даними літератури, доповнюється передньою спайкою (*commisura anterior*), яка у людини переважно зв'язує передньо-медіальні відділи скроневих часток, тобто ті ділянки нової кори, в які не заходять волокна мозолистого тіла [64, 67, 113]. Таким чином, мозолисте тіло є поперечним пластом нервових волокон (згідно з деякими даними через нього проходить близько  $10^6$  аксонів), які з'єднують клітини нової кори обох півкуль. Зазвичай з ним знайомляться на медіальній поверхні окремої півкулі (правої або лівої), на якій воно має вигляд нерівномірної за товщиною дугоподібної пластинки. У такому ракурсі в мозолистому тілі виділяється в основному три відділи: 1) задня частина, у вигляді тупого потовщення – валика (*splenium*), що вільно нависає над переднім відділом чотиригорбкової пластинки середнього мозку; 2) середня, щонайдовша частина – стовбур (*truncus*) і 3) круто зігнута дугою донизу передня частина – коліно (*genu*), яке, стоншуючись, переходить у дзьоб (*rostrum*), продовжуючись у пластинку дзьоба, яка переходить у термінальну пластинку, що з'єднується з передньою спайкою мозку (*commisura anterior*). Здавна відомо [67], що в коліні мозолистого тіла зімкнуті міжпівкульні волокна лобових часток, в його стовбурі зосереджені волокна лобових і тім'яних часток, а у валику сходяться волокна потиличних і задніх відділів

скроневих часток. Як було вказано вище, інтеграція передніх відділів скроневих часток здійснюється за допомогою передньої спайки.

У цілому ж мозолисте тіло значно складніше за загальною конфігурацією та розповсюдженістю в товщі півкуль і між ними, де воно є вільною частиною у вигляді нерівномірної за товщиною пластинки, ширина якої співвимірна такій же поздовжньої щілини. У зв'язку з цим у вільній (міжпівкульній) частині мозолистого тіла виділяють дві поверхні – верхню і нижню, які зігнуті відповідно до його бічного профілю, описаного вище. На верхній поверхні у деяких місцях можна побачити через тонкий шар сірого покриття (*induseum griseum*) поперечні смуги, що є зовнішнім відображенням пучків міжпівкульних (кортико-кортикальних) нервових волокон, які транзитно проходять через мозолисте тіло. Саме сіре покриття, за даними літератури, вивчене у край поверхнево, відомості про нього обмежуються тільки двома короткими зауваженнями. Згідно з одним із них воно є залишком гіпокампу, а з іншим – стоншеною мозковою корою, як її перехід із протилежних поясних звивин. Окрім того, верхня поверхня міжпівкульної частини мозолистого тіла привертає увагу наявністю поздовжньо протягнутих по ній декількох припіднятих смуг, серед яких виділяються дві серединно зближених (*striae longitudinales mediales*) і пара бічних (*striae longitudinales laterales*), розташованих на межі з поясною звивиною. Спереду присередні поздовжні смуги, опоясуючи коліно мозолистого тіла, досягають підмозолястої звивини, а ззаду продовжуються під валиком, досягаючи гіпокампулярної зони у вигляді зубчастої звивини [64, 67]. Приблизно тієї ж орієнтації за напрямком дотримуються і бічні смуги, у чому можна побачити кільцеву замкнутість у структурах лімбічного мозку, описаного вище. За даними літератури, ці смуги представлені пучками нервових волокон, які здійснюють асоціативні взаємодії між віддаленими одне від одного давніми утвореннями плаща.

Нижня поверхня мозолистого тіла примітна тим, що дещо назад від середини його стовбура з нею зрощене тіло мозкового склепіння (*fornix*

cerebri), що належить також до лімбічного мозку і тому має характерну кільцеву форму будови. Зважаючи на те, що воно складається з нервових волокон, які з'єднують соскоподібні тіла з гіпокампом, його слід повністю відносити до ділянки нюхового мозку, тобто до старої формації плаща (архіпаліум). Оскільки мозкове склепіння пов'язане з мозолистим тілом, доречним буде згадати, що воно утворюється двома круто зігнутими та зімкнутими тяжами, розташованими у передній його частині, які називаються стовпами склепіння. Вони закінчуються в соскоподібних тілах, що належать, як відомо, до гіпоталамусу проміжного мозку. Звідси по дузі догори і назад правий та лівий стовпи з'єднуються між собою, утворюючи тіло мозкового склепіння, яке зростається з нижньою поверхнею мозолистого тіла. Далі у напрямку назад і вниз тіло склепіння роздвоюється, утворюючи ніжки, які, поступово розходячись і разом з тим своєрідно товщаючи, спрямовуються латерально униз і наперед. Під задньою третиною мозолистого тіла ніжки склепіння обмежують трикутну пластинку, яка, зв'язуючи їх, складається з поперечно розташованих нервових волокон, що вросли в нижню поверхню задньої третини мозолистого тіла. Вони розглядаються в якості спайки між правим і лівим гіпокампом. Своєрідна форма та характерне розташування волокон цього з'єднання між ніжками мозкового склепіння зумовили порівняння його у давнину з музичним інструментом – псалтир'ю або давидовою лірою [16, 67].

Таким чином, мозкове склепіння починається стовпами від соскоподібних тіл (коло сірого горба), які потім об'єднуються в тіло, що зростається з нижньою поверхнею мозолистого тіла; звідси вони розходяться, спрямовуючись у передній полюс скроневої частки, де продовжуються в правий і лівий гіпокамп. У проекції на горизонтальну площину мозкове склепіння має подібність з буквою Х, кінці якої загнуті донизу. Цією формою виражається подвійне призначення мозкового склепіння: з одного боку, за допомогою стовпів і ніжок воно здійснює асоціативний зв'язок у межах однієї половини лімбічних структур, а з іншого, – за допомогою

гіпокампальної спайки (чи спайки склепіння) забезпечує комісуральну асоціацію між протилежними половинами давнього плаща. Але цим не обмежується асоціативна роль мозкового склепіння. Оскільки його злита частина у вигляді тіла зрощена знизу з мозолистим тілом мозкового склепіння, очевидно є його опосередкована роль у комутаційних взаємодіях між лімбічним мозком і новим плащем через колекторну систему мозолистого тіла. Однак в літературі питання про будову мозолистого тіла в такому аспекті не розглядалося, що доведеться враховувати при вирішенні завдань нашої дисертації.

Проте на цьому не закінчується розгляд морфологічних зв'язків мозолистого тіла з іншими утвореннями. Не можна не звернути увагу на те, що простір між передньою частиною стовбура, коліном і дзьобом мозолистого тіла з одного боку і стовпами мозкового склепіння з іншого затягнуто двома, серединно розташованими, тонкими пластинками мозкової речовини, які розділені між собою вузькою щілиною шириною приблизно в 1 мм, – це так звана прозора перегородка [16, 67]. Загальний опис цього утворення представлено тією чи іншою мірою в усіх посібниках з анатомії людини, але необхідна інформація про мікроскопічну будову пластинок прозорої перегородки в літературі відсутня. Тому важко сказати, чи складаються вони повністю із переплетіння нервових волокон, чи в них є і тіла нервових клітин. Так або інакше експериментально встановлено, що прозора перегородка належить системі лімбічного мозку, де вона пов'язана з механізмами позитивних емоцій [16]. Як би то не було, але в плані наших наукових інтересів важливим є той факт, що вона якимось чином має бути пов'язана з внутрішньою структурою мозолистого тіла.

Описане вище стосується тільки проміжної, вільної, міжпівкульної частини мозолистого тіла, через яке, у спрощеному розумінні, транзитно проходять в обох напрямках нервові волокна, що здійснюють асоціативну взаємодію між однойменними (симетричними) і різнойменними (асиметричними) кірковими центрами нового плаща протилежних півкуль.

Тому, будучи гранично сконцентрованими в обмеженому об'ємі власне мозолистого тіла, сукупності цих нервових волокон, входячи у півкулі, в'ялоподібно розосереджуються в їх білій речовині, формуючи в ній різноспрямовані пошарові пласти, які анатомічно виявляються шляхом тупого механічного розшарування речовини півкуль щільно фіксованого головного мозку. Завдяки такому методу препарування вдається візуально виявити різні траєкторії, за якими нервові волокна, проходячи через мозолисте тіло, з'єднують певні частки півкуль. Так, лобові частки зв'язані між собою кривими дугами, що за формою дістали назву малих щипців [16, 64, 67, 113]. Потиличні частки об'єднані подібними, але ширшими за конфігурацією дугами – великими щипцями. У проміжному положенні вони розподіляють зв'язки між тім'яними і задніми відділами скроневих часток. Помітно, що ця мієлоархітектоніка білої речовини комісурального типу має суворо впорядковану геометричну форму, яка все ж таки ускладнюється іншими напрямками волокон, що належать до односторонніх асоціативних і проєкційних провідних шляхів. У зв'язку з цим викликає сумнів правомірність такого широкого трактування поняття мозолистого тіла більшістю посібників із анатомії. На нашу думку, доцільніше буде обмежитися розумінням цього поняття як проміжного, обмеженого у своїх границях анатомічного утворення, що складається з щільно сконцентрованих нервових волокон, які переходять через нього з континууму білої речовини однієї півкулі в іншу, здійснюючи тим самим двосторонню взаємодію між їх функціонально різними кірковими центрами.

Знаючи, що енграми останніх закладаються і поступово формуються в генетично зумовлених зонах кори нового плаща (неокортексі) після народження в процесі індивідуального життя, можна апріорі говорити про вікове збільшення комісуральних зв'язків між ними, що має призвести, у свою чергу, до кількісного збільшення нервових волокон у мозолистому тілі відповідно до порядку їх розподілу різними його частинами. Слід зауважити, що через два місяці після народження цей процес не повинен



супроводжуватися пропорційним збільшенням нервових клітин відповідних зон неокортексу [91, 117]. Мабуть, розпочинаючи саме з цього віку, наростаюче збільшення кількості нервових волокон буде пов'язане з пропорційним розмірним збільшенням мозолистого тіла в цілому, при якому відносна щільність (концентрація) нервових волокон в одиниці його об'єму до певного віку залишатиметься незмінною. Цілком можливо, що залежність між збільшенням кількості нервових провідників і зростанням мозолистого тіла не буде рівномірною в окремих його частинах через різне за часом формування кіркових центрів. Не виключено, що дані неспівмірності матимуть індивідуальний характер, який залежатиме не лише від фенотипічних особливостей людини, але і від певних чинників індивідуального життя.

Як відомо, у процесі формування особистості, її психологічних та інтелектуальних особливостей дитячий, підлітковий і юнацький віки є найбільш плідними і найбільш пластичними періодами. У зв'язку з цим виникають питання: на якому етапі розвитку мозолисте тіло досягає своїх максимальних розмірів; коли у ньому спостерігається максимальна щільність нервових провідників і наскільки тривалою буде стабільність цього показника, який можна розцінювати як деякий перехідний період у структурі мозолистого тіла; після чого з'являться морфологічні ознаки інволютивних змін у ньому, пов'язаних із старінням організму? Отже, мозолисте тіло зі зміною своєї структури з віком уміщує інформацію про різнобічні процеси онтогенетичного розвитку нової формації кінцевого мозку і, як виявляється, не лише про них. Враховуючи безпосередній морфологічний зв'язок (на що вказано вище) мозолистого тіла із структурами лімбічного мозку, можна говорити, що воно є не лише основним комісуральним колектором у взаємодії між протилежними центрами нової кори, але й опосередкує інтеграцію між підсвідомою і свідомою сферами головного мозку. Такий методологічний підхід до вивчення мозолистого тіла вимагає

цілеспрямованого інформаційного пошуку, результати якого викладаються в наступному розділі огляду літератури.

Зважаючи на те, що мозолисте тіло є спайкою білої речовини, передусім з'ясуємо, що собою представляє ця субстанція мозку. Нагадаємо, що на відміну від сірої речовини мозолисте тіло має в своїй масі білий (сальний) колір із-за наявності у ньому великої частини жироподібної речовини – мієліну, який є ліпопротеїдним комплексом, що містить холестерин, фосфоліпіди та гліколіпіди [91, 94, 117]. Природно мієлін знаходиться в структурованій формі, утворюючи оболонки для відростків нервових клітин, які в самій білій речовині відсутні, але в ній міститься багато гліальних клітинних елементів. Окрім того, не можна забувати про обов'язкову наявність серед нервових волокон обмінних кровоносних мікросудин, що здійснюють їх селективну трофіку. Тепер розглянемо ці тканинні структури по черзі.

Як уже зазначалося, нервові волокна бувають двох типів – немієлінізовані та мієлінізовані [91, 117]. Останні переважно і складають білу речовину головного мозку, а отже і мозолисте тіло. Мієлінізовані волокна відрізняються наявністю відносно товстої мієлінової оболонки, яка має підвищені діелектричні властивості, що є важливим при тій щільності, в якій вони знаходяться в мозолистому тілі. Ці оболонки виникають за рахунок спеціалізованих гліальних клітин – олігодендроцитів (збірна назва – оболонкові клітини – лемоцити), плазматична мембрана яких шар за шаром щільно намотується навколо відростків нервових клітин (аксонів або дендритів), утворюючи сегмент оболонки завдовжки близько міліметра. Варто уваги, що в центральній нервовій системі олігодендроцити формують подібні сегменти оболонки одночасно у декількох нервових відростків [91, 94, 117]. Характерною фізіологічною властивістю мієлінізованих нервових волокон (у порівнянні з немієлінізованими) є велика швидкість проведення нервових імпульсів, яке відбувається шляхом сальтації, на чому немає необхідності зупинятися детально. Відмітимо тільки, що швидкість

проведення нервового імпульсу залежить також від товщини відростків нервових клітин, які є осьовими провідниками нервових волокон; швидкість проведення нервового імпульсу прямо пропорційна діаметру цього відростка [16, 91, 117, 179].

Згідно з останніми даними [186] мозолисте тіло дорослої людини містить 70% мієлінізованих і 30% немієлінізованих волокон. При цьому виникає питання про природу наявності у ньому немієлінізованих провідників. Хотілося б з'ясувати звідки і куди вони прямують та у чому полягає їх функціональне призначення. На жаль, конкретна приналежність немієлінізованих провідників у комутаційній системі мозолистого тіла в присвяченій цьому питанню літературі не визначається. Крім того, не зрозумілими є і зауваження деяких науковців про наявність у ньому нервових клітин. Разом з тим слід зазначити, що на сучасному етапі при описі топологічного розподілу в мозолистому тілі нервових провідників автори вдаються до більш детального розділення його на частини шляхом умовного виділення в стовбурі мозолистого тіла переднього, середнього і заднього сегментів, а також проміжної частини між стовбуром і валиком під назвою перешийка (isthmus). Відзначається, що різні відділи мозолистого тіла відрізняються складом волокон. Так, нервові волокна великого діаметру, за допомогою яких здійснюється міжпівкульний обмін інформацією на великій швидкості, виявлені в задній частині валика і в стовбурі, тоді як волокна малого діаметру займають місце в дзьобі, коліні та передній частині стовбура. Ці відомості важливі для вирішення основних завдань нашого дослідження, а тому потребують більш детального розгляду, що буде зроблено в подальшому огляді літератури. Поки ж ми беремо до уваги те, що мозолисте тіло переважно складається з мієлінізованих нервових волокон різного діаметру.

Оскільки мієлін є ліпопротеїдним комплексом, то при вивченні білої речовини мозку за допомогою традиційних гістологічних методів, при застосуванні яких використовують жиророзчинні середовища, ліпідний

компонент мієліну екстрагується. На таких, забарвлених гематоксиліном та еозином, препаратах кожна округла ділянка поперечних зрізів нервових волокон, де раніше (до обробки спиртами) був мієлін, виглядає порожньою, якщо не враховувати круглу центральну точку, що належить поперечному профілю відростка нервової клітини. На зрізах білої речовини серед цих округлих порожнеч зустрічатимуться рідкісні, нарізно розташовані ядра; вони належать олігодендроцитам. Тому в гістологічній практиці з метою збереження у препаратах білої речовини мієлінових оболонок використовують як фіксатор осмієву кислоту, яка забарвлює мієлін у чорний колір. Але усі ці гістологічні препарати дозволяють візуалізувати серед нервових волокон не лише ядра гліальних клітин, але й окремі поперечні профілі кровоносних мікросудин капілярного типу, які мають певний порядок розосередження серед окремих сукупностей нервових волокон.

У ракурсі цього питання доречним буде коротко розглянути одну важливу проблему неврології – проблему гематоенцефалічного бар'єру, що є окремим поняттям загальнобіологічного уявлення про гематоцелюлярні бар'єри, під якими розуміються розмежувальні, вибірково прониклі комплекси тканинних мікроструктур, розташованих між кров'ю обмінних мікросудин і робочими клітинами цього органу (у речовині мозку ними є нервові клітини). На підставі електронно-мікроскопічних досліджень із використанням електроннощільних маркерів було встановлено, що бар'єр між кров'ю і нервовими клітинами (гематоенцефалічний бар'єр) утворюють: 1 – безперервний ендотелій капілярів, клітини якого з'єднані великими щільними контактами, що майже повністю перекривають щілини; 2 – дуже щільна базальна мембрана, що оточує капіляри і 3 – астроцити, відростки яких (ніжки) з одного боку утворюють майже повну обгортку навколо базальної мембрани капіляра, а з іншого – вони цілком огортають тіло нейрона [91, 117]. Завдяки такому бар'єру повністю виключається доступ до нервової клітини сторонніх і шкідливих речовин. Проте газу й інші дрібні молекули, необхідні для живлення нейронів і гліальних клітин, легко

проникають через цей бар'єр. Виявляється, що гематоенцефалічний бар'єр є перешкодою для деяких лікарських препаратів при внутрішньовенному їх уведенні, тоді як вони легко долають гематоцелюлярні бар'єри інших органів [94, 117]. Відзначимо, що усе вище сказане стосується переважно сірої речовини головного мозку, де локалізуються тіла нейронів; застосовувати поняття гематоенцефалічного бар'єру в такому трактуванні до білої речовини, на наш погляд, буде неправомірним. Якщо в даному випадку і можна використати це поняття, то, ймовірно, гематоенцефалічний бар'єр матиме дещо іншу структуру, від якої буде залежати забезпечення трофіки мієлінізованих нервових волокон, де проміжною ланкою між кровоносними капілярами та відростками нервових клітин виступатимуть олігодендроцити, відростки яких, як сказано вище, утворюють мієлінові оболонки для декількох аксонів. На жаль, у літературі це питання не розглядається.

Проте як би то не було, обмінні кровоносні мікросудини білої речовини великого мозку, зокрема й мозолистого тіла, є сегментами їх загального кровоносного мікроциркуляторного русла, яке формується з розгалужень магістральних артеріальних і венозних судин, розташованих за їх межами, але територіально близько до них. Із посібників з анатомії людини відомо, що до таких артерій мозолистого тіла безпосередньо відносяться дві передні (права та ліва) мозкові артерії (що є гілками відповідних внутрішніх сонних артерій), які в старих підручниках за своїм місцезнаходженням називалися артеріями мозолистого тіла (*a. corporis callosi*) [64, 67]. Будучи кінцевими артеріями внутрішньої сонної, вони прямують по передньому краю передньої пронизаної речовини до серединної лінії основи мозку і, зближуючись між собою, проникають у поздовжню щілину великого мозку, де їх з'єднує короткий, але широкий анастомоз (*a. communicans anterior*). Далі, розташовуючись паралельно, передні артерії мозку огинають коліно мозолистого тіла і йдуть далі по верхній поверхні його стовбура в крайових поглибленнях, які граничать із поясною звивиною. Таким чином вони доходять до межі з потиличною часткою, де анастомозують із гілками задніх

мозкових артерій (гілки базилярної артерії) [10, 64, 67, 102, 113]. По суті цим обмежуються усі відомі в літературі дані про джерела кровопостачання мозолистого тіла. Додатково можна припустити, що позаду від валика мозолистого тіла кінцеві гілки передніх мозкових артерій анастомозують не лише з гілками задніх мозкових артерій, але і якимось чином сполучаються з внутрішніми гілками судинного сплетення третього шлуночку, які беруть початок у ділянці міжшлуночкових отворів.

Ще менше у розпорядженні відомостей ми маємо про судини, що здійснюють венозний відтік від мозолистого тіла. Згідно з даними літератури передні артерії головного мозку, які опоясують мозолисте тіло в передньо-задньому напрямі, не супроводжуються відповідними венами, що властиво для глибокого (внутрішнього) кровоносного русла головного мозку [10, 64]. Якщо так, то вени, що відводять кров від мозолистого тіла, повинні знаходитися в суміжних з ним ділянках, до яких належать глибокі підкіркові вени, розташовані під мозолистим тілом. Витоками їх є пограничні вени (вени зорового горба і смугастого тіла) та вени судинного сплетення, які зливаються під валиком мозолистого тіла, утворюючи ліву і праву внутрішні вени мозку. Останні, з'єднуючись між собою, утворюють велику вену мозку (*v. cerebri magna*), яка впадає в пряму венозну пазуху. При цьому у Г.Ф. Іванова є вказівка, що кожна з внутрішніх мозкових вен сполучається з нижньою і задньою венами мозолистого тіла [67]. Очевидно, що цих даних недостатньо для уявлення про цілісну картину топологічного співвідношення між артеріальним і венозним відділами загального кровоносного русла власне мозолистого тіла. Можна тільки говорити, що судини постачання крові до мозолистого тіла мають за кільцювану форму у вигляді анастомозів між передніми (з боку внутрішніх сонних артерій) і задніми (з боку базилярної артерії) артеріями мозку, що загалом властиве й відповідному відділу венозного русла.

Але у цьому випадку, якщо артерії, що належать мозолистому тілу, розташовані поверх нього, а вени – в основному знизу, то їх гілки,

проникаючі в мозолисте тіло, повинні мати зустрічний напрям, формуючи у його товщі розгалужену мережу загального гемомікроциркуляторного русла, через яке трансмуральне переміщення крові матиме низхідний вектор, тобто циркулюватиме зверху вниз, що нагадує порталну форму кровообігу. На жаль, питання про принцип конструктивної організації кровоносного мікроциркуляторного русла мозолистого тіла в літературі навіть не піднімається.

До вищевикладеного слід додати, що кровоносні судини, які безпосередньо належать до трофіки головного мозку, містяться у стромі м'якої (судинної) оболонки, яка тісно пов'язана з поверхневим шаром його речовини. Зрозуміло, що мозолисте тіло в цьому відношенні не є винятком, хоча в літературі прямі вказівки на це відсутні. Проте ми маємо право скористатися даними, які розміщені в описах інтимних зв'язків судинної оболонки з речовиною мозку в інших його відділах.

Стисло розглянувши це питання зауважимо, що м'яка (судинна) оболонка складається із сполучнотканинної, утвореної переплетеними між собою за усіма напрямками пучками колагенових і ретикулярних волокон, основи, яка покрита безперервним шаром плоского епітелію, морфологічно схожого з мезотелієм [117]. Під цим клітинним покривом, ближче до поверхневого шару, міститься мережа кровоносних судин різного діаметру. Вони супроводжуються нервовими волокнами, що належать до симпатичної нервової системи. Ці кровоносні судини є джерелами для утворення гілок, проникаючих у речовину головного мозку. На місці їх занурення м'яка оболонка має вигляд сполучнотканинно-гліальних лійок або муфт, які утворюють навколо розгалужених у товщі мозку кровоносних судин периваскулярні простори з циркулюючою ними спинномозковою рідиною. Але є цілком обґрунтовані вказівки на те, що периваскулярний простір існує тільки навколо великих судин і відсутній навколо мікросудин [117]. Так, Г.Ф. Іванов [67] подає дані, згідно з якими судинна оболонка не скрізь щільно пов'язана з поверхнею головного мозку; з його більшої частини м'яку

оболонку можна зняти разом із її власними судинами та з їх гілками в речовині мозку. Проте невідомо, чи стосується це верхньої поверхні мозолистого тіла.

Що ж до нижньої поверхні мозолистого тіла, то тут стоїть питання про особливості формування судинно-епітеліального покриву і судинного сплетення третього шлуночку. Вони утворюються в результаті того, що м'яка оболонка, рихло покриваюча четверогорб'я з боку мозочка, з'єднується під мозолистим тілом з іншим її листком, який виступає із-під його потовщення. Унаслідок цього безпосередньо під стовбуром і потовщенням мозолистого тіла складається подвійна (дуплікатурна) судинна пластинка, яка і є покривом третього шлуночку, або верхнім судинно-епітеліальним покривом. Він містить у собі гілки внутрішньої мозкової артерії та притоки великої вени мозку, про що йшла мова вище. Після видалення мозолистого тіла разом із склепінням мозку цей покрив третього шлуночку стає цілком доступним для огляду. Детальніший опис особливостей безпосереднього зв'язку судинної оболонки з нижньою поверхнею мозолистого тіла в літературі також відсутній.

### **1.3. Вікові відмінності та статевий диморфізм мозолистого тіла, а також методи його вивчення**

Розпочнемо з методів дослідження, які використовуються в практиці вивчення будови головного мозку і окремих його утворень. На сучасному етапі їх можна умовно поділити на добре відомі традиційні, що використовуються для прямого вивчення посмертного матеріалу, і технологічно нові методи, що дозволяють вивчати об'єкти візуально в їх прижиттєвому стані. Ці методи відрізняються за своїми можливостями отримання інформації, а тому не є альтернативними. До перших із них належать: 1 – методи анатомічного препарування (макроскопічний рівень



дослідження); 2 – різні способи препарування з використанням невеликих збільшень світлової оптики (макро-мікроскопічний рівень дослідження); 3 – методи підготовки препаратів для дослідження структур при великих збільшеннях світлового мікроскопа (гістологічні методи – мікроскопічний рівень дослідження) і 4 – методи підготовки об'єктів для вивчення їх у трансмісійному та скануючому електронних мікроскопах (ультраструктурний рівень дослідження).

Нові технічні засоби, які увійшли до практики морфологічних досліджень останніми роками, дозволяючи вивчати будову головного мозку прижиттєво, істотно розширили можливості отримання прямої візуальної інформації про його внутрішні структури при різному функціональному стані [139, 150, 158, 183, 185, 196, 197, 216, 222, 226, 228, 237, 255, 260, 280, 285]. На жаль, технологічно нові методи не мають достатньої розв'язувальної здатності для детального розрізнення структури утворень, що вивчаються, на мікроскопічному і тим більше ультраструктурному рівнях. Тому за своїми можливостями отримання морфологічних характеристик їх можна взаємодоповнювально зіставити тільки з першими двома рівнями традиційних методів – макроскопічним і макро-мікроскопічним, що слід враховувати при оцінці даних, здобутих при їх використанні.

Якщо традиційні методи морфологічних досліджень добре відомі й не вимагають детального опису, тим паче що деякі з них використовуються в наших дослідженнях і описані в другому розділі дисертації, то технологічно нові методи, які останніми роками знайшли широке застосування в практиці вивчення головного мозку взагалі та мозолистого тіла зокрема, потребують принципового розгляду.

Так, найостанніші досягнення в розвитку знань про будову і функцію головного мозку та окремих його структурних ансамблів, що включають комісуральні зв'язки між ними, в основному зобов'язані застосуванню двох якісно нових методів, а саме: 1 – дифузійно-тензорній методиці; 2 – магнітно-резонансній томографії. При чому результати, отримані при використанні їх

у комбінації, дають більш повне і розширене уявлення про траєкторію комісуральних волокон та їх топографічний розподіл у мозолистому тілі, що є змістом багатьох робіт, які будуть розглянуті нижче. Проте, оскільки в нашому дослідженні передбачено застосування в основному традиційних методів із додатковим використанням тільки запозичених в спеціалізованому центрі готових МРТ-зображень, ми обмежимося лише коротким розглядом методу магнітно-резонансної томографії. Можливість отримання багатозрізових зображень у будь-якій площині, висока роздільна здатність контрастування м'яких тканин зробили магнітно-резонансну томографію незамінним за ефективністю методом дослідження в медицині взагалі та в неврології зокрема [55]. Технологія МРТ дозволяє виміряти активність мозку, визначаючи пов'язані зміни в потоці крові, що ґрунтується на загально визнаному понятті про супроводження нейронної активації в будь-якій ділянці мозку локальним підвищенням кровотоку. Цей ефект залежить від рівня оксигенації крові. Іншими словами метод МРТ здатний реєструвати різне співвідношення збагаченого киснем гемоглобіну до дезоксигемоглобіну в крові. Враховуючи те, що дві форми гемоглобіну мають відмінну магнітну поведінку, зміна їх відносної концентрації у зв'язку зі збільшенням кровотоку, викликаного підвищеною нервовою діяльністю, створює магнітно-електричний сигнал, який уловлюється приладом, виділяючи ділянки мозку, що активні в даний момент часу [186]. Спочатку вважалося, що цей ефект в основному можливий за рахунок синаптичної активності тільки в сірій речовині. Проте пізніше було встановлено, що гемодинамічний ефект поширюється й у білій речовині, зокрема в мозолистому тілі, що дозволяє реєструвати у його певних відділах наслідки активації деяких зон кори півкуль великого мозку. Завдяки цьому вдалося уточнити в мозолистому тілі топографію нервових провідників, що забезпечують певні зв'язки між кірковими центрами двох півкуль.

Але необхідно відзначити, що МРТ-зображення мозолистого тіла, як і інших утворень головного мозку, є результатом підсумовування магнітно-

електричних сигналів без тонкого розрізнення їх на мікроскопічному рівні, у зв'язку з чим цей метод у плані виключно морфологічних досліджень має тільки доповнююче значення. У наших дослідженнях він використовується в основному для визначення відмінності розмірних показників між посмертним і прижиттєвим станом мозолистого тіла у людей зрілого віку.

Для здійснення цього завдання, а також із метою вивчення статевого диморфізму та вікових відмінностей мозолистого тіла, необхідно мати в розпорядженні дані про достовірні кількісні критерії щодо його розмірів і форми. Вони отримуються шляхом проведення добре відомого морфометричного аналізу, суть якого полягає у виборі на матеріалі умовних орієнтирів, якими стають, зазвичай, різновіддалені точки і прямолінійні дистанції між ними [265]. Так, у патенті на винахід № 2396907 під назвою «Способ прижизненного определения размеров мозолистого тела», який належить А.Н. Бирюкову [111] і є прикладом такого аналізу, всі вимірювання зроблено на серединних зображеннях головного мозку, отриманих за допомогою магнітно-резонансної томографії. При чому квантування мозолистого тіла на них проводиться на основі суми окремих, слід зазначити, цілком передбачених вимірів. До них належать: 1) товщина коліна мозолистого тіла – відстань між передньою і задньою точками коліна мозолистого тіла; 2) товщина переднього відділу мозолистого тіла – відстань між верхньою і нижньою точками передньої третини його стовбура; 3) товщина середнього відділу – відстань між верхньою і нижньою точками середньої третини стовбура мозолистого тіла; 4) товщина задньої частини мозолистого тіла – відстань між верхньою і нижньою точками задньої третини його стовбура; 5) товщина валика мозолистого тіла – відстань між передньою і задньою точками його валика; 6) довжина мозолистого тіла – відстань між передньою і задньою точками мозолистого тіла; 7) висота мозолистого тіла – відстань між прямою, що з'єднує нижні точки коліна та валика, і верхньою точкою мозолистого тіла. Інші запропоновані автором

дистанції використовуються для визначення глибини залягання мозолистого тіла в головному мозку.

Цілком очевидно, що цей підхід може бути успішно використаний не лише для аналізу МРТ-знімків, але й на натуральних препаратах півкуль великого мозку, медіальна поверхня яких відкрито демонструє потрібні утворення.

Необхідно відмітити, що описаний спосіб є прикладом спрощеного підходу до аналізу такого геометрично складного утворення як поперечний профіль мозолистого тіла. Тому в літературі існують й інші спроби наблизитися до більш повного охопту його форми. Так, для кількісної оцінки форми мозолистого тіла F. Tomaiuolo, S. Campana та ін. [232] використали прямокутний контур, що охоплює його межі на серединних МРТ-зображеннях півкуль великого мозку і дає можливість визначити кут вигину мозолистого тіла шляхом обчислення значення кута при вершині рівнобедреного трикутника, який має ту ж саму основу та висоту, що і прямокутник, описаний навколо контуру мозолистого тіла (рис. 1.3). На підставі таких розрахунків авторам вдалося з'ясувати, що кут вигину мозолистого тіла у сліпих людей більш опуклий ніж у зрячих.

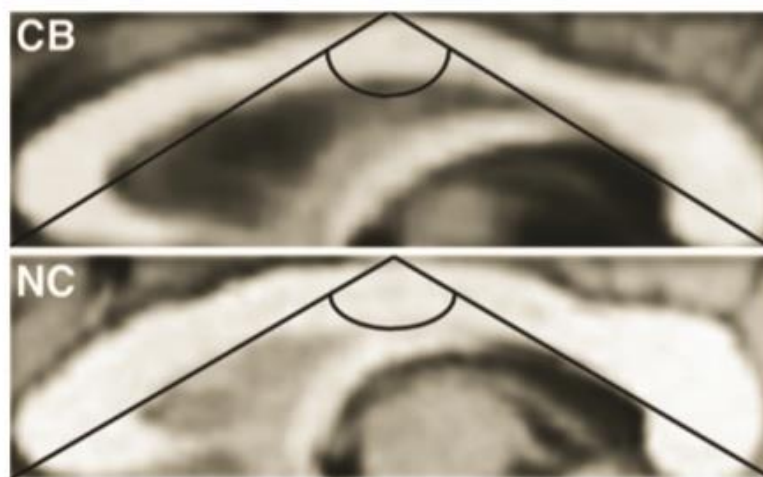


Рис. 1.3. Приклад аналізу форми мозолистого тіла у сліпих від народження людей (CB) і у осіб з нормальним зором (NC) [232].

Намагаючись провести більш вичерпний кількісний аналіз форми і розмірів мозолистого тіла деякі автори вдалися до застосування багатofакторного математичного апарату, за допомогою якого форма останнього моделюється шляхом конфігурації умовних міток, до яких відносяться: центр коліна, центр валика та 50 напівміток, рівномірно розташованих колами подвійного контуру мозолистого тіла, починаючи від заднього краю коліна (рис. 1.4) [189]. Ці конфігурації реєструються через прокрустове накладення, зміщуючи систему координат до одного центроїда, за рахунок масштабування їх відповідно до єдиного центроїдного розміру, а також обертання з метою зведення до мінімуму залишків найменших квадратів між відповідними мітками. При цьому центроїдний розмір розраховується як корінь квадратний із суми квадратів відстані усіх міток від їх центроїда. Нагадаємо, що центроїдом називається рівноважна точка якоїсь геометричної фігури або об'ємного тіла. Цей спосіб геометричного аналізу мозолистого тіла, який, на нашу думку, є надто трудомістким, використаний авторами для вивчення його статевої відмінності в контексті алометричної варіативності. Зауважимо, що отримані при цьому результати, які ми розглянемо нижче, по суті не дуже відрізняються від тих, які отримані іншими дослідниками за допомогою простіших методів морфометричного аналізу.

Вище було побіжно відзначено, що впровадження в практику досліджень методів магнітно-резонансної томографії та інших новітніх технічних засобів прямої візуалізації сприяло розширенню можливостей вивчення первинних захворювань мозолистого тіла різного генезу: вад розвитку (часткова або повна відсутність мозолистого тіла), пухлин, крововиливів, ятрогенних ушкоджень [60, 74, 93, 97-99, 124, 126, 131, 144, 156, 161, 193, 204, 236, 239, 244, 246-248, 253, 263, 287]. Окрім того, порушення функції та структури мозолистого тіла спостерігається і при його вторинних змінах, що виникають у результаті валеровської дегенерації

калозальних волокон при осередкових і дифузних ураженнях великих півкуль [125, 251].

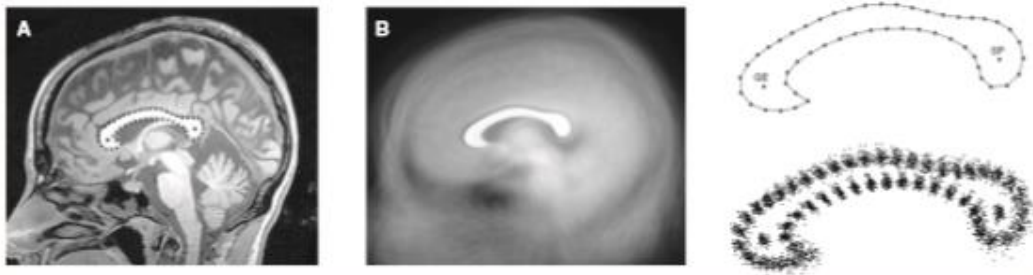


Рис. 1.4. Принцип моделювання мозолистого тіла за допомогою міток, що відповідають центрам коліна і валика, а також 50 напівміток, рівномірно розташованих по його контуру. А – МРТ- зображення серединного сагітального зрізу мозолистого тіла. В – прокрустове накладення координат від 102 молодих людей шляхом зсуву напівміток відповідно до критерію мінімальної енергії вигину. Накладене зображення показує середню форму мозолистого тіла, обчислену як геометричне середнє значення для всієї вибірки. [189].

Звісно, результати цих досліджень цікаві в плані розуміння наслідків структурних порушень у мозолистому тілі, які виникають у сфері психічної діяльності людини при прямій або непрямій патології великого мозку. Проте для нашої роботи вони не є першорядними, оскільки коло наших наукових інтересів полягає у вивченні питання, пов'язаного із розумінням морфологічних засад комісурального зв'язку між двома подібними у своїй протилежності новими формаціями великого мозку. Зважаючи на це, подальший аналітичний огляд літератури повинен допомогти нам з'ясувати ступень вивченості наступних аспектів цієї проблеми:

1. Вікові зміни форми і розмірів мозолистого тіла людей чоловічої та жіночої статі (гендерно-вікові відмінності).
2. Статева відмінність форми і метричних показників мозолистого тіла людини в зрілому віці.

3. Мієлоархітектоніка мозолистого тіла та її гендерно-вікові відмінності.

4. Васкуляризація мозолистого тіла та принцип структурної організації у ньому гематоневрального бар'єра.

Загальним посиленням при розгляді перших двох аспектів окресленої проблеми можуть служити дані літератури, згідно з якими збільшення маси великого мозку, а отже, і його розмірних показників, помітно перевищує темпи розмірного збільшення мозолистого тіла під час вікового розвитку. Іншими словами, у процесі онтогенезу збільшення головного мозку в цілому не спричиняє пропорційного нарощування розмірів мозолистого тіла, тобто між ними спостерігається невелика позитивна кореляція [178, 186, 249]. Цей феномен пояснюється тим, що маса головного мозку збільшується, як правило, за рахунок наростання з віком великої кількості у ньому міжнейрональних зв'язків та, пропорційно з цим, значного збільшення гліальних елементів і кровоносних судин, що лежить в основі формування переважно внутрішньопівкульних асоціативних і проєкційних провідних шляхів, разом із якими, можна думати, комісуральним комутаціям належить відносно менша частка. Але це не означає, що з віком не відбувається збільшення розмірів мозолистого тіла. У зв'язку з цим, можна було б припустити, що з віком неспіввимірність між збільшенням маси великого мозку і ростом мозолистого тіла компенсується шляхом поступового підвищення щільності у ньому транзитних нервових волокон. Проте згідно з деякими даними літератури щільність нервових волокон у мозолистому тілі новонародженого і дорослої людини приблизно однакова при різній площі його поперечного зрізу [81, 177], тобто в процесі розвитку розміри мозолистого тіла збільшуються у міру пропорційного збільшення в ньому кількості нервових провідників. Така пропорційна форма розвитку будь-якого утворення називається у біології ізометричним зростанням. Проте застосування цього визначення відносно мозолистого тіла було б передчасним, оскільки ще не відомо, чи охоплює воно одночасно усі його

топографічні відділи, чи відбувається якась почергова зміна між ними, що властиво для алометричної форми зростання. Цими міркуваннями продиктований подальший аналіз даних літератури.

У роботах зарубіжних авторів [186] подаються дані, згідно з якими мозолисте тіло збільшується в розмірі залежно від збільшення тангенціальної площі кори. У ембріональному та ранньому постнатальному періодах воно в основному росте за рахунок збільшення кількості нервових відростків, тоді як подальший його ріст обумовлений розвитком мієліну. При цьому мієлінізація волокон стає суттєвою у валику через 6 місяців після народження і в коліні мозолистого тіла приблизно через 8 місяців. Вважається, що мієлінізація відбувається від задньої частини мозолистого тіла до передньої, що відбиває передування процесу мієлінізації первинних зон кори (соматосенсорної, слухової та зорової), сполучених через перешийок і валик мозолистого тіла, мієлінізації його стовбура, коліна і дзьоба, які належать до передніх асоціативних ділянок кори. На сьогодні вважається непорушною істиною, що мозолисте тіло є топографічно організованою структурою, у якій виділяються модальноспецифічні ділянки; серед них передні калозальні волокна передають рухову інформацію між лобовими частками, а соматосенсорна, слухова і зорова інформація інтегрується задніми волокнами, що зв'язують тім'яні, скроневі та потиличні частки, перетинаючи задню частину стовбура, перешийок і валик відповідно. Як бачимо, дані, отримані останніми роками за допомогою метода функціональної магнітно-резонансної томографії, в принципі узгоджуються з більш ранніми уявленнями про топічне розмежування комісуральних провідників мозолистого тіла, що базуються на традиційних методах дослідження, про що говорилося вище. Але все таки, новітні дані дозволяють внести детальніші уточнення відносно локалізації в мозолистому тілі вищезгаданих провідників, що зафіксовано авторами в поданій нижче схемі (рис. 1.5).



Цікаво відмітити той факт, що якщо в процесі розвитку мієлінізація нервових волокон у мозолистому тілі відбувається послідовно від задньої його частини до передньої (про що вже йшлося), то поступова зміна діаметру аксонів у ньому має зворотний напрямок, тобто мієлінізація тонких передуює мієлінізації товстих аксонів [182]. Отже, згідно з даними цих авторів у коліні та передній частині стовбура мозолистого тіла зосереджені мієлінізовані волокна малого діаметру, тоді як задні його відділи містять товсті волокна.

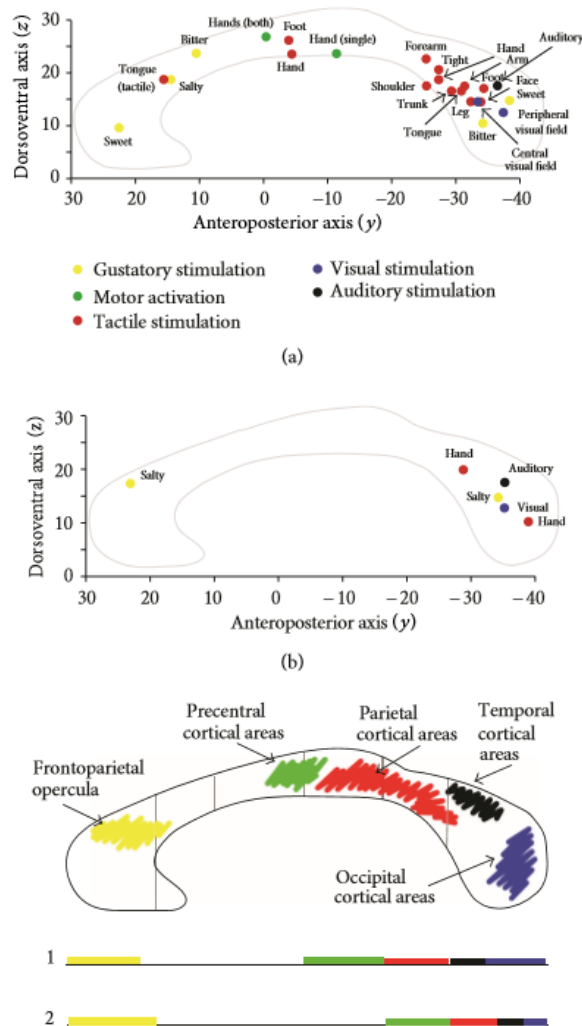


Рис. 1.5. Принципова схема, що показує модальностеспецифічний розподіл у мозолистому тілі осередків активації, викликані різними видами стимулів [186].

Заслуговують на увагу подані цитованими вище авторами відомості про те, що у людей, страждаючих на дислексію (порушення центру усної

мови) коліно мозолистого тіла менше порівняно із нормою, а у пацієнтів з синдромом Дауна спостерігається зменшення передньої частини його стовбура. Протилежні явища, що зачіпають задні відділи мозолистого тіла (перешийок і валик), спостерігаються при різних типах деменції. Можна припустити, що вказані недоліки названих відділів мозолистого тіла пов'язані зі зменшенням у них кількості комісуральних волокон, що сполучають відповідні кіркові центри, але не відомо, чи є вони первинними в розвитку мозолистого тіла, чи виникли в результаті дегенерації нервових волокон у процесі розвитку відповідного захворювання. Дані інших дослідників переважно свідчать на користь того, що спад кількості нервових волокон у мозолистому тілі є наслідком різних церебральних захворювань, тобто їх слід відносити до вторинних змін [125].

Відзначена вище закономірність мієлінізації нервових провідників, очевидно, є вторинним процесом у їх формуванні, якому в ранньому онтогенезі передують спрямоване відростання відростків нервових клітин, які просуваються поступово до генетично наміченої цілі. При цьому комісуральні нейрити, відростаючи від нейронів певного шару кори однієї півкулі, повинні досягти аналогічної зони протилежної півкулі через спасні утворення між ними, основний масив яких формує мозолисте тіло, що в зрілому стані, як вже відзначалося, вміщує близько 200 мільйонів аксонів. У зв'язку з цим фундаментальним для сучасної нейробіології стає питання, яким чином і за допомогою чого вони прокладають свій шлях до кінцевої мети. Сьогодні завдяки низці досліджень основні механізми цього процесу вдалося роз'яснити. Загалом можна сказати, що аксони у ході свого зростання проростають через мозолисте тіло, керуючись на своєму шляху безліччю «підказок», у якості яких виступають різні біологічно активні речовини, що слугують чинниками наведення, тобто індукторами. Вони підрозділяються на дві категорії: молекули далекого та молекули ближнього наведення [240]. Автори вказують, що на початку розвитку першими починають рухатися через мозолисте тіло до своєї мети аксони з п'ятого

шару кори, а аксони з поверхневих її шарів прямують за вже існуючими нервовими відростками. При цьому спочатку в мозолистому тілі встановлюється надмірна кількість зв'язків, які потім за рахунок вибіркового відмирання і дегенерації колатеральних гілок аксонів приходять до норми. У міру того як аксони мозолистого тіла, досягнувши протилежної півкулі, починають встановлювати синапси з певними постсинаптичними нейронами, запускаються синаптично залежні механізми, під дією яких змінюється форма аксонів.

Природно, виникає питання про джерела утворення хімічних речовин, які здійснюють цільове наведення відростаючих аксонів. Виявляється, що ними є серединні утворення мозолистого тіла, яке формується. Вони складаються із скупчення переважно нейрогліальних клітин, серед яких знаходяться і нейрони, що, мабуть, мають нейросекреторні властивості. Сигнальні молекули, які синтезуються ними, чинять на аксони, що проростають через мозолисте тіло, то притягуючу, то відштовхуючу дію. Ми не зупиняємося на їх детальному аналізі, тому що ця інформація не є необхідною для вирішення поставлених у нашій дисертації завдань. Єдине, що нас цікавить, так це з'ясування того, наскільки довго зберігаються в процесі розвитку мозолистого тіла серединні утворення. Відомості з цього питання в літературі відсутні. У той же час заслуговують на увагу дані цитованих вище авторів, згідно з якими порушення функціонального стану зазначених серединних утворень спричиняє різні аномалії мозолистого тіла у формі різноманітних його дисгенезій.

Про те, яким чином описаний вище процес спрямованого проростання нервових провідників впливає на зміну розмірів і форми мозолистого тіла в його зачатковому періоді розвитку, можна судити тільки з уривчастих даних літератури. Відомо, що джерелом для його формоутворення разом із склепінням мозку є погранична пластинка, яка спочатку складає середину передньої частини кінцевого мозку, що датується 3-м місяцем внутрішньоутробного розвитку [67], співпадаючим, як відомо, з початком

плідного періоду, коли відбувається зростання і функціональне дозрівання органів (період органогенезу) [115]. Незважаючи на неточності у деяких деталях опису цього процесу, все ж вдається встановити, що розвиток мозолистого тіла розпочинається з появи потовщення дорсальної частини термінальної пластинки, яке супроводжується поступовим поглибленням поздовжньої щілини між двома півкулями великого мозку, що формуються. Так, можна сказати, намічається утворення коліна мозолистого тіла, в якому з'являються перехресні нервові волокна. Надалі від цього місця наперед формується дзьоб, а назад – поступово розвиваються інші частини мозолистого тіла з переважним збільшенням його валика. Інакше кажучи, у розвитку мозолистого тіла в плідному періоді спостерігається ростро-каудальний градієнт наростання комісуральних відростків нервових клітин із кори протилежних півкуль, що формуються [145]. За даними цих авторів найбільше прискорення описаного процесу спостерігається одразу після народження, тобто в перинатальному періоді, відбиваючись переважно потовщенням коліна і валика мозолистого тіла; максимум нарощування в них нейритів відбувається приблизно до 2-3 років життя. Згідно з даними літератури подальший процес формоутворення мозолистого тіла та його зростання цілком залежить від процесу мієлінізації передіснуючих у ньому відростків нервових клітин. При цьому мієлінізація нервових волокон починається тільки з моменту народження.

Таким чином, увесь постнатальний період онтогенезу мозолистого тіла людини полягає цілком в поетапній мієлінізації транзитно пророслих через нього в зустрічному напрямі нейритів, за рахунок чого (процесу мієлінізації) і відбуватиметься подальше його співвимірне зростання. Нагадаємо, якщо процес кількісного наростання нейритів у мозолистому тілі в пренатальному періоді розвитку має передньо-задній вектор (від коліна до валика), то процес їх мієлінізації відбувається у зворотному напрямку (від валика до коліна); при цьому мієлінізація тонких волокон передує мієлінізації товстих [240]. Це положення ми повинні узяти на озброєння, оскільки для нашої роботи воно є

початковим, тобто передуючим рішенням завдань про вікові зміни форми і розмірів мозолистого тіла.

Подальший розгляд питання про вікову зміну мозолистого тіла потребує з'ясування деяких важливих аспектів, пов'язаних із розвитком великого мозку в цілому. Передусім вкажемо на те, що дані про завершення закладання нервових відростків (нейритів або аксонів) у мозолистому тілі переважно у внутрішньоутробному розвитку цілком узгоджуються з даними про закінчення процесу диференціювання нейробластів у зрілі нервові клітини кори великого мозку через декілька місяців після народження, про що вже йшлося в першому підрозділі. Після цього розміри півкуль великого мозку збільшуються за рахунок усеосяжного розвитку їх зв'язків між собою і з усіма ядерними центрами нервової системи, а також за рахунок подальшого процесу мієлінізації нервових відростків. Інакше кажучи, збільшення загальної маси півкуль відбувається шляхом нарощування переважно білої речовини, а не кількості нервових клітин, тобто в постнатальному періоді кількість останніх є величиною постійною, змінною же величиною є кількість міжнейрональних зв'язків. Можна припустити, що в масі білої речовини міжпівкульним зв'язкам, що здійснюються за допомогою спайок, відводиться відносно менша частка порівняно з асоціативними та проєкційними комутаціями. Ми вважаємо, що саме цим пояснюється встановлений в літературі факт, що збільшення поперечного перерізу мозолистого тіла не є наслідком пропорційно загального зростання великого мозку. Так, у зв'язку з цим E. Bruner і співавт. [189] відзначають, що якщо площа перерізу мозолистого тіла збільшується з віком шляхом квадратування, то об'єм мозку зводиться до третього ступеня.

Але сказане вище зовсім не означає, що зі збільшенням маси білої речовини не відбувається розростання площі кори; її пропорційне розширення залежить все-таки не від збільшення в ній нервових клітин, а від збільшення численності зв'язків між ними та іншими зонами головного мозку. У зв'язку з цим M. Fabri та співавт. [178, 186] пов'язують розвиток

мозолистого тіла з тангенціальним зростанням кори і ще раз підтверджують той факт, що у внутрішньоутробному та ранньому післяпологовому періодах мозолисте тіло росте за рахунок кількісного збільшення у ньому нейритів, тоді як подальший розвиток цього утворення залежить від процесу їх мієлінізації. При цьому дослідники відзначають, що процес утворення мієлінових оболонок починається на шостому місяці постнатального життя у валику мозолистого тіла, а потім через два місяці переміщується до передніх його відділів (коліно і дзьоб), що пов'язано з первинністю формування сенсорних зон кори в тім'яній, потиличній і скроневій частках півкуль великого мозку порівняно з формуванням моторної асоціації лобових часток. Отже, ці шість та вісім місяців, які належать до перинатального періоду розвитку людини, вважатимемо відправними віхами постнатального формування мозолистого тіла.

Яких же змін зазнає мозолисте тіло протягом життя людини, починаючи від періоду його формування до глибокої старості? Це питання не є однозначним. Відповідь на нього передбачає з'ясування декількох взаємопов'язаних аспектів: по-перше, необхідно простежити зміну форми і розмірів мозолистого тіла за умовними періодами вікової градації; по-друге, потрібно внести поправки на фенотипічні особливості, тобто з'ясувати основні форми і межі індивідуальної мінливості; по-третє, встановити індивідуальні та вікові особливості мієлоархітекτονіки мозолистого тіла.

Проведений аналіз наукової літератури дозволяє говорити про очевидну розбіжність думок і відсутність однозначності при трактуванні деяких положень цієї проблеми. Одні автори вважають, що кількість нервових волокон у мозолистому тілі не змінюється від народження, проте з віком зазнають змін їх розмір, щільність і склад. При цьому при старінні організму вони піддаються атрофії переважно в його передніх і середніх зонах [191]. У той же час інші автори подають дані, згідно з якими щільність нервових волокон у мозолистому тілі новонародженої та дорослої людини

однакова. При чому це рівною мірою стосується як мозолистого тіла малого, так і великого розмірів (маються на увазі індивідуальні варіанти) [181].

Цілеспрямоване вивчення біометрії мозолистого тіла у дітей, здійснене С. Garel і співавт. [145], дозволило встановити інтенсивне зростання мозолистого тіла до 3-річного віку, після чого його ріст сповільнюється або припиняється зовсім. При цьому в перші два роки загальний приріст відбувається за рахунок збільшення переважно його заднього потовщення, тобто валика, а потім, на третьому році життя, воно збільшується за рахунок коліна. Залишається незрозумілим, як ці зміни позначаються на розмірах найдовшого, проміжного між ними, відділу мозолистого тіла – стовбура. Проте ці дані дозволяють встановити, що в інтервалі між 6-8 місяцями і 3-ма роками постнатального життя мозолисте тіло інтенсивно збільшується в розмірах за рахунок процесу мієлінізації переднього та заднього своїх відділів (хоча із цитованих вище робіт такий висновок не виходить). Виникає питання, чи досягає мозолисте тіло в цьому віці (3-х років) свого максимального розміру?

Якщо, за даними деяких дослідників, стабілізація в розвитку великого мозку людини настає приблизно в 21 рік [125], то навряд чи мозолисте тіло упродовж періоду від 3-х до 21-го років може залишатися незмінним, адже маса головного мозку, як уже зазначалося, збільшується переважно за рахунок прогресивного нарощування білої речовини у процесі мієлінізації нервових волокон, певна частина яких належить до комісуральних зв'язків між двома півкулями. Така дефініція дозволяє більш осмислено підійти до проведення аналізу вікових змін мозолистого тіла, які якимось чином повинні проглядатися через різноманітність фенотипічних (індивідуальних) особливостей. Хоча вивчення окресленої проблеми ускладнює й той факт, що ступінь розвиненості мозолистого тіла, на думку деяких авторів, залежить від інтелектуальних особливостей людини. Є й інші чинники, які позначаються на отриманні репрезентативних даних про вікові зміни мозолистого тіла, що,

очевидно, й пояснює суперечність і неоднозначність наявних в літературі даних з цього питання.

Розглядаючи його, корисно пригадати добре відомі факти про тісний взаємозв'язок між розвитком головного мозку і мозкового черепа, а також про повну відповідність їх форм між собою. Як відомо, у внутрішньоутробному періоді саме головний мозок, розвиваючись першим, є провідним при формуванні спочатку перетинково-хрящового, а потім і кісткового черепа, що цілком зумовлене генетичною програмою. Спадковий чинник, звісно, стає визначальним для подальшого синхронного розвитку головного мозку і черепа, проте після народження, у період активного зростання, їх формоутворення залежить ще й від цілої низки зовнішніх чинників, серед яких не виключаються і суто механічні дії, що позначаються на формі черепа та призводять до конформної зміни головного мозку. Найбільш яскравим прикладом таких змін є різноманітні штучні деформації голови у деяких племен первісних людей, що проводяться за допомогою накладення спеціальних пов'язок у дитинстві.

Достатні дані про зміну мозкового відділу черепа в найактивніший час його розвитку містяться у фундаментальній праці В.П. Вороб'єва [53]. У цьому процесі виділяються три періоди. Перший охоплює термін від народження до 7 років і поділяється, у свою чергу, на наступні підперіоди: від народження до кінця першого року життя, коли череп росте загалом рівномірно, але зростання його відбувається дуже посилено; від 1 до 3 років, при чому в цей час плоска потилиця робиться опуклою, а тім'яна ділянка збільшується; від 3 до 7 років, коли зростання черепа сповільнюється, але сагітальний розмір його збільшується за рахунок сильного росту основи, яка до кінця 7-го року стає розміром як у дорослої людини.

Другий період – від 7 років до статевої зрілості – характеризується різким уповільненням процесу зростання черепа; він відзначається ростом склепіння, який найактивніше відбувається у терміни від 6 до 8 та від 11 до 13 років життя.



У третьому періоді – від статевої зрілості до 25 років – розвивається лобова кістка, мозковий череп у цілому розширюється і поглиблюється. Після цього періоду до глибокої старості спостерігається поступове окостеніння швів із явищами деструктивних процесів, що відбувається в усіх частинах черепа. Слід зазначити, що ці дані в основному співпадають із результатами, отриманими останніми роками за допомогою МРТ-візуалізації [7].

Поданий вище короткий екскурс у морфогенез головного мозку та черепа був зроблений нами не скільки для того, щоб нагадати про добре відомий, досить тісний зв'язок у їх розвитку, а стільки для того, щоб зрозуміти відмінності між такими характеристиками того або іншого анатомічного утворення як форма та розмір; форма зазвичай має схильність до значної варіативності в межах норми та далеко не завжди відповідає розміру, оскільки залежить переважно від несуттєвих зовнішніх чинників впливу [11, 12, 50, 51, 54]. Інакше слід підходити і до розгляду розмірних характеристик анатомічних утворень, оскільки вони в нормі, як правило, безпосередньо залежать від кількісного складу їх структурних елементів. Загалом це стосується мозолистого тіла; якщо його форма в нормі, маючи специфічну конфігурацію поперечного профілю, підвладна деяким змінам залежно від форми головного мозку, а отже, і такій же мозкового черепа, що не позначається на його внутрішній структурі, то його метричні розміри знаходяться в залежності від суттєвих внутрішніх чинників, які пов'язані зі зміною у ньому кількості нервових волокон, їх товщини і ступеня мієлінізації. У проаналізованих нами джерелах, як виявилось, при вивченні морфології мозолистого тіла в його розвитку такий розподіл на суттєві та несуттєві ознаки до уваги не береться. Цей факт, на нашу думку, пояснює існування великої плутанини і суперечливості трактування зазначеного питання в результатах багатьох досліджень.

Окрім того, одними й тими ж авторами подаються взаємовиключні висновки. Наприклад, у роботі В.А. Ardekan та співавт. [141] говориться, що

головний мозок меншого розміру може мати більше мозолисте тіло незалежно від статі. У той же час стверджується, що є чітка лінійна тенденція до збільшення мозолистого тіла з віком. У мозку більшого розміру і мозолисте тіло більше. Неоднозначне трактування цього питання знайшло відображення в роботі Е. Bruner і співавт. [189], де автори вказують, що застосування традиційних метричних підходів допомогло виявити низку відмінностей у формі та розмірах мозолистого тіла, проте ще немає повної упевненості в тому, що ці відмінності можуть бути пов'язані з віком або розмірами головного мозку.

Додаткові відомості про постнатальний розвиток мозолистого тіла ми знаходимо в роботі R. Westerhausen і співавт. «Structural and functional reorganization of the corpus callosum between the age of 6 and 8 years» [274], в якій автори, зіставивши свої дані з результатами інших дослідників, вказують, що мозолисте тіло людини росте постійно упродовж дитинства і підліткового періоду, при чому найбільш активний (критичний за висловом авторів) період його функціонального розвитку спостерігається в проміжок між 6 і 12 роками, а особливо чітких значень він набуває під час статевого дозрівання.

Розмитість і неоднозначність викладу питання щодо вікових перетворень мозолистого тіла людини, про що вказувалося вище, пояснюється багатьма чинниками, основні з яких належать до великої індивідуальної різноманітності, багато в чому залежної від інтелектуальних здібностей людини та її творчих схильностей. На жаль, у літературі, окрім зауваження про дещо більше мозолисте тіло у видатних особистостей порівняно із звичайними людьми, відсутні спроби характеристики вікових змін цього утворення у зазначеному аспекті. Це, швидше за все, можна пояснити тим, що випадкові варіативні вибірки людей, мозок яких підлягав вивченню за допомогою функціональної МРТ, склалися з неоднозначних за психофізіологічним типом індивідуумів, що призводило до розмитості статистичних даних. Мабуть, такого ж роду помилками грішать і результати,

отримані при спробах встановити відмінності розмірних характеристик мозолистого тіла чоловіків і жінок, між якими, з усією очевидністю, існує природна, взаємодоповнююча, психофізіологічна різниця. У літературі існує чимало прикладів подібних досліджень, суперечливість яких не дозволяє нам говорити про істинність чи хибність їх результатів [241, 242, 256, 257, 261, 267]. Ми не вважаємо за потрібне розглядати всі їх детально, зупинимося лише на роботі Е. Luders і співавт. «The development of the corpus callosum in the healthy human brain» [221], у якій авторами досить докладно розглянуті питання, що нас цікавлять. Так, у ній вказано, що структура мозолистого тіла змінюється упродовж усього життя, але найбільше у дитинстві та в підлітковому періоді. Дослідження полягало у картируванні процесу розвитку мозолистого тіла і виявленні гендерних відмінностей на основі великої, ретельно відібраної вибірки, що складалася із здорових дітей і підлітків віком від 5 до 18 років. Автори нагадують, що загальна кількість нервових волокон мозолистого тіла закладається при народженні, проте упродовж життя у ньому продовжують відбуватися структурні зміни, головним чином за рахунок мієлінізації аксонів, їх перенаправлення і прунінгу, під яким розуміється процес проріджування нервових волокон, тобто позбавлення від їх надмірної кількості, що є цілком закономірним у ході формування міжнейрональних зв'язків у головному мозку в стані розвитку. Це положення ми повинні узяти до відома.

Згідно з даними цитованих авторів, у хлопчиків і дівчаток у віці 5-6 років товщина мозолистого тіла практично однакова; її максимальне значення складає 8-10 мм, що може служити вихідною величиною при вивченні міжстатевої розбіжності його розмірних характеристик із віком. У цілому при подальшому розвитку товщина мозолистого тіла збільшується за рахунок парціального приросту в різних його відділах. Найпомітніший приріст у товщині спостерігається переважно в задніх відділах мозолистого тіла, але з деякою відносною міжстатевою варіативністю. Так, у мозолистому тілі хлопчиків відбувається потовщення валика (приріст складає приблизно

2 мм) і дзьоба, тоді як у дівчаток – валика (при тих же показниках приросту) і переднього відділу стовбура.

Цікавим є факт, що у підлітків 17-18 років товщина мозолистого тіла стає меншою від вихідних значень (у порівнянні з 5-6 літнім віком), що відбувається через потоншення дзьоба і перешийка як у хлопчиків, так і у дівчаток. Але все ж таки за рахунок інших відділів мозолисте тіло з віком додає в розмірах. При цьому почергово відбувається активація зростання різних ділянок мозолистого тіла з відмінними його профілями у хлопчиків і дівчаток. Наприклад, особливі темпи зростання перешийка у дівчаток спостерігаються у віці 9-10 років, тоді як у хлопчиків – у віці 11-12 років.

Даючи загальну оцінку розвитку мозолистого тіла, автори погоджуються з думкою інших дослідників про те, що його дозрівання має передньо-задній (ростро-каудальний) градієнт, що дещо суперечить їх власним фактичним даним і мимоволі викликає питання: про який процес формування мозолистого тіла йде мова. Адже, як уже зазначалося, згідно із загальноприйнятим уявленням у розвитку мозолистого тіла правомірно виділяють два періоди, перший із яких починається на 3-му місяці внутрішньоутробного життя і закінчується приблизно трьома роками постнатального життя, коли мозолисте тіло набуває повноти пророслих через нього з протилежних півкуль аксонів. При чому цей процес кількісного наростання відростків нервових клітин має передньо-задній вектор, тобто від дзьоба до валика. І лише після цього починається другий період, що знаменує собою процес мієлінізації аксонів, але вектор його має зворотний напрямок – від валика до ростральної частини мозолистого тіла, що за логікою і повинно визначати увесь постнатальний період його розвитку. Подані ж авторами факти не зовсім вкладаються у таку сувору послідовність подій. Хоча спочатку вони свідчать про те, що у віці 9-10 років (у дівчаток) і 11-12 років (у хлопчиків) розвиток задніх відділів мозолистого тіла починає домінувати над розвитком передніх відділів, проте вже у віці 15-16 років (у дівчат) і 17-18 років (у юнаків) спостерігається більш виражене зростання передніх

ділянок. Із цього стає незрозумілим, чому авторам довелося посылатися на думку інших дослідників про передньо-задній градієнт розвитку мозолистого тіла в постнатальному періоді, коли їх дані свідчать про зовсім зворотній процес.

Як бачимо, збільшення розмірів мозолистого тіла у хлопчиків відбувається на 1-2 роки пізніше, ніж у дівчаток. Це відставання у хлопчиків пов'язують із піковим збільшенням об'ємів сірої речовини у скроневій та тім'яній частках і розвитком нейронних зв'язків, що відповідають за асоціативне мислення та мовні функції, вже після того, як діти почали навчання у школі. Автори вказують, що активне зростання білої речовини і мозолистого тіла до 13-річного віку свідчить на користь гіпотези про існування критичного періоду, впродовж якого відбувається засвоєння рідної мови і закінчення якого припадає на підлітковий вік. Починаючи з 17-18 років спостерігається зменшення перешийка мозолистого тіла, ймовірно, за рахунок прунінга нервових волокон, які сполучають центри слуху й мови, що призводить до зменшення міжпівкульних взаємозв'язків у наслідок того, що мовні функції стають усе більш латералізованими. Від себе додамо, що це необхідно розуміти як підвищення функціональної асиметрії між двома півкулями.

На завершення розглянемо подані авторами цитованої вище роботи дані, згідно з якими мовна міжпівкульна асиметрія неухильно наростає в період від 5 до 20 років, стабілізується у віці від 20 до 25 років і поступово зменшується у міру старіння організму.

Викладений вище огляд літератури можна звести до наступних основних положень.

1. Плащовий відділ півкуль великого мозку не є одноманітним за функцією і будовою. У ньому виділяється декілька формацій, кожна з яких знаменує собою певну стадію філогенетичного становлення головного мозку в суцесійному ряду гомінід і передуючих їм хребетних тварин. Найдавнішою із них є по суті гіпокамп, що розглядається як давній плащ, –

архіпаліум, який, як і усі інші відділи плаща півкуль, складається з білої та сірої речовин, що є давньою корою – архікортекс. Його доповнюють: склепіння, прозора перегородка, зубчаста звивина, мамілярні тіла, передне таламічне ядро і мигдалеподібне ядро. Комісуральний зв'язок між двома (правим і лівим) гіпокампами здійснюється за допомогою спайки склепіння. Давній плащ відповідає за несвідому, інстинктивну сферу психічної діяльності.

Друга формація виникла як вища надбудова над першою; її виокремлюють під назвою старого плаща – палеопаліум, до якого належать переважно навколонухова зона Брока і склепінчаста звивина, що включає поясну звивину, перешийок, парагіпокампульну звивину і гачок. Її сіра речовина називається старою корою – палеокортекс. Утворення, які здійснюють комісуральні зв'язки у цій сфері, залишаються неконкретизованими.

Ці дві формації – давній і старий плащі – у своїй функціональній спільності розглядаються в якості лімбічного мозку, що є матеріальною основою інстинктивної (несвідомої) поведінки і підсвідомої (забобонної) сфери психічної діяльності.

2. Матеріальною основою для свідомої (розсудливої) сфери психічної діяльності, яка формується у процесі індивідуального життя, є новий плащ – неопаліум, представлений іншою масою плащового відділу півкуль – їх дорсолатеральною ділянкою, сіра речовина якої є новою корою – неокортексом. Міжпівкульні кортикокортикальні зв'язки у цій сфері здійснюються за допомогою мозолистого тіла, що є тим самим спайкою нового плаща.

У більш конкретному розумінні до нової формації плаща (неопаліум) належать лобова, тім'яна, потилична і скронева частки півкулі, які розташовуються навколо склепінчастої звивини й острівця, покриваючи їх.

Сьогодні немає достатніх підстав відносити острівець, що раніше називався центральною часткою півкулі, до нового плаща, оскільки його

близькі відносини з ядрами стріопалідарної системи і зв'язки з утвореннями давнього плаща схиляють до думки про його приналежність до підсвідомої сфери великого мозку. Тому кортикокортикальні зв'язки між протилежними острівцями не числяться у складі мозолистого тіла.

Отже, за допомогою мозолистого тіла здійснюється асоціативна взаємодія між лобовими, тім'яними, потиличними і скроневими частками півкуль великого мозку, які власне і належать до нового плаща, а мозолисте тіло виступає його комісуральним колектором.

3. Подібні у своїй протилежності ліва і права півкулі великого мозку індивідуально незначно різняться між собою за розмірами, масою та рельєфом зовнішньої поверхні. Але при такій індивідуальній варіабельності відзначається ще кілька проявів асиметрії, деяка частина яких корелює з функціональною право- або ліворукістю. Так, у праворуких спостерігається трохи більша розвиненість лівої півкулі з боку центрів мови. Та все ж морфологічна асиметрія між півкулями великого мозку у людини зовсім незначна порівняно з функціональною відмінністю між ними. Функціональна асиметрія півкуль переважно належить до свідомої сфери психічної діяльності людини, яка повністю представлена новою формацією плаща, – неопаліумом. У нормі вона відбувається через принцип взаємодоповнюючої роботи двох півкуль, взаємодія між якими відбувається за допомогою мозолистого тіла. Враховуючи дані літератури про те, що функціональна асиметрія мозку наростає в ранньому віці та нівелюється у міру старіння, можна припустити, що це якимось відбиватиметься і на будові мозолистого тіла. Непрямим аргументом на користь цього факту можуть служити дані про інволютивні зміни головного мозку, що виражаються в невеликій втраті його загальної маси у літніх людей.

4. Згідно з даними літератури через мозолисте тіло проходить близько  $10^6$  нервових волокон, які здійснюють асоціативний зв'язок між нервовими клітинами нової кори обох півкуль. При цьому в коліні мозолистого тіла зімкнуті міжпівкульні волокна лобових часток, у його

стовбурі зосереджені волокна лобових і тім'яних часток, а в потовщенні (валику) сходяться волокна потиличних і задніх відділів скроневих часток. За існуючими уявленнями інтеграція передніх відділів скроневих часток здійснюється окремо за допомогою передньої спайки. Але тут ми вважаємо за можливе зробити зауваження, що передня частина скроневої частки, у білій речовині якої знаходиться мигдалеподібне ядро, належить до енторинальної ділянки, яка є складовою лімбічного мозку. З цих міркувань ми вважаємо не досить обґрунтованим розглядати передню спайку як додаткову частину мозолистого тіла і не включаємо її в план нашого дослідження.

Але в той же час до мозолистого тіла, як єдиного анатомічного утворення, опоясуючи його зверху, відносяться присередні та бічні смуги, які за даними літератури здійснюють асоціативні взаємозв'язки між віддаленими одне від одного утвореннями лімбічного мозку. Окрім того, знизу мозолисте тіло зрощене з тілом мозкового склепіння, яке однозначно належить до сфери лімбічного мозку. Мабуть, цей анатомічний тісний зв'язок між мозолистим тілом і склепінням мозку прямо вказує на асоціативну взаємодію між новою і старою формаціями плащового відділу півкуль великого мозку. Зважаючи на це, при вивченні мієлоархітекtonіки мозолистого тіла потрібно враховувати особливості цих зв'язків, що, на жаль, не було взято до уваги дослідниками і не знайшло свого відображення в літературі.

5. Знаючи, що кіркові центри нового плаща закладаються і поступово формуються в генетично зумовлених зонах неокортексу після народження в процесі накопичення індивідуального досвіду, можна апріорі говорити про вікове збільшення комісуральних зв'язків, що повинне призводити до кількісного нарощування нервових волокон у мозолистому тілі та їх розподілу у відповідному порядку в різних його частинах.

Проте це питання не є таким прямолінійно однозначним. При його розгляді слід враховувати, що в процесі розвитку збільшення розмірних показників великого мозку значно перевищує темпи збільшення мозолистого



тіла. При цьому між темпами їх зростання є ступенева залежність: якщо площа поперечного перерізу мозолистого тіла збільшується з віком шляхом квадратування, то об'єм мозку зводиться до третього ступеня.

6. Вихідною точкою для розвитку мозолистого тіла стає початок 3-го місяця внутрішньоутробного життя, що відповідає початку плодового періоду, коли відбувається зростання і функціональне дозрівання органів (період органогенезу).

Подальший хід його формування полягає в послідовній зміні двох процесів, першим з яких є проростання через це утворення нейритів, що беруть свій початок від нервових клітин кори протилежних півкуль. Поступове кількісне збільшення нейритів у мозолистому тілі в стані розвитку відбувається в передньо-задньому напрямі, тобто від його рострального відділу до валика. Завершується цей процес уже після народження – до 3-го року постнатального життя.

Другий процес, який починається відразу після народження (у перинатальному періоді), полягає в мієлінізації передіснуючих у мозолистому тілі нейритів, що показано нами на діаграмі (рис. 1.6). При цьому, якщо процес кількісного наростання останніх має передньо-задній вектор, то процес їх мієлінізації відбувається у зворотному напрямі від валика до коліна. Відзначимо, що мієлінізація тонких волокон передує мієлінізації товстих.

Таким чином, у розвитку мозолистого тіла виділяються дві стадії: першу можна назвати стадією проліферації нейритів, а другу – стадією їх мієлінізації.

7. Найбільш інтенсивний ріст мозолистого тіла за рахунок процесу мієлінізації волокон спостерігається в інтервалі між 6-8 місяцями і 3 роками постнатального життя. Таким чином, на 3 році постнатального онтогенезу мозолисте тіло отримує повний кількісний склад мієлінізованих нервових волокон. У будь-якому разі про це свідчать дані літератури, отримані переважно за допомогою методу магнітно-резонансної томографії.

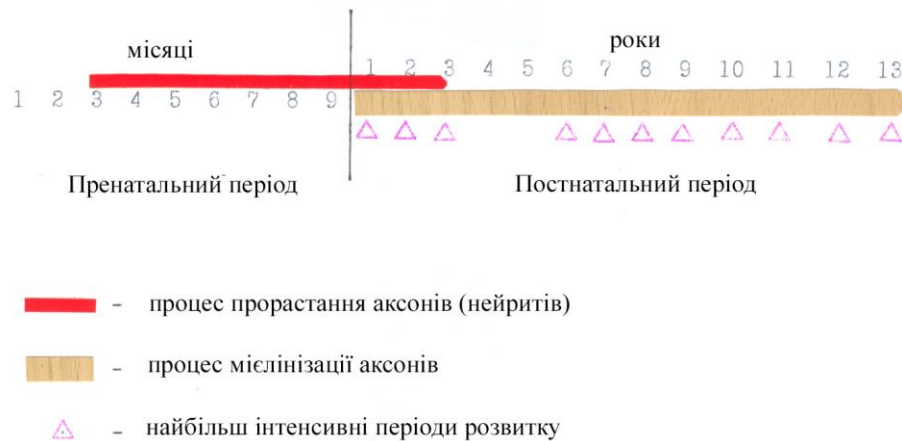


Рис. 1.6. Вікова діаграма процесів формування мозолистого тіла людини.

Цьому положенню відповідають й дані інших досліджень, згідно з якими щільність нервових волокон у мозолистому тілі дитини та дорослої людини однакова, при чому це так само стосується мозолистого тіла як малого, так і великого розмірів.

Але якщо взяти до уваги відомості про те, що в розвитку великого мозку людини стабілізація настає приблизно у 21 рік, то навряд чи упродовж цього часу (з 3 до 21 року) мозолисте тіло може залишатися незмінним, адже маса головного мозку збільшується переважно за рахунок прогресивного нарощування білої речовини в процесі мієлінізації нервових волокон, певна частина яких належить до комісуральних зв'язків між двома півкулями.

8. Незважаючи на неодноразові спроби дослідників отримати та проаналізувати статистично значимі дані про статеві відмінності розмірних характеристик мозолистого тіла у процесі постнатального розвитку, сучасна наука і досі повністю не розв'язала цієї проблеми.

Так, вдалося встановити, що найбільш активного періоду функціонального розвитку мозолисте тіло зазнає в проміжку між 6 і 12 роками, набуваючи більш виразних значень у ході статевого дозрівання. При цьому в хлопчиків і дівчаток у віці 5-6 років товщина його практично однакова; її максимальне значення складає 8-10 мм, що може служити

вихідною величиною при вивченні міжстатевої розбіжності розмірних характеристик мозолистого тіла з віком.

Далі у віці 9-10 років (у дівчаток) і 11-12 років (у хлопчиків) розвиток задніх відділів мозолистого тіла починає домінувати над розвитком передніх відділів; у віці 15-16 років (у дівчат) і 17-18 років (у юнаків) спостерігається більш виражене зростання передніх ділянок мозолистого тіла, що цілком узгоджується з вектором мієлінізації нервових волокон. Отже, збільшення його розмірів у юнаків відбувається на 1-2 роки пізніше, ніж у дівчат. Відзначимо, що з 17-18 років у представників обох статей спостерігається зменшення перешийка мозолистого тіла, ймовірно, за рахунок прунінга нервових волокон, які сполучають центри слуху і мови, що призводить до зменшення міжпівкульних взаємозв'язків у наслідок того, що мовні функції стають усе більш латералізованими. Цим переважно обмежуються відомості літератури з цього питання.

9. Між розвитком мозолистого тіла і зростанням мозкового черепа переважно спостерігається позитивна кореляція, яка стає особливо помітною у періоди від 1 до 3 років, від 3 до 7 років і далі до статевої зрілості. Проте необхідно враховувати, що ці дані повністю свідчать про співвимірний розвиток головного мозку і черепа за рахунок нарощування білої речовини у процесі мієлінізації нервових волокон переважно великого мозку, в якому тільки певна частка належить мозолистому тілу. Але не виключено, що між формою і розмірами мозолистого тіла та мозковим черепом є відповідна залежність.

10. Згідно з даними літератури основними джерелами кровопостачання мозолистого тіла є передні мозкові артерії, які, огинаючи його коліно, прямують паралельно по верхній його поверхні; позаду його потовщення (під потиличними частками) вони анастомозують із гілками задніх мозкових артерій. Ці артерії, як зазначається у джерелах, опоясуючи мозолисте тіло зверху, не супроводжуються венозними судинами.

Венозний відтік крові від мозолистого тіла, за неточними даними, здійснюється венозним руслом, яке локалізоване під мозолистим тілом та належить переважно до судинно-епітеліального покриву та судинного сплетення третього шлуночку, звідки кров відтікає до великої вени мозку.

У такому разі, якщо артерії розташовуються поверх мозолистого тіла, а вени – переважно знизу, то їх гілки, проникаючи в мозолисте тіло, повинні мати зустрічний напрямок, формуючи у його товщі розгалужену мережу загального гемомікроциркуляторного русла, через яке циркуляція крові матиме проточний низхідний вектор, що нагадує порталну форму кровообігу. Але сьогодні питання про принцип конструктивної організації гемомікроциркуляторного русла мозолистого тіла залишається відкритим.

11. З'ясування його пов'язане з найважливішою проблемою неврології – проблемою гематоенцефалічного бар'єру. Під ним розуміється розмежувальний, вибірково проникний комплекс тканинних мікроструктур, розташований між кров'ю, що протікає обмінними мікросудинами, і тілами нервових клітин, які знаходяться в сірій речовині головного мозку. Тому в конкретному випадку поняття гематоенцефалічного бар'єру неправомірно буде застосовувати до білої речовини, що складається з щільної сукупності мієлінізованих нервових волокон, де проміжною ланкою між кровоносними капілярами і відростками нервових клітин є не астроцити, як в сірій речовині, а олігодендроцити, відростки яких утворюють мієлінові оболонки для декількох аксонів. У зв'язку з цим необхідно з'ясувати характер розосередження обмінних мікросудин нервовими волокнами, а також визначити, яким є тип цих мікросудин і як виражений їх периваскулярний простір (якщо він має місце). Відповіді на ці питання в літературі відсутні; тому одним із завдань вивчення мікроскопічної будови мозолистого тіла є їх з'ясування.

Серед викладених у завершальному розділі огляду літератури основних положень необхідно виділити ті, які відрізняються явною недостатністю знань відносно питання про статевий диморфізм, форму і мікроскопічну

будову мозолистого тіла людини у віковому аспекті, що є темою нашої дисертації. У загальному переліку до них належать останні сім положень, з яких особливою неповнотою знань відрізняються 8, 9, 10 і 11.

На нашу думку, існування проблеми недостатньої кількості конкретних відомостей з цих питань пояснюється односторонньою захопленістю авторів сучасними технічними засобами, що базуються на можливості прямої візуалізації мозолистого тіла за допомогою МРТ-зображень, які при усіх перевагах не мають достатньої роздільної здатності виконувати детальний мікроскопічний аналіз його будови. Очевидно, що цей недолік може бути компенсований за допомогою традиційних морфологічних методів, про які йшла мова на початку останнього розділу огляду літератури.

Матеріали огляду літератури, які представлені у даному розділі дисертації, опубліковані у таких наукових роботах:

1. Боягина О.Д. Принцип устройства большого мозга человека (аналитический обзор литературы) / Ю.П. Костиленко, О.Д. Боягина // Медицина сьогодні і завтра. – 2015. – № 3 (68). – С. 10-18.

2. Боягина О.Д. Современные представления о мозолистом теле как о спайке нового плаща / О.Д. Боягина // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2015. – Т. 15, Вип. 3 (51), Ч. 2. – С. 293-299.

3. Боягина О.Д. Методы изучения мозолистого тела (аналитический обзор литературы) / О.Д. Боягина // Экспериментальна і клінічна медицина. – 2015. – № 4 (69). – С. 5-9.

4. Боягина О.Д. Представления о симметрии и асимметрии строения и функции полушарий большого мозга человека согласно данным литературы / О.Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 1 (124). – С. 10-14.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Робота виконана на підставі аналізу результатів, отриманих за допомогою різнобічних метричних і морфологічних методів вивчення репрезентативної вибірки магнітно-резонансних томографічних зображень у двох проекціях (бічній і горизонтальній) голови людей зрілого віку (чоловіків і жінок), а також натуральних анатомічних препаратів мозолистого тіла людей обох статей за віковою градацією, починаючи з I періоду зрілого віку та закінчуючи старечим віком. Для класифікації матеріалу була використана вікова періодизація, прийнята на VII Всесоюзній конференції з проблем вікової морфології, фізіології та біохімії АПН СРСР (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

#### Кількісний розподіл матеріалу за віковими групами

	Стать	Вікові групи			
		Зрілий вік, I період	Зрілий вік, II період	Похилий вік	Старечий вік
МРТ- зображення	Ч	-	20	-	-
	Ж	-	20	-	-
Анатомічні препарати	Ч	20	25	20	-
	Ж	12	19	24	24

Основою для отримання відправних еталонних даних про метричні параметри мозолистого тіла та їх співвідношення з основними краніометричними показниками в період сформованого морфофізіологічного стану головного мозку людини служили магнітно-резонансні томографічні знімки (МРТ-зображення), тобто цим ми винайшли можливість одержати

відомості про мозолисте тіло в прижиттєвому стані на відміну від посмертно взятих його препаратів.

Необхідні для цього МРТ-зображення були зроблені на базі Європейського радіологічного центру ТОВ «Гемо Медика Харків».

Методи дослідження:

1. Анатомічне мікропрепарування під контролем лупи.
2. Вивчення МРТ-зображень мозолистого тіла.
3. Морфометрія зі статистичною обробкою отриманих цифрових даних.
4. Методи гістологічних досліджень.
5. Отримання напівтонких зрізів із залитих у епоксидну смолу тканин згідно існуючих у практиці трансмісійної електронної мікроскопії вимог.
6. Метод пластинації тотальних препаратів мозолистого тіла з подальшим виготовленням полірованих шліфів різної товщини з їх наступним забарвленням відповідними реактивами.
7. Фотодокументування макро-, мікроскопічних препаратів з виконанням на їх основі інтерпретуючих анатомічних рисунків.

## **2.1. Спосіб морфометричного аналізу форми мозолистого тіла за МРТ-зображеннями і стосовно до його натуральних препаратів**

У огляді літератури ми ознайомилися із запропонованим принципом вимірів мозолистого тіла на основі МРТ-зображень його серединного профілю, який зводиться до простих лінійних вимірів товщини коліна, трьох відділів стовбура (переднього, середнього та заднього) та валика. Застосування цього методу також передбачає обчислення довжини мозолистого тіла (відстань між його найпереднішою та найзаднішою точками) та його висоти (відстань між прямою, що сполучає нижні точки коліна та валика, і верхньою точкою стовбура) [111]. Дійсно, нарізно та у своїй сумарності вказані розмірні значення дають можливість встановити

статеві відмінності та вікові зміни мозолистого тіла як за його окремими топографічними зонами, так і в цілому. І все-таки цей підхід є занадто тривіальним, оскільки не базується на попередньому геометричному аналізі поперечного профілю мозолистого тіла, який також здатен дати деяку додаткову інформацію. Тому в своїй роботі ми спробували підійти до опису поперечного профілю мозолистого тіла саме з точки зору геометричного аналізу.

Загальна форма міжпівкульного бічного профілю мозолистого тіла має складні геометричні контури, які облямовані двома замкнутими (у ділянці дзьоба і валика) дугоподібними колами, кожне з яких є плавним лекальним поєднанням кривих ліній із різним радіусом кола. Тому її аналіз вимагає використання відносно умовних, сумісних із формою, координат. Найбільш придатними для цього виявляються прямокутні координати, при яких вихідні точки, використовувані для вимірів, визначаються відстанню між ними по прямих лініях.

Тому контурний профіль мозолистого тіла ми вписуємо в межі нерівностороннього прямокутника, довгі сторони якого дорівнюють його поздовжньому розміру, а короткі – максимальній висоті його верхньої стовбурової опуклості (рис. 2.1). При цьому нижню довгу сторону ми розглядатимемо під назвою «стягуючої хорди» його двох дугоподібних кіл (верхнього і нижнього), яка, звісно, є коротшою за довжину кожної із цих дуг.

У зв'язку зі складністю цієї геометричної конфігурації проведення морфометричного аналізу мозолистого тіла доводиться обмежити тільки декількома основними розмірними величинами, до яких ми відносимо: 1 – поздовжній розмір по стягуючій хорді (довжина мозолистого тіла); 2 – максимальна висота стовбурової опуклості мозолистого тіла; 3 – товщина мозолистого тіла у ділянці коліна, стовбура (у ділянці максимальної опуклості) та валика.



Використовуючи метричні значення довжини (L) і максимальної висоти (H) опуклості мозолистого тіла, видається можливим вичислити його довжинно-висотний індекс за відомою формулою **Error!**. За значеннями цього індексу визначаються індивідуальні форми, які, ймовірно, розподілятимуться в межах трьох основних, що виділяються нами під назвою «низькоопуклих, середньоопуклих і високоопуклих форм мозолистого тіла».

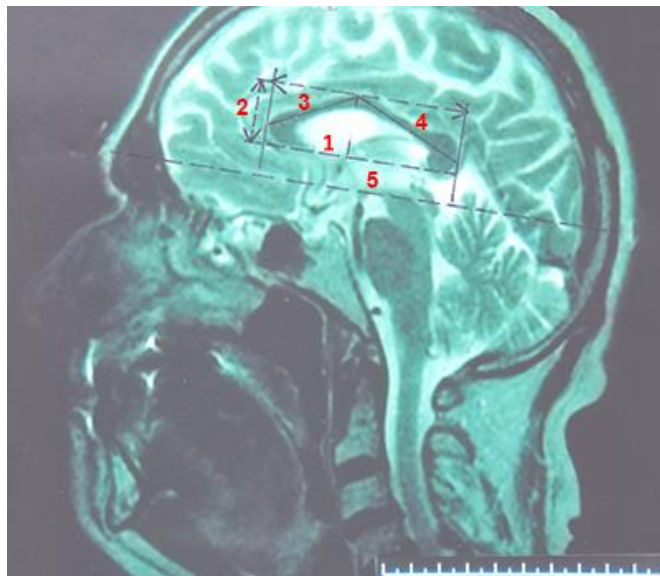


Рис. 2.1. МРТ-зображення голови чоловіка II періоду зрілого віку у бічній проекції; принцип геометричного аналізу форми мозолистого тіла.

1 – поздовжній розмір мозолистого тіла по стягуючій хорді, 2 – максимальна висота стовбурової опуклості мозолистого тіла, 3 – довжина переднього стовбурового стегна, 4 – довжина заднього стовбурового стегна, 5 – найбільший передньо-задній діаметр мозкового черепа.

Внизу справа додається масштабна метрична шкала.

Маючи у розпорядженні ці дані, ми зможемо паралельно співвіднести довжинно-висотний індекс мозолистого тіла з довжинно-широтним показником мозкового черепа даного індивідуума, який легко визначити на основі відомих у краніометрії дистанцій, використовуючи для цього МРТ-зображення, отримані в горизонтальній площині (рис. 2.2). Цілком можливо,

що між тими та іншими показниками виявиться прямий корелятивний зв'язок.

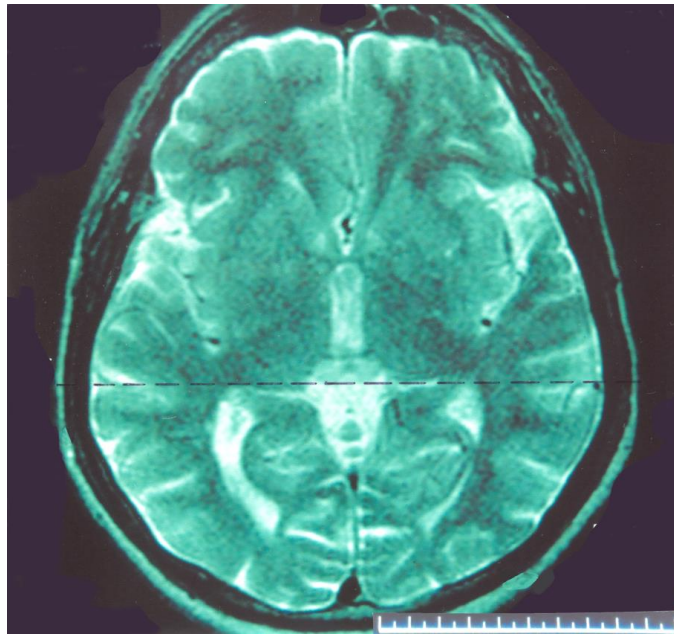


Рис. 2.2. МРТ-зображення голови чоловіка II періоду зрілого віку у горизонтальній проекції. Пунктиром показаний найбільший широтний діаметр мозкового черепа; внизу справа додана масштабна метрична шкала.

Але у ході визначення довжини бічного профілю мозолистого тіла говорити про його справжню довжину складно, оскільки у своєму стовбуровому відділі, приблизно посередині, воно дугоподібно згорблено, утворюючи в місці вигину тупий кут, відкритий донизу. Отже, вершина його кутового вигину відповідає відомій нам максимально піднесеній точці його опуклості, що дає підстави виділити у стовбурі мозолистого тіла два стегна – переднє та заднє, довжину яких можна визначити за двома прямими, що сполучають цю кутову точку з передньо-виступаючою точкою коліна і задньо-виступаючою точкою валика. Цілком очевидно, що сумарна їх довжина буде більше довжини стягуючої хорди, яку можна розглядати як гіпотенузу по відношенню до стегових катетів (рис. 2.1). Таким чином, ми отримаємо додаткові дані про довжину мозолистого тіла, що дозволяє одержати більш точну інформацію про його статеву відмінність, індивідуальну мінливість і вікове перетворення.

Отже, для отримання морфометричної характеристики площинної проекції бічного профілю мозолистого тіла ми пропонуємо нескладний геометричний аналіз, який можна застосовувати не лише для МРТ-зображень, але й для подібного вивчення анатомічних препаратів за макрофотографіями медіальної поверхні півкуль великого мозку (рис. 2.3). Тим самим ми маємо можливість з'ясувати, наскільки відрізняється мозолисте тіло в прижиттєвому стані від посмертного за наступними координатами:

- 1 – довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді;
- 2 – максимальна висота його стовбурової опуклості;
- 3 – довжина переднього та заднього стовбурових стегон мозолистого тіла та їх сумарне значення;
- 4 – максимальна товщина мозолистого тіла у ділянці його коліна, стовбура та валика.

Перші два метричні значення використовуються для обчислення довжинно-висотного індексу мозолистого тіла, за яким визначається форма мозолистого тіла, яку можна співвіднести з формою мозкового черепа.

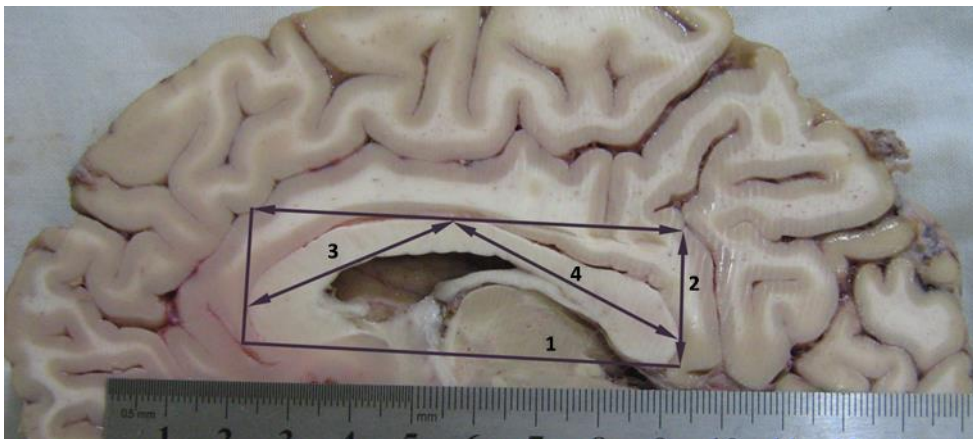


Рис. 2.3. Медіальна поверхня півкульі головного мозку чоловіка II періоду зрілого віку.

1 – поздовжній розмір мозолистого тіла по стягуючій хорді; 2 – максимальна висота стовбурової опуклості мозолистого тіла; 3 – довжина переднього стовбурового стегна; 4 – довжина заднього стовбурового стегна.

## **2.2. Методи вивчення анатомічних препаратів мозолистого тіла людини**

Увесь обсяг необхідного матеріалу у вигляді препаратів мозолистого тіла людини був забезпечений завдяки договору між Харківським національним медичним університетом і Харківським обласним бюро судово-медичної експертизи.

Узяття цього матеріалу робилося після традиційної патоанатомічної процедури розкриття мозкового черепа шляхом розпилювання і зняття його склепіння, а також розтину відростків твердої мозкової оболонки та стовбура головного мозку в ділянці великого потиличного отвору. Після фіксації у 10% розчині нейтрального формаліну головний мозок у точному напрямі по поздовжній щілині розрізався на дві півкульні половини так, щоб міжпівкульна частина мозолистого тіла виявилася з боку однієї з півкуль із її подальшим зрізом у вигляді пластинчатого бічного профілю.

Після цього одна півкуля (права або ліва) виставлялася бічною стороною на поверхні столу так, щоб її медіальна поверхня була паралельною площині останньої, і на неї, як було відзначено вище, поміщалася лінійка в поздовжньому напрямі до мозолистого тіла (рис. 2.3). Фотографування проводилося за допомогою цифрової фотокамери, оптична вісь якої орієнтувалася перпендикулярно до поверхні столу за допомогою спеціального штатива. Потім зроблені макрофотографії служили основою для морфометричного аналізу мозолистого тіла описаним вище способом.

Отримані пластинчаті препарати бічного профілю мозолистого тіла використовували надалі за цільовим призначенням, про що буде сказано нижче. Слід відзначити, що усі препарати мозолистого тіла (табл. 2.1) за індивідуальним реєстром розподілені за статтю і чотирма віковими групами, а саме:

1. Зрілий вік, I період (чоловіки 22-35 років, жінки 21-35 років).
2. Зрілий вік, II період (чоловіки 36-60 років, жінки 36-55 років).

3. Похилий вік (чоловіки 61-74 років, жінки 56-74 років).

4. Старечий вік (жінки 75-90 років).

З кожної вікової групи були відібрані по два тотальні препарати мозолистого тіла, призначені для їх епоксидної пластинації, процедура якої описана нижче. Усі інші препарати були піддані процедурі поміщення в парафінові блоки згідно із загальновідомою у гістологічній практиці методикою. Потім із отриманих парафінових блоків були виготовлені серійні зрізи, які забарвлювали гематоксиліном і еозином та за Ван-Гізоном.

Детальніше слід зупинитися на методі епоксидної пластинації, оскільки він ще не знайшов широкого застосування у практиці морфологічних досліджень. Суть цього методу полягає в рівномірному наскрізному просоченні тканинних структур тих або інших анатомічних утворень епоксидною смолою. Щодо гістологічних досліджень епоксидна пластинація була розроблена і впроваджена в практику на кафедрі анатомії людини Української медичної стоматологічної академії (м. Полтава) під керівництвом професора Ю.П. Костиленка [87]. Необхідність у ній виникла у ході пошуку способу отримання напівтонких зрізів, площа яких перевищує ті можливості, що мають у розпорядженні традиційні методи підготовки об'єктів у трансмісійній електронній мікроскопії. Щоб вирішити це завдання автори пішли іншим шляхом, який дозволив обійтися без самої процедури отримання гістологічних зрізів як таких. Він полягає в модифікованій комбінації методів фіксації тканин і поміщення їх в епоксидну смолу (відповідно до вимог трансмісійної електронної мікроскопії) із відомими технічними прийомами виготовлення шліфів. При цьому автори розраховували на задовільний просвітлюючий ефект епоксидної смоли при просоченні нею тканинних структур, через що довелося виключати додаткову фіксацію в чотириокисі осмію, що стосовно мозолистого тіла мало ту позитивність, яка дозволила переглядати під світловим мікроскопом його внутрішню структуру по глибині залягання.

У класичному варіанті для епоксидної пластинації зазвичай використовують спеціально очищені епоксидні смоли типу епон-812, недоліком яких є їх дорожнеча. Тому з метою зниження грошових витрат при виготовленні таких препаратів ми спробували замінити їх значно дешевшими і доступнішими аналогами. У процесі попередніх випробувань цілком придатними для цього виявилися звичайні технічні смоли, які у вільному продажі відомі під назвою епоксидного клею; у своїй практиці ми користувалися епоксидним клеєм марки «Хімконтакт-Епокси», що складається з мономера та отверджувача в окремій розфасовці. При змішуванні щільність їх полімеризації залежить від дозування отверджувача.

Тепер необхідно послідовно розглянути усі етапи використаного нами методу епоксидної пластинації, який відрізняється від подібного аналога заміною дорогої епоксидної смоли епон-812 на дешеву технічну епоксидну смолу.

Перший етап полягає в зневодненні заздалегідь відмитих від фіксатора тотальних препаратів мозолистого тіла, що спочатку досягається проводкою їх за відомою схемою через наростаючу концентрацію спирту до абсолютно чистого. Потім процедура зводиться до заміщення спирту ацетоном і відбувається шляхом двогодинної витримки препаратів у суміші спирт/ацетон у зростаючій концентрації останнього за схемою: 1 – дві частини спирту/одна частина ацетону; 2 – одна частина спирту/дві частини ацетону; 3 – чистий ацетон.

Найвідповідальнішим є другий етап, що полягає в самій епоксидній пластинації препаратів, у ході якої проводиться заміщення в тканинах ацетону епоксидною смолою до повної її полімеризації. Використовувана нами для цього технічна смола на відміну від епон-812 має той істотний недолік, що полімеризація її залежно від температурного режиму може відбуватися значно швидше, тобто чим вище температура, тим швидше відбувається її затвердіння. Тому всю процедуру просочення препаратів технічною епоксидною смолою доводиться проводити в стислі терміни

протягом одного дня в умовах кімнатної температури. При цьому кожна зміна розчину епоксидної смоли в ацетоні має бути забезпечена новою порцією її замісу (мономер+отверджувач). Дослідним шляхом встановлено, що досить якісні результати пластинації досягаються двогодинною витримкою препаратів у суміші ацетон/епоксидна смола за схемою: 1 – три частини ацетону/одна частина смоли; 2 – дві частини ацетону/дві частини смоли; 3 – одна частина ацетону/три частини смоли; 4 – чиста смола.

Наприкінці останньої стадії препарати поміщали в центр заздалегідь підготовлених скляних пластинок відповідного розміру, поверхня яких ізолювалася прокладенням поліетиленової плівки з метою виключення склеювання препарату зі склом. Поверх препарату накладали другу розділювальну поліетиленову прокладку і покривали другим, рівним за форматом до першого, склом. У вигляді такого «сендвіча» препарати стискали за допомогою канцелярських затисків, де вони у процесі остаточної полімеризації набували сплющеної форми, зручної для подальших технічних маніпуляцій при виготовленні пластинчатих шліфів бічних профілів мозолистого тіла.

Після повної полімеризації звільнені від стекол пластиновані препарати мозолистого тіла піддавали остаточній підготовці для вивчення у світловому мікроскопі, яка полягала у щадній шліфовці однієї з його поверхонь на тонкоабразивному наждачному папері, укладеному рівно на скляній опорній основі. Зведення нанівець подряпин досягалося шляхом поліровки на дерев'яній колодці, обклеєній замшевим матеріалом.

Після цього препарати стають доступні для попереднього з ними знайомства у світловому мікроскопі як у світлі, що проходить, так і у відбитому світлі. Але більш виразно їх мікроструктура виявляється при відповідному гістологічному забарвленні. Для цього ми використовували 1% розчин метиленового синього на 1% розчині бури шляхом занурення в нього препарату; час витримки у розчині залежав від багатьох чинників, одним із яких була температура. Тому для прискорення реакції дії барвника

на тканинній структурі іноді доводилося поміщати препарати на декілька хвилин у термостат при температурі  $+50^{\circ}\text{C}$ . Проте деколи зазначена процедура не давала бажаного результату, причиною чого була затертість поверхні тканинних структур епоксидною смолою при поліровці. У такому випадку для позбавлення від неї ми рекомендуємо перед забарвленням витримувати препарати в 1% розчині бури впродовж 10 хвилин при кімнатній температурі, де розчин бури, що має слаболужну реакцію, сприяє поверхневій депластифікації епоксидної смоли.

Забарвлені таким чином препарати спочатку підлягали цілісному макрофотографуванню за допомогою цифрової фотокамери, а потім їх вивчали і фотографували за допомогою біноклярної лупи та світлового мікроскопа «Конус», оснащених цифровою фотоприставкою.

Для того, щоб підвищити розв'язувальну здатність при максимальних збільшеннях світлового мікроскопа з метою детальнішої візуалізації мікроструктур, в окремих випадках ми застосовували прицільне вирізування з пластинованих препаратів мозолистого тіла за допомогою стоматологічного диска сепарації обраних ділянок розміром не більше  $4 \times 4$  мм, які потім служили для отримання напівтонких зрізів, що здійснювалося на ротаційному мікротомі, оснащеному спеціальною приставкою для фіксації скляних ножів. Забарвлення цих зрізів відбувалося на предметних скельцях тим же монохромним барвником (1% розчин метиленового синього на 1% розчині бури). Але для цього з успіхом (при необхідності) можуть бути використані й складніші поліхромні барвники [87].

Отримані парафінові зрізи та пластиновані препарати мозолистого тіла в статевому та віковому їх розмежуванні (табл. 2.1) служили основою для вивчення особливостей мієлоархітектоніки й одночасно використовувалися для метричного аналізу розподілу в ньому за відділами (у ділянці коліна, стовбура та валика) нервових волокон у їх топологічних взаємовідносинах із кровоносними обмінними мікросудинами.



Цей кількісний мікроструктурний (чи мікроморфометричний) аналіз здійснений на основі планіметричного способу підрахунку тканинних структур (у нашому випадку нервових волокон) у встановлених границях обмеженої площі гістологічного препарату. Його метою було визначення щільності зосередження нервових волокон в одиниці площі бічного профілю мозолистого тіла, тобто тієї кількості волокон, які транзитно проходять через нього, зв'язуючи між собою відповідні частки півкуль великого мозку. Паралельно трапилася нагода провести диференційований аналіз нервових волокон за діаметром, а також дистанційний розподіл кровоносних мікросудин.

Для цього з кожної індивідуальної вибірки відповідної вікової групи (за статевим розмежуванням) довільно було обрано по одному гістологічному препарату, під час вивчення якого робилося мікрофотографування (по одному з кожних трьох відділів мозолистого тіла) при одному й тому ж об'єктиві мікроскопа. Потім із електронного носія при одному точно заданому збільшенні було отримано мікрофотографії, формат кожної із яких був у межах початкового фотокадру. Інакше кажучи, усі зроблені мікрофотографії були чітко стандартизовані за візуалізованою площею гістологічного препарату; вони стали дуже зручними для підрахунку в їх межах нервових волокон і часткового розподілу серед них кровоносних мікросудин, а також відстані між ними. Слід відзначити, що абсолютні розмірні значення самої площі мікрофотографій та масштабні координати щодо виміру мікроскопічних утворень здобуті за допомогою окуляр-мікромметра МОВ-1-16.

Математична обробка усіх цифрових даних, отриманих у результаті як макроморфометричних, так і мікроморфометричних методів дослідження, здійснена згідно із загальноприйнятими методами варіаційної статистики з використанням відповідного програмного забезпечення Microsoft Office 2016.

### 2.3. Етичні, правові та метрологічні аспекти

Етичні та правові проблеми дослідження вирішено у межах існуючих Міжнародних конвенцій та законодавства України, принципів біоетики, Закону України «Про трансплантацію органів та інших анатомічних матеріалів» від 16.07.1999 р. №1007-XV, Наказу МОЗ України № 81 від 12.05.1992 р. «Про розвиток та удосконалення патологоанатомічної служби в Україні». Дотримання етичних принципів підтверджено комісією з питань етики та біоетики Харківського національного медичного університету (протокол № 9 від 6 грудня 2017 р.).

Згідно з вищенаведеним нормативно-правовим забезпеченням, у кожному випадку забір об'єктів для анатомічних досліджень відповідав визначеній процедурі забору, транспортування та подальшого збереження.

Метрологія та стандартизація дослідження забезпечена дотриманням вимог до використаного устаткування, обладнання та засобів виміральної техніки з їх періодичною метрологічною перевіркою, що забезпечило високий рівень метрологічного контролю та стандартизації використаного устаткування, водночас із дотриманням вимог щодо деонтологічних та нормативно правових норм при використанні анатомічних об'єктів.

## РОЗДІЛ 3

### ФОРМА ТА РОЗМІРНІ ПОКАЗНИКИ МОЗОЛИСТОГО ТІЛА ЧОЛОВІКІВ І ЖІНОК У ЗРІЛОМУ ВІЦІ ЗА ДАНИМИ МРТ-ЗОБРАЖЕНЬ

Усі існуючі методи морфометричного аналізу серединного розрізу мозолистого тіла, що базуються на елементарних геометричних і математичних принципах, викладені у другому розділі нашої дисертації. Однак, для них характерний загальний принциповий підхід до розв'язання певних завдань, конкретне вираження і кількість яких з'ясовується тільки у ході детального ознайомлення з об'єктом дослідження. Тому ми вирішили, що опису результатів морфометричного аналізу МРТ-зображень сагітального профілю мозолистого тіла повинен передувати виклад основної суті нашого методологічного підходу, а також тих його аспектів, які спочатку не були передбачені, але стали логічним наслідком при більш ретельному аналізі. Окрім того, попереднє ознайомлення з ним необхідне для створення чіткого наскрізного алгоритму послідовного викладу конкретних фактів, узагальнення яких дає можливість скласти цілісне уявлення про особливості індивідуальної варіативності статевого диморфізму мозолистого тіла. Запропонований нижче більш ретельний аналіз морфометричних досліджень продиктований ще й тією обставиною, що в літературі серед авторів відсутня єдина точка зору щодо питання його вікової мінливості та статевої відмінності. До того ж наведені ними дані не відрізняються статистично достовірною переконливістю. Таке становище пояснюється занадто малою розмірною різницею між шуканими змінними параметрами мозолистого тіла при статевому диференціюванні в процесі індивідуального розвитку. Також можна сказати, що сагітальний профіль мозолистого тіла характеризується розмитими контурами, які недостатньо вирізняються за допомогою магнітно-

резонансної томографії через її малу роздільну здатність, що не береться до уваги багатьма дослідниками.

Враховуючи викладене вище, відзначимо, що наше дослідження здійснено в наступних цілях: по-перше, отримати загальне уявлення про форму прижиттєвого стану сагітального профілю міжпівкульної частини мозолистого тіла в період стабільного стану головного мозку людини; по-друге, встановити, чи є в цій віковій групі якісь морфометричні ознаки його статевої відмінності; по-третє, отримати відправні (початкові) дані про проміжний морфологічний образ мозолистого тіла між періодом його формування і подальшим періодом інволютивних змін; по-четверте, встановити ступінь його посмертних змін і деформації препаратів при їх фіксації у формаліні.

Окрім того, МРТ-зображення дозволили також з'ясувати, чи є якась залежність форми і розмірів мозолистого тіла від краніометричних показників.

Слід зазначити, що на відміну від використовуваних у літературі аналогів наші методи відрізняються нововведенням: вони розраховані на отримання не лише дистанційних лінійних показників, але і планіметричних характеристик. На жаль, спосіб планіметричного аналізу обмежується тільки загальною, сумарною площею поперечного профілю мозолистого тіла через те, що він морфологічно не піддається чіткому розподілу на відомі анатомічні відділи, які є досить умовними топографічними зонами при картируванні нервових волокон, що транзитно сполучають певні кіркові центри протилежних півкуль великого мозку.

Здійснення планіметричного аналізу всієї площі поперечного профілю мозолистого тіла вимагало чіткого окреслення його зовнішнього контуру за допомогою окружної (безперервної) замкнутої лінії, яка є плавним поєднанням кривих із різним радіусом кола (рис. 3.1). Ця дія була виконана за допомогою програмного забезпечення RadiAnt Dicom Viewer і Adobe Photoshop CS6 Extended. Одночасно випала можливість визначити сумарну

довжину цього замкнутого кола, початковим, термінальним орієнтиром відліку для чого в принципі може служити будь-яка точка на ньому. Проте серед них найбільш чітко злокалізованою є та, яка знаходиться в місці переходу дзьоба в термінальну пластинку мозолистого тіла, виявляючись пунктом формального зімкнення двох (верхнього та нижнього) його контурних півкіл, які, поєднуючись, переходять одне в одне по малому півколу валика. Таким чином, це повне замкнуте коло окреслює межі мозолистого тіла, що в контурному фігурному зображенні на площині має вигляд досить складної двомірної форми, яку можна спростити шляхом топологічного перетворення у відомі геометричні фігури, такі як трикутник, паралелограм або круг. Із деяких міркувань, які стануть зрозумілі пізніше, найбільш відповідною фігурою для вираження показової характеристики мозолистого тіла будемо вважати круг, радіус якого легко розрахувати, якщо нам відома довжина контурного периметра мозолистого тіла, за формулою: **Error!**, тобто радіус круга, ізометричного поперечному профілю мозолистого тіла, дорівнює довжині його периметра поділений на  $6,28 (2\pi)$ .

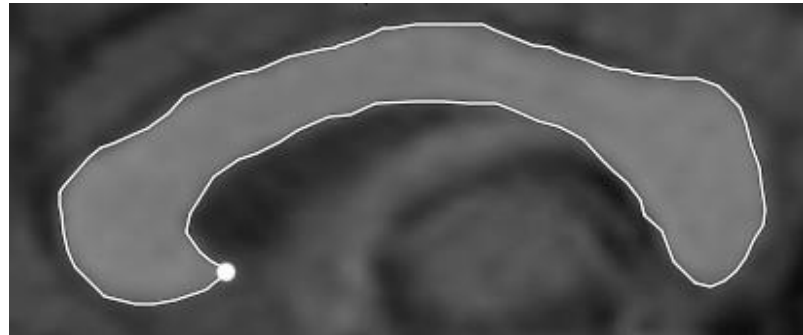


Рис. 3.1. МРТ-зображення мозолистого тіла людини, окреслене по периметру білою лінією, що переривається в термінальній частині дзьоба точкою відліку при вимірюванні довжини його контурної окружності.

Удатися до цього формалізованого перетворення ми вирішили з метою підвищення показової наочності порівняльної оцінки статевої відмінності (статевого диморфізму) загальної площі мозолистого тіла шляхом побудови

діаграм у вигляді поєднання двох (відповідних статі) кіл із певним радіусом. Адже суто цифрові значення його сумарної площі можуть виявитися недостатньо розрізнявальними. До такої думки схиляють дані літератури, згідно з якими трактування питання про статевий диморфізм характеризується існуванням дуже суперечливих суджень. Так, на думку одних авторів мозолисте тіло більше у чоловіків, згідно з другими – у жінок, а треті взагалі не знаходять між ними істотної різниці [141, 151, 241].

У той же час при метричному обчисленні радіусу перетвореного кола мозолистого тіла в усіх представників варіаційних рядів МРТ-зображень чоловіків і жінок стає можливим у порядку їх рядного розташування скласти діаграми, що демонструють характер індивідуального розкиду результуючих розмірних параметрів у випадкових вибірках суб'єктів різної статі.

До додаткових загальних метричних характеристик мозолистого тіла ми відносимо його довжину (ростро-каудальний розмір), яку називаємо «стягуючою хордою», і максимальну висоту його стовлової опуклості. Ураховуючи планіметричну особливість сагітального профілю мозолистого тіла, ми знаходимо три точкових пункти, яких виявляється цілком достатньо, щоб, визначивши прямі дистанції між ними, отримати необхідні метричні параметри для оцінки його загальної форми та співвідношення їх із деякими краніометричними показниками. Першим із цих пунктів є точка коліна, що найбільш виступає наперед; другий пункт – точка валика, що найбільш виступає назад; третім пунктом нам служить точка стовбурової опуклості мозолистого тіла, що найбільш виступає догори. Провівши прямі лінії через вказані пункти, ми вписуємо контурний профіль мозолистого тіла в межі нерівностороннього прямокутника, довгі сторони якого дорівнюють його поздовжньому розміру (ростро-каудальний розмір), який ми називаємо стягуючою хордою мозолистого тіла, а короткі – максимальній висоті його стовбурової опуклості (рис. 2.1). Використовуючи ці варіативні метричні показники, ми отримуємо можливість графічно виразити їх індивідуальний розкид окремо один від одного.

Далі, використовуючи метричні значення довжини по стягуючій хорді та максимальної висоти опуклості мозолистого тіла, ми можемо розрахувати його довжинно-висотний індекс за формулою: **Error!**, значення якого допоможуть визначити варіантну і середньостатистичну форму мозолистого тіла. Ймовірно, ці форми розподілятимуться в межах трьох основних показників, з яких малі, середні та максимальні значення можуть фігурувати під назвами низькоопуклі, середньоопуклі й високоопуклі відповідно. Можна очікувати, що вони якоюсь мірою корелюватимуть із формами мозкового черепа, серед яких, як відомо, виділяються доліхоцефали, мезоцефали і брахіцефали. Але враховуючи, що останні виражають довжинно-широтні співвідношення, а форми мозолистого тіла – довжинно-висотні, то коректне зіставлення між ними можливе тільки за їх поздовжніми розмірами, наприклад, за співвідношенням між довжиною стягуючої хорди мозолистого тіла і поздовжнім розміром мозкового черепа. За наявності відповідних метричних даних неважко побудувати в одному масштабі співвідносні показові графіки, що враховуватимуть як індивідуальний розкид, так і середньостатистичну статеву відмінність між ними.

Поздовжній розмір мозолистого тіла ми не випадково назвали стягуючою хордою, маючи на увазі під цією назвою те, що він не відповідає дійсній довжині мозолистого тіла, адже у своєму стовбурі, приблизно посередині, воно «згорблене», утворюючи в місці вигину тупий кут, відкритий донизу. Отже, вершина кутового вигину мозолистого тіла відповідає відомій нам максимально піднесеній точці його опуклості, що надає можливість виділити в мозолистому тілі два стегна – переднє і заднє, довжину яких можна визначити за двома прямими, що з'єднують цю кутову точку з передньо-виступаючою точкою коліна та задньо-виступаючою точкою валика (рис. 2.1.). Цілком очевидно, що сумарна їх довжина відноситиметься до стягуючої хорди як сума двох катетів до гіпотенузи, тобто вона буде дещо довшою і приблизно дорівнюватиме фактичній довжині мозолистого тіла, що дає нам можливість уточнити відношення його

довжини до поздовжнього розміру мозкового черепа та графічно виразити як індивідуальний розкид, так і статеву відмінність.

Але може виявитися, що переднє та заднє стегна мозолистого тіла не будуть рівними між собою за довжиною. Тоді цікаво буде проаналізувати цю нерівність, поставивши її в залежність від приналежності до певної статі. Можливість такого аналізу ґрунтується на припущенні, що максимальна висота стовбурової опуклості мозолистого тіла, яка визначається завдовжки перпендикуляра, опущеного з його максимально піднесеної точки до стягуючої хорди, є пограничним орієнтиром між двома його відділами, у передньому з яких переважно зосереджені волокна, що сполучають рухові кіркові центри лобових часток, а в задньому відбувається комісуральна взаємодія між сенсорними центрами тім'яної, потиличної та скроневої часток. У такому разі графічно визначена максимальна висота стовбурової опуклості мозолистого тіла може віртуально відповідати центральній (роландовій) борозні півкуль великого мозку, що вимагає доказу. Але як би то не було, ми маємо можливість встановити, чи існує статева залежність у співвідношенні між довжиною заднього і переднього стегон мозолистого тіла, що дозволить судити про статеве переважання комісуральних взаємодій між психомоторною і психосенсорною сферами людини.

Для більшої наочності це можна зобразити графічно у формі трикутних діаграм, для побудови яких нам будуть потрібні наступні величини: довжина стягуючої хорди, як основа загального трикутника, і довжина переднього і заднього стегон мозолистого тіла, як дві його сторони. При цьому максимальна висота його стовбурової опуклості ділитиме загальний трикутник по бісектрисі на два прямокутні трикутники, які у випадку різниці в довжині переднього і заднього стегон будуть між собою нерівними, що в прямокутній системі координат дозволить відмітити ступінь передньо-заднього зміщення висотного кута залежно від статі. Проте якщо це припущення виявиться невірним, зазначений графічний показник зайвим не



буде, оскільки він служитиме для загального вираження форми стовбурової частини сагітального профілю мозолистого тіла.

Але тут необхідно внести поправку на те, що стягуюча хорда знаходиться нижче двох крайніх рострально-каудальних точок мозолистого тіла, у зв'язку з чим кутове відношення до неї двох сторін ми визначаємо за точкою перетину двох кіл, радіуси яких дорівнюють довжині двох стегон відповідно.

Окрім представлених вище загальних розмірних показників мозолистого тіла ми враховуємо також і розміри його товщини, обмежуючись при цьому тільки трьома найбільш змінними за формою та товщиною відділами – ростральним, серединним і каудальним, які фігурують під індексом максимальної товщини коліна, товщини стовбура в місці максимальної його висоти та максимальної товщини валика. Як бачимо, ми вирішили виключити з розгляду так званий перешийок мозолистого тіла, оскільки про цей відділ можна говорити тільки формально, як про невідмітне місце переходу заднього стегна у валик. Деякі автори вдаються і до більш детального морфометричного квантування мозолистого тіла. Проте ми вважаємо, що при такому недостатньому розрізненні МРТ-зображень досягти достовірних метричних відмінностей по усій відстані його подвійного контуру не видається можливим, до того ж для цього відсутні які-небудь об'єктивні орієнтири.

У роботі використано по 20 МРТ-зображень головного мозку в двох взаємно перпендикулярних проекціях (сагітальній та горизонтальній) чоловіків і жінок віком від 36 до 60 років, які варіантно представлені в зведених таблицях (табл. 3.1-3.6). Для морфометричного аналізу серединного (сагітального) профілю мозолистого тіла служили наступні описані вище показники: загальна площа мозолистого тіла та довжина його окружного периметра; довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді; максимальна висота його опуклості; довжина переднього та заднього стегон стовбурового відділу мозолистого тіла; товщина його коліна і валика, а також товщина

стовбура в місці його максимальної висоти (серединний відділ мозолистого тіла). Окрім того, в кожному індивідуальному випадку обчислювався індекс мозкового черепа. Достовірність відмінності між метричними показниками мозолистого тіла чоловіків і жінок підтверджено статистично та продемонстровано за допомогою діаграм.

Але перед тим, як приступити до детального метричного розбору мозолистого тіла, вважаємо за необхідне з'ясувати те, які воно має риси на серединних зображеннях мозку, отриманих за допомогою магнітно-резонансної томографії, і до розміру яких деталей його можна візуалізувати при простому кратному збільшенні первинних знімків.

Привертає увагу той факт, що при повній відповідності формі відомих класичних зображень, отриманих із анатомічних препаратів, мозолисте тіло у форматі МРТ-зображень має все-таки дещо розмиті контури. Окрім того, інші супутні утворення, такі як стовпи склепіння і прозора перегородка, опиняються не повністю у фокусі цього проектного зрізу. Разом із тим зовсім невиразно виявляється дзьобова частина, що зростається з передньою спайкою, яка, будучи суцільним тяжем, що перетинає поздовжню щілину, відрізняється чіткішими контурами свого поперечного розрізу. Тому при такій розмитості контурів самого мозолистого тіла під час проведення його метричних вимірів неминучими будуть деякі погрішності, що необхідно брати до уваги. Зрештою, у загальному масиві статистичних даних при їх порівняльній оцінці ці погрішності будуть зрівнюватися.

При розгляді серединного поздовжнього профілю мозолистого тіла в МРТ-форматі виявляється, що воно має вигляд своєрідної скоби з потовщеннями на кінцевих, передньому і задньому, вигинах. Переднє потовщення, відоме під назвою коліна, є місцем переходу стовбурового відділу в ростральний, який має форму оберненого донизу і назад дзьоба. Поза сумнівом, що цей відділ повністю належить комісуральним зв'язкам між кірковими центрами лобових часток півкуль мозку.

Таблиця 3.1

**Результати планіметричного аналізу серединного профілю  
мозолистого тіла чоловіків у віці від 36 до 60 років**

№ з/п	Вік (роки)	Площа сагітального зрізу мозолистого тіла (мм <sup>2</sup> )	Периметр сагітального зрізу мозолистого тіла (мм)	Значення умовного радіусу (мм)
1	36	626,7	207,9	33,1
2	39	629,7	196,3	31,3
3	40	726,3	221,3	35,2
4	40	629,3	196,5	31,3
5	41	666,1	210,1	33,5
6	41	596,8	200,1	31,9
7	42	729,9	233,4	37,2
8	44	701,8	217,6	34,6
9	46	845,1	216,8	34,5
10	46	654,0	207,6	33,1
11	47	712,9	205,7	32,8
12	48	610,5	196,1	31,2
13	48	573,4	192,4	30,6
14	49	541,4	210,9	33,6
15	50	736,2	198,9	31,7
16	52	557,2	193,4	30,8
17	54	620,0	229,7	36,6
18	54	592,1	184,2	29,3
19	56	784,0	228,7	36,4
20	60	663,5	216,9	34,5
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		659,8 $\pm$ 78,5	208,2 $\pm$ 13,7	33,2 $\pm$ 2,2

Таблиця 3.2

**Результати планіметричного аналізу серединного профілю  
мозолистого тіла жінок у віці від 36 до 55 років**

№ з/п	Вік (роки)	Площа сагітального зрізу мозолистого тіла (мм <sup>2</sup> )	Периметр сагітального зрізу мозолистого тіла (мм)	Значення умовного радіусу (мм)
1	36	584,5	179,1	28,5
2	37	594,9	195,7	31,2
3	38	673,5	192,2	30,6
4	40	855,4	219,7	35,0
5	40	765,6	219,6	35,0
6	41	637,4	200,8	32,0
7	41	597,6	191,0	30,4
8	41	757,1	193,9	30,9
9	43	534,2	181,3	28,9
10	45	511,5	183,2	29,2
11	45	629,1	220,5	35,1
12	46	597,3	182,6	29,1
13	47	799,6	204,1	32,5
14	47	576,2	207,9	33,1
15	51	516,8	192,9	30,7
16	53	669,6	189,4	30,2
17	54	626,3	210,5	33,5
18	55	613,0	192,9	30,7
19	55	615,1	203,1	32,3
20	55	735,5	214,9	34,2
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		644,5±94,4	198,8±13,3	31,7±2,1

Таблиця 3.3

**Результати аналізу поздовжніх розмірів мозолистого тіла та  
мозкового черепа чоловіків у віці від 36 до 60 років**

№ з/п	Вік (роки)	Поздов- жній розмір по стягу- ючій хорді (мм)	Макси- мальна висота стовбу- рової опук- лості (мм)	Дов- жинно- висот- ний індекс мозо- листо- го тіла (%)	Дов- жина перед- нього стовбу- рового стегна (мм)	Дов- жина зад- нього стовбу- рового стегна (мм)	Сума дов- жин (мм)	Дов- жина чере- па (мм)
1	36	70,3	24,2	29,0	38,3	39,5	77,8	182,3
2	39	65,7	24,7	26,6	42,7	32,4	75,1	184,5
3	40	79,2	25,1	31,6	45,5	42,9	88,4	194,4
4	40	70,3	24,0	29,3	40,6	38,2	78,8	190,9
5	41	77,0	25,7	30,0	45,7	41,1	86,8	194,1
6	41	71,5	25,5	28,0	38,2	43,8	82,0	186,7
7	42	76,0	31,3	24,3	46,4	43,7	90,1	183,8
8	44	70,6	27,2	26,0	36,3	42,4	76,7	190,3
9	46	76,2	27,1	28,1	39,1	43,1	82,2	197,5
10	46	71,8	28,3	25,4	38,5	44,4	82,9	187,7
11	47	74,5	25,3	29,4	40,8	40,7	81,5	185,6
12	48	68,3	25,0	27,3	41,7	36,8	78,5	181,8
13	48	66,0	28,4	23,2	39,1	38,3	77,4	181,8
14	49	70,5	25,6	27,5	38,1	40,5	78,6	186,4
15	50	68,7	25,0	27,5	26,2	51,3	77,5	183,0
16	52	71,9	23,0	31,3	38,6	40,4	79,0	197,0
17	54	78,3	30,5	25,7	42,8	48,1	90,9	191,5
18	54	70,1	20,4	34,4	43,0	34,1	77,1	181,0
19	56	79,8	30,0	26,6	43,1	46,6	89,7	191,3
20	60	79,1	22,9	34,5	40,4	43,4	83,8	199,4
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		72,8 $\pm 4,4$	26,0 $\pm 2,7$	28,3 $\pm 3,0$	40,3 $\pm 4,4$	41,6 $\pm 4,5$	81,7 $\pm 5,0$	188,6 $\pm 5,8$

Таблиця 3.4

**Результати аналізу поздовжніх розмірів мозолистого тіла та  
мозкового черепа жінок у віці від 36 до 55 років**

№ з/п	Вік (роки)	Подов- жній розмір по стягу- ючій хорді (мм)	Макси- мальна висота стовбу- рової опук- лості (мм)	Дов- жинно -висот- ний індекс мозо- листо- го тіла (%)	Дов- жина перед- нього стовбу- рового стегна (мм)	Дов- жина зад- нього стовбу- рового стегна (мм)	Сума дов- жин (мм)	Дов- жина чере- па (мм)
1	36	61,6	23,7	26,0	37,4	32,5	69,9	163,2
2	37	66,4	24,6	27,0	38,3	37,4	75,7	177,3
3	38	66,4	24,7	26,9	38,7	36,3	75,0	180,2
4	40	72,3	28,6	25,3	40,1	40,8	80,9	184,2
5	40	68,9	32,8	21,0	39,0	41,4	80,4	190,4
6	41	68,7	24,7	27,8	42,9	34,5	77,4	176,5
7	41	67,8	22,7	29,9	37,5	36,6	74,1	186,0
8	41	66,0	25,8	25,6	38,2	37,3	75,5	165,6
9	43	65,5	22,8	28,7	37,1	37,4	74,5	174,5
10	45	63,4	25,0	25,4	38,3	35,9	74,2	167,2
11	45	70,8	28,2	25,1	40,9	41,4	82,3	186,1
12	46	64,5	21,0	30,7	41,8	29,8	71,6	175,3
13	47	71,4	25,0	28,6	41,0	38,1	79,1	182,1
14	47	67,9	25,9	26,2	40,2	39,2	79,2	183,3
15	51	67,4	23,1	29,2	36,7	38,1	74,8	173,6
16	53	67,3	23,3	28,9	40,3	35,7	76,0	164,4
17	54	75,9	23,5	32,3	41,6	40,7	82,3	180,3
18	55	67,6	25,1	26,9	32,0	41,9	73,9	182,6
19	55	67,7	26,8	25,3	39,1	38,8	77,9	171,2
20	55	72,1	24,4	29,5	39,8	39,6	79,4	177,0
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		68,0 ±3,3	25,1 ±2,6	27,3 ±2,5	39,0 ±2,4	37,7 ±3,1	76,7 ±3,4	177,1 ±7,8

Таблиця 3.5

**Результати аналізу товщинних розмірів мозолистого тіла  
чоловіків у віці від 36 до 60 років**

№ з/п	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)
1	36	9,5	5,2	10,2
2	39	9,4	6,4	10,8
3	40	12,3	7,1	12,1
4	40	11,2	6,0	11,0
5	41	14,1	5,9	11,5
6	41	13,0	7,0	11,5
7	42	10,3	6,8	11,9
8	44	12,2	6,4	9,0
9	46	11,3	7,2	12,8
10	46	12,5	7,0	12,5
11	47	13,7	6,1	13,7
12	48	12,0	6,5	10,7
13	48	9,0	6,4	10,9
14	49	8,2	5,3	11,5
15	50	12,0	6,8	12,8
16	52	11,8	5,3	11,7
17	54	10,3	4,1	12,5
18	54	13,4	6,0	11,4
19	56	12,4	7,3	13,7
20	60	13,2	5,6	11,6
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		11,6±1,7	6,2±0,8	11,7±1,1

Таблиця 3.6

**Результати аналізу товщинних розмірів мозолистого тіла  
жінок у віці від 36 до 55 років**

№ з/п	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)
1	36	10,5	6,8	10,3
2	37	11,1	6,0	10,0
3	38	13,0	7,1	12,0
4	40	13,7	7,5	10,9
5	40	10,9	8,2	12,2
6	41	11,6	6,0	10,3
7	41	12,3	7,1	11,7
8	41	12,0	8,3	13,0
9	43	12,5	6,1	9,3
10	45	10,7	6,2	8,9
11	45	9,4	5,4	9,2
12	46	10,9	5,4	10,8
13	47	13,8	7,6	13,1
14	47	8,8	6,2	8,8
15	51	9,6	6,2	9,8
16	53	11,7	8,0	11,5
17	54	12,3	6,3	12,3
18	55	11,8	7,5	11,3
19	55	9,9	5,9	10,4
20	55	12,2	7,1	13,1
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		11,4±1,4	6,7±0,9	10,9±1,4



Що ж до заднього потовщення, яке називається валиком і традиційно розглядається як просте вільне потовщення задньої частини стовбура мозолистого тіла (нагадаємо, що проміжна частина між ними має назву перешийка), то воно на серединних МРТ-зображеннях в одних випадках має форму подвійного потовщення, а в інших – опущену донизу довгасто закруглену форму. Є підстави вважати, що через цей відділ зустрічно замикаються комісуральні зв'язки між кірковими центрами потиличних і скроневих часток півкуль. При чому цілком можливо, що у формі подвійного потовщення заднього відділу мозолистого тіла втілено деяке розділення комісуральних зв'язків між потиличними та скроневими частками. Цілком очевидно, що в цих двох полюсно протилежних потовщеннях (у колінному і валикоподібному) зосереджені найчисленніші сукупності нервових волокон, що забезпечують взаємодію між руховими кірковими центрами лобових часток (у ділянці коліна) та сенсорними зонами (у ділянці валика) потилично-скроневої ділянки півкуль. Тут доречним буде згадати, що в корі лобових часток локалізуються рухові центри письмової та усної мови, а в корі потилично-скроневої ділянки – зорові центри письмової та слухові центри усної мови, що є прерогативою психічної діяльності людини.

Проміжна ж частина між цими двома протилежними відділами мозолистого тіла, найбільш простерта по довжині, називається, як відомо, його стовбуром. Унаслідок того, що цей відділ порівняно з першими двома має сплющену, приблизно однакову по усій відстані товщину, можна говорити, що у ньому відносно рівномірно розподілені нервові провідники, які здійснюють зв'язок між кірковими центрами частково лобових часток і повністю тім'яних. Цілком можливо, що, як уже зазначалося вище, межею між цими двома сферами є найбільш піднесена частина стовбура мозолистого тіла, яку ми визначили як межу між переднім і заднім його стегнами. Видається цілком обґрунтованим вважати, що в передньому стегні мозолистого тіла зосереджені зв'язки між руховими соматичними центрами, де знаходяться перші нейрони пірамідних шляхів, а в задньому стегні мають

місце комісуральні зв'язки між центрами м'язово-суглобової та шкірної чутливості. Якщо це так, то найбільш піднесене місце стовбура мозолистого тіла вважатиметься граничним орієнтиром між його руховою і соматосенсорною зонами, що може служити відправним пунктом при картуванні у ньому нервових провідників. Окрім того, цей орієнтовний пункт, за допомогою якого ми визначаємо лінійний розмір висоти мозолистого тіла, можна проектно співвіднести з розташуванням на верхньолатеральній поверхні півкуль центральної (роландової) борозни, яка, як відомо, є межею між лобовою та тім'яною частками.

При вищевикладеному розкладі комісуральних шляхів, що проходять транзитно через мозолисте тіло, у ньому не залишається місця для подібних зв'язків між кірковими представництвами нюхового та смакового аналізаторів, хоча вони фігурують при картуванні нервових провідників за допомогою функціональної МРТ-методики у деяких авторів [186]. Зараз ми не маємо достатніх підстав для недовіри до результатів їх досліджень, але вони все ж таки суперечать фундаментальним даним про локалізацію кіркових центрів цих специфічних органів чутливості в парагіпокампальній частині та гачку склепінчастої звивини, що, як відомо, належить до лімбічного мозку, який не має прямих комісуральних зв'язків через мозолисте тіло. Проте, якщо врахувати, що з нижньою поверхнею мозолистого тіла (у ділянці заднього його стегна) зрощене тіло та ніжки мозкового склепіння, що належить повністю лімбічному мозку, то стає зрозумілим, яким чином нюхові та смакові волокна опиняються у складі мозолистого тіла. У огляді літератури ми відзначали той факт, що питання про анатомічні утворення, за допомогою яких здійснюється асоціативний зв'язок між лімбічним мозком і кірковими центрами нового плаща, у роботах, присвячених вивченню мозолистого тіла, не розглядається взагалі. Тому ми вважаємо за необхідне вказати, що мозолисте тіло завдяки його тісній спайці з мозковим склепінням слід розглядати як загальний комісуральний колектор у здійсненні зв'язків між підсвідомою і свідомою

сферами психічної діяльності людини, що потребує врахування при вивченні його мікроскопічної будови.

При вивченні сагітальних МРТ-зображень головного мозку в цьому відношенні випадає нагода наочно переконатися, що загальний контур мозкового склепіння у вигляді дугоподібної смуги, починаючись біля термінальної пластинки, огинає стовбур головного мозку та під гострим кутом закінчується в мозолистому тілі на межі між його заднім стегном і потовщенням, тобто в ділянці перешийка. Із цього виявляється, що нервові волокна із ніжок мозкового склепіння опиняються у складі спленіального відділу мозолистого тіла, де вони і відстежуються зазначеними вище авторами за допомогою методів функціональної магнітно-резонансної томографії. Оскільки ці нервові провідники, транзитно проходячи через мозолисте тіло та здійснюючи зв'язок між лімбічними центрами та кірковими зонами нового плаща, вступають у мозолисте тіло під гострим дотичним кутом, то можна очікувати, що за своїм напрямком у його товщі вони не співпадатимуть із іншими нервовими волокнами, а тому їх можна буде віддиференціювати на гістологічних зрізах, що нам належить перевірити у подальших дослідженнях.

Наприкінці слід відзначити, що при простому кратному збільшенні первинних МРТ-зображень мозолисте тіло, розмірно зростаючи, поступово втрачає виразність своїх зовнішніх контурів, у межах яких його речовина залишається гомогенною (рис. 3.1), без появи яких-небудь структурних деталей. Це свідчить про низьку роздільну оптичну здатність магнітно-резонансної томографії, яка дозволяє таким чином прижиттєво візуалізувати шукані анатомічні утворення головного мозку тільки на макроскопічному рівні досліджень. Але вказаних можливостей цілком достатньо для вирішення поставлених нами в цьому розділі завдань, які полягають в ознайомленні з особливостями форми мозолистого тіла людини в прижиттєвому стані й отриманні метричних параметрів, відбиваючих його індивідуальну варіабельність і статевий диморфізм.

Для наданої вище загальної (зразкової) характеристики серединного профілю мозолистого тіла насправді характерна у широкому діапазоні індивідуальна варіативність, залежна від фенотипічних особливостей людей, хоча у нормі вона перебуває в межах цієї зразкової форми. При уважному розгляді усіх варіантів МРТ-зображень мозолистого тіла чоловіків і жінок, які фігурують у наших вибірках, можна переконатися, що жоден із них за формою не повторюється. Інакше кажучи, кожен варіант чимось відрізняється від інших. Але можна припустити, що в масі генеральної сукупності повторювальні варіанти його форми повинні мати місце і шляхом розподілу їх можна було б класифікувати. Та все ж ті невеликі вибірки, які ми маємо в розпорядженні, дозволяють виявити схожі форми за низкою окремих морфологічних ознак. Емпіричний аналіз показав, що мінливість мозолистого тіла залежить від наступних змінних ознак:

- 1 – свого зовнішнього абрису (зовнішнього контуру);
- 2 – індексу відношення між максимальною висотою та довжиною по стягуючій хорді;
- 3 – товщині його стовбура;
- 4 – форми його дзьобового відділу;
- 5 – форми валика.

Переважає більшість МРТ-зображень мозолистого тіла чоловіків і жінок демонструють, що за зовнішнім контуром його форма відповідає відомому, типовому уявленню про нього (рис.3.1). Але в окремих випадках зустрічаються атипові форми мозолистого тіла, що відрізняються нерівністю контуру його стовбурового відділу за рахунок наявності двох або трьох вигинів (№ 03804 на рис. 3.4 та № 09474 на рис. 3.6). При чому у випадку, коли вигин виявляється на межі між стовбуром і валиком, можна говорити про існування у мозолистому тілі перешийка. Таку форму не слід вважати типовою, оскільки у переважній більшості випадків стовбур мозолистого тіла має плавний перехід у заднє потовщення (валик). Тому виокремлювати відділ мозолистого тіла, що фігурує у літературі під назвою перешийка, слід

умовно. Зрештою, й усі інші відділи цього утворення є не більш як фігуральними, тобто вони не мають між собою чітких топографічних обмежень. Таким чином, за зовнішнім контуром (абрисом) форму мозолистого тіла можна поділити на типову й атипову. Остання зустрічається досить рідко та характеризується звивистістю (нерівністю) сагітального профілю його стовбурового відділу.

За довжинно-висотним індексом, індивідуальні розмірні значення якого подані в таблицях 3.3 і 3.4, усі наявні варіанти МРТ-зображень мозолистого тіла (чоловіків і жінок) можна розділити на три відносно відмінні між собою за формою категорії, які ми визначаємо як низькоопуклі, середньоопуклі та високоопуклі, що дозволяє нам представити їх окремо у трьох підбірках чоловічих і жіночих варіативних груп (рис. 3.2 - 3.7). Безперечним є те, що ця варіативність форми мозолистого тіла безпосередньо залежить від форми мозкового черепа. Проте провідним показником у цій залежності слід вважати тільки поздовжній розмір останнього. Детальніше така залежність буде розглянута при подальшому аналізі метричних лінійних характеристик мозолистого тіла. Необхідно тільки сказати, що в кожній варіативній вибірці (чоловіків і жінок) зазначені три форми мозолистого тіла розподіляються відносно рівномірно таким чином, що кожна з них складає приблизно 1/3 вибірки.

Виявляється, що мозолисте тіло навіть за зовнішньою візуальною оцінкою, тобто без інструментального виміру, індивідуально відрізняється загальною товщиною стовбурового відділу; і при чому така варіативність більше виражена у жінок. За цією ознакою серед його індивідуальних варіантів можна виділити три форми: тонкостовбурові, середньостовбурові та товстостовбурові. До речі, на це вказують і конкретні метричні показники товщини стовбура, подані у таблицях 3.5 і 3.6.

Індивідуальні форми мозолистого тіла можуть визначатися і за конфігурацією його коліна, яка дуже мінлива однаково як у чоловіків, так і у жінок. Ця мінливість виражається у кривизні вигину мозолистого тіла в

ділянці коліна. За вказаною ознакою можна виділити три основні різновиди мозолистого тіла: 1 – рівномірно півкругло зігнуту форму; 2 – потовщено випнуту наперед форму та 3 – кутасто зігнуту форму. Слід зазначити, що ці форми тільки меншою мірою корелюють з його довжинно-висотним індексом, тобто зі ступенем його стовбурової опуклості.

І нарешті, якщо придивитися до заднього потовщення мозолистого тіла, тобто до валика, то й у цьому відділі можна помітити чимало відмінних індивідуальних рис, які стосуються форми переходу в нього стовбура, а також форми самого потовщення.

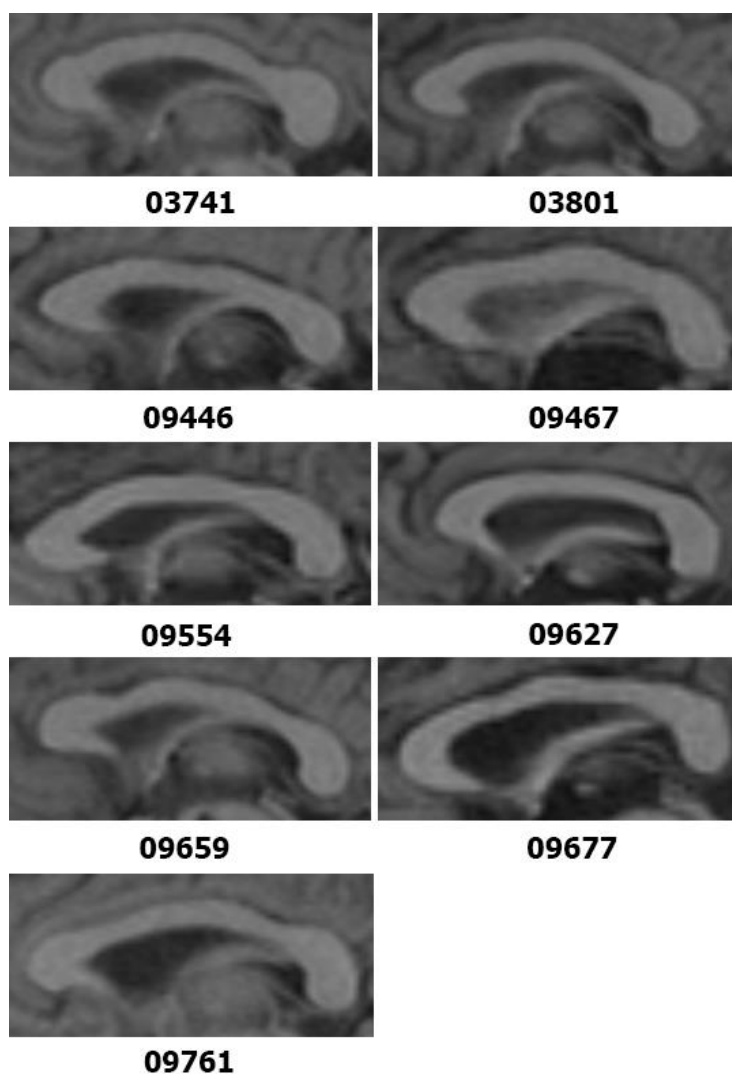


Рис. 3.2. МРТ-зображення низькоопуклих форм мозолистого тіла чоловіків у віці від 36 до 60 років.

Внизу вказан номер реєстрації МРТ-дослідження.

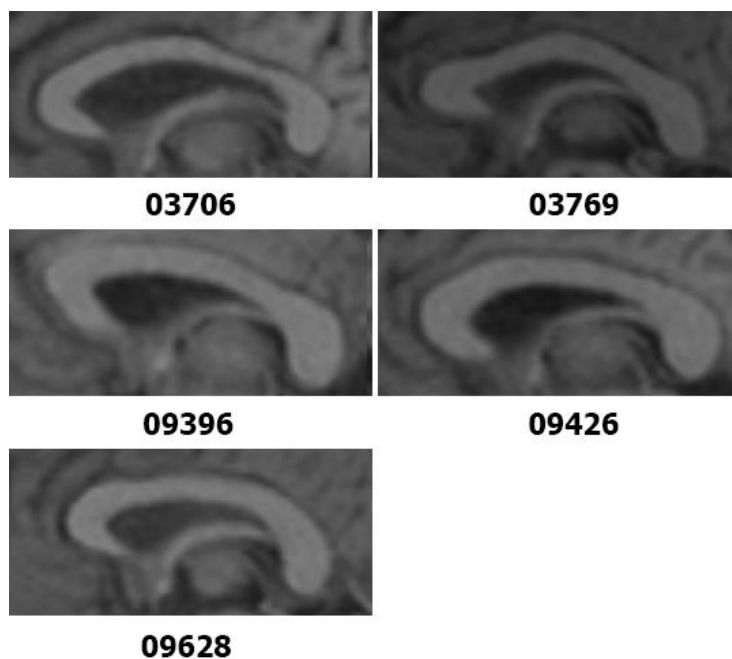


Рис. 3.3. МРТ-зображення середньоопуклих форм мозолистого тіла чоловіків у віці від 36 до 60 років.

Внизу вказан номер реєстрації МРТ-дослідження.

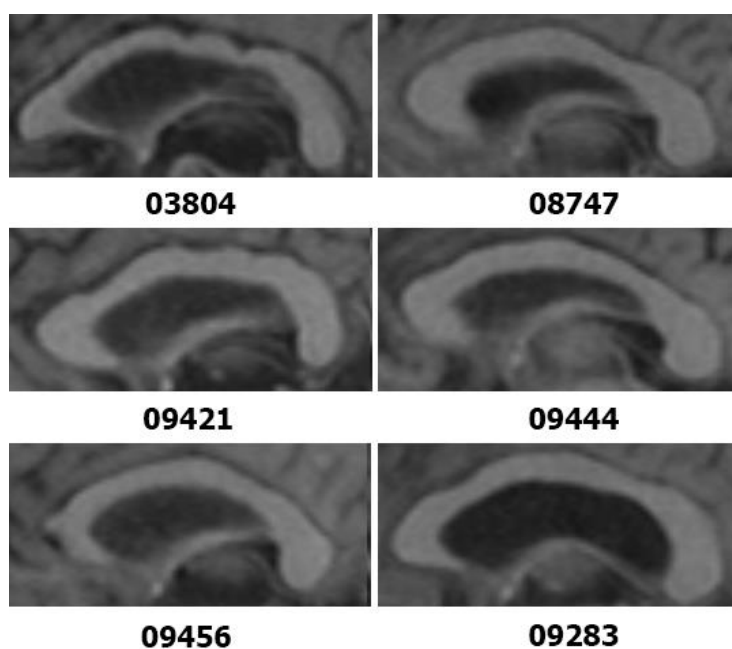


Рис. 3.4. МРТ-зображення високоопуклих форм мозолистого тіла чоловіків у віці від 36 до 60 років.

Внизу вказан номер реєстрації МРТ-дослідження.

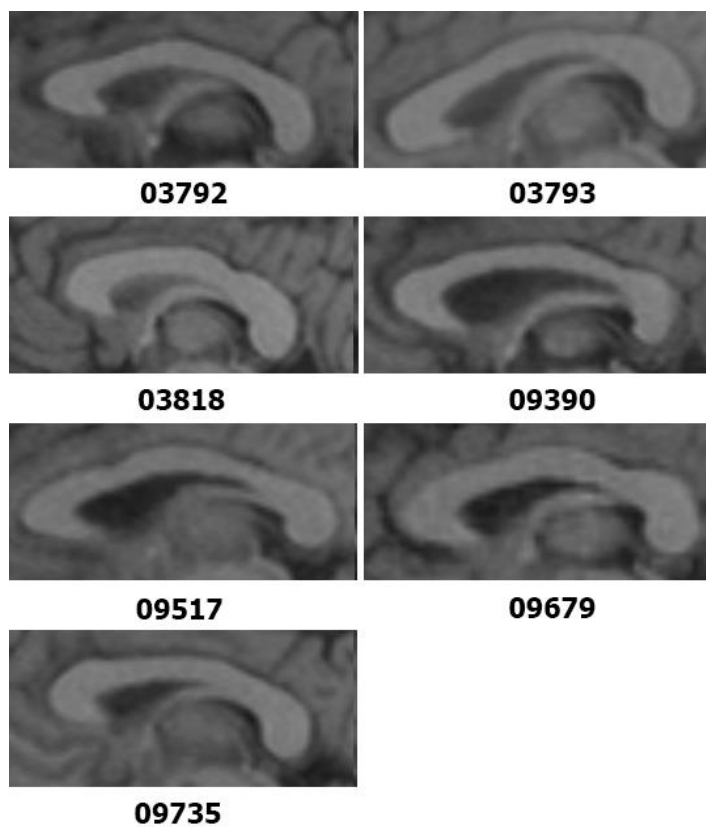


Рис. 3.5. МРТ-зображення низькоопуклих форм мозолистого тіла жінок у віці від 36 до 55 років.

Внизу вказан номер реєстрації МРТ-дослідження.

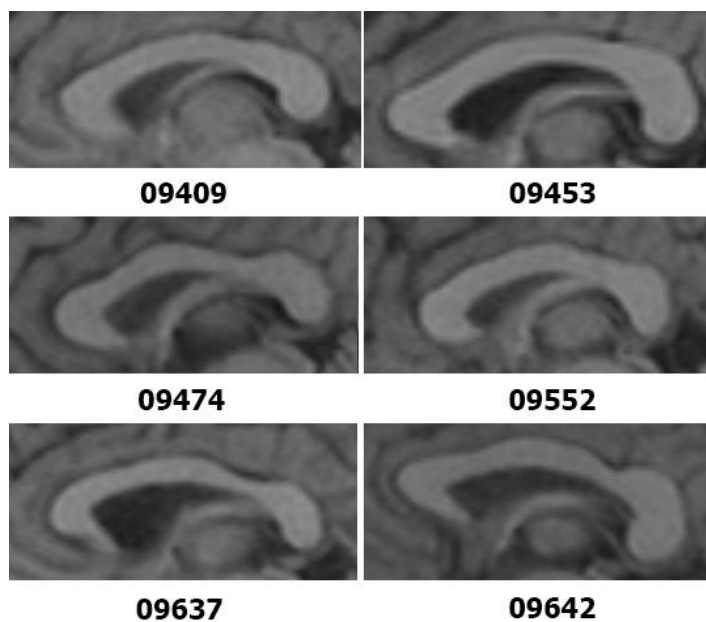


Рис. 3.6. МРТ-зображення середньоопуклих форм мозолистого тіла жінок у віці від 36 до 55 років.

Внизу вказан номер реєстрації МРТ-дослідження.



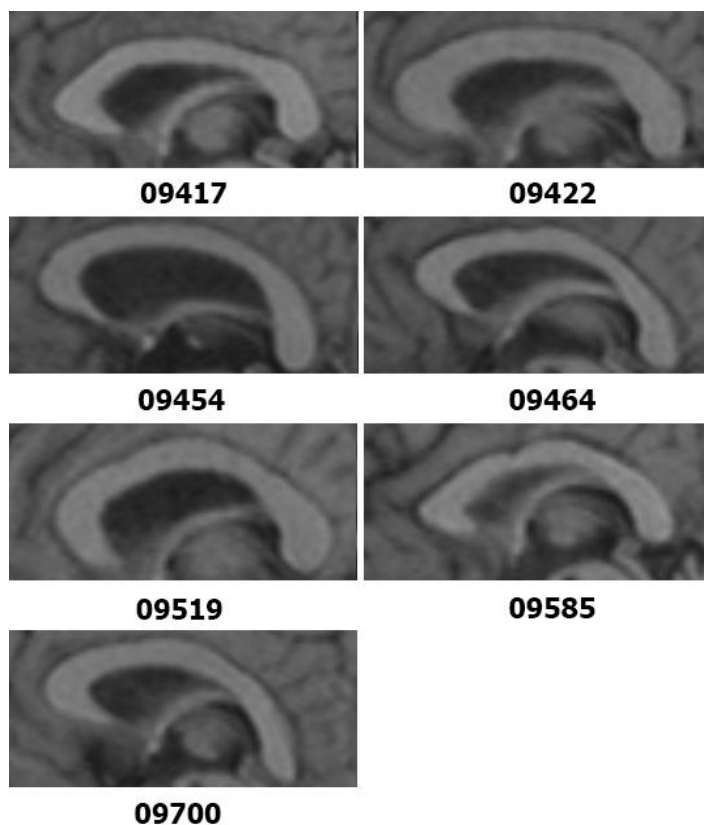


Рис. 3.7. МРТ-зображення високоопуклих форм мозолистого тіла жінок у віці від 36 до 55 років.

Внизу вказан номер реєстрації МРТ-дослідження.

Так, у одних випадках спостерігається плавний перехід стовбура в слабо виражене потовщення, що властиве переважно товстостовбуровій формі мозолистого тіла, а в інших – валик утворюється як його виражене потовщення після невеликого звуження стовбура. Але на особливу увагу заслуговує цей відділ у вигляді подвоєного потовщення, про яке говорилося вище. Враження подвоєності валика виникає унаслідок наявності посередині потовщення невеликої перетяжки або його звуження. При чому в жінок воно зустрічається частіше, ніж у чоловіків (6 проти 3 випадків).

Таким чином, візуальний (описовий) аналіз невеликих вибірок ( $n=20$ ) МРТ-зображень мозолистого тіла чоловіків і жінок здатен надати уявлення про те велике розмаїття його зовнішньої форми у людей (у віці від 36 до 60 років), яка утворюється в результаті різного поєднання п'яти описаних

раніше морфологічних ознак. Звісно, ми не претендуємо при цьому на представлення вичерпного підсумку такого якісного аналізу, тим паче, що він не виключає певного суб'єктивізму. Тому, як відомо, максимальної об'єктивізації подібних питань можна досягти шляхом доповнення якісних морфологічних даних кількісними, що дозволить найбільшим чином наблизитися до інваріантного образу серединного профілю мозолистого тіла людей віком від 36 до 60 років, виявивши при цьому його статевий диморфізм.

Окремо ж надані описові (якісні) дані, які мають осмислено упорядкувати морфометричний аналіз мозолистого тіла, викладаючи розрізнені факти у взаємопов'язаній між ними послідовності. Але для цього усі отримані результати його розмірних характеристик (чоловіків і жінок) необхідно розподілити по трьом категоріям. До першої ми відносимо дані планіметричних досліджень, до другої – лінійні, а до третьої – товщинні параметри, що представлено в трьох парних (порівнювальних за статтю) таблицях (табл. 3.1 – 3.6).

Займемося спочатку розглядом мозолистого тіла чоловіків віком від 36 до 60 років, що становить випадкову вибірку з 20 індивідуумів. Вважаємо, що цей об'єм вибірки є досить представницьким для того, щоб судити про ступінь індивідуального розкиду його метричних параметрів та їх середньостатистичних значень у масштабі генеральної сукупності людей, не страждаючих психічними захворюваннями, оскільки мозолисте тіло у нормі є утворенням стійким за будовою.

При планіметричному аналізі встановлено, що площа серединного профілю мозолистого тіла у чоловіків перебуває в межах від 541,4 до 845,1 мм<sup>2</sup>, з чого виходить, що її середньоарифметичне значення дорівнює  $659,8 \pm 78,5$  мм<sup>2</sup>. Ця площа знаходиться в обхваті його профільного контуру, мінімальна довжина якого дорівнює 184,2 мм, а максимальна – 229,7 мм (середньоарифметичне значення дорівнює  $208,2 \pm 13,7$  мм). Помітно, що варіантний розкид цих показників мозолистого тіла у чоловіків при віковій

градації від 36 до 60 років є чималим, проте за значенням середньої помилки використувувана нами вибірка цілком репрезентативна. Але залишається не зрозумілим, від чого залежить цей розкид: від вікового чинника в зазначеному діапазоні спостережень чи від індивідуальних особливостей суб'єктів? Для вирішення цієї дилеми досить зіставити індивідуальні значення зазначених параметрів із віком суб'єктів. У результаті виявляється, що така залежність повністю відсутня. Тому є підстави говорити, що коливання варіаційного ряду за метричними показниками загальної площі сагітального профілю мозолистого тіла відбиває його персональну видозмінність (індивідуальну варіативність), що і має бути властиво людям із відмінними когнітивними й іншими психічними властивостями, на чому нами було акцентовано увагу в огляді літератури. На жаль, ми не мали можливості упевнитися в наявності такої залежності, оскільки при обстеженні пацієнтів за допомогою МРТ при реєстрації дані про це відсутні. Проте дослідження в такому напрямі становлять великий науковий інтерес і є цілком здійсненними; віднесемо це до завдань на майбутнє.

Морфометричний аналіз статевого диморфізму мозолистого тіла доцільно проводити дробово, зіставляючи між собою однорідні мірні показники, які нарізно рознесені по окремих, як було вказано вище, парних таблицях. Тому черговим завданням для нас став розгляд планіметричних характеристик мозолистого тіла жінок за схожою у віковому відношенні та кількості індивідуальних варіантів із чоловічою вибіркою МРТ-зображень (табл. 3.1 та 3.2).

Планіметричний аналіз показав, що площа серединного профілю мозолистого тіла жінок віком від 36 до 55 років коливається в межах від 511,5 до 855,4 мм<sup>2</sup> (середньоарифметичне значення дорівнює 644,5±94,4 мм<sup>2</sup>). При цьому мінімальна довжина його профільного контуру дорівнює 179,1 мм, а максимальна досягає 220,5 мм (середньоарифметичне значення дорівнює 198,8±13,3 мм).

Звісно, виникає бажання проілюструвати цю індивідуальну варіативність мозолистого тіла та його статевий диморфізм наочно. Цілком очевидно, що за зовнішнім візуальним звіренням мозолистого тіла в повних рядах його МРТ-зображень побачити таку відмінність практично неможливо. Тому ми вдалися до формалізованого способу, що полягає, як було пояснено нами в передмові до цього розділу, в знаходженні числового значення ізометричного радіусу повного кола поперечного профілю мозолистого тіла. Нагадаємо, що він обчислюється шляхом ділення відомої нам довжини його профільного периметра на  $2\pi$ . Для спрощення цього формулювання при подальшому описі ми називатимемо його умовним радіусом мозолистого тіла (УРМТ). У результаті розрахунків встановлено, що у чоловіків величина УРМТ коливається в межах від 29,3 до 37,2 мм (усереднене значення дорівнює  $33,2 \pm 2,2$  мм), тоді як у жінок – від 28,5 до 35,1 мм (усереднене значення дорівнює  $31,7 \pm 2,1$  мм). За цими даними можна накреслити кола, довжина яких відповідатиме довжині контурних периметрів індивідуальних форм мозолистого тіла, а їх площі дорівнюватимуть площам останніх. Інакше кажучи, ці замкнуті кола (круги), побудовані на основі відповідних умовних радіусів, є гомеоморфними відображеннями індивідуальних форм мозолистого тіла.

Обчислені метричні значення УРМТ ми використали для побудови діаграм, що формально ілюструють як індивідуальну варіативність мозолистого тіла, так і усереднені значення його площі чоловіків та жінок у вигляді двох поєднаних кругових профілів, у межах яких уміщується вся множинна сукупність нервових волокон, що здійснюють комісуральний зв'язок між кірковими центрами нового плаща (рис. 3.8).

Ця діаграма є досить показовою для отримання зримого уявлення про ступінь варіативного розкиду планіметричних параметрів мозолистого тіла в межах вікової градації чоловіків і жінок (від 36 до 60 років), що виражено в рядах графічних значень його умовного радіусу. Передусім можна переконатися, що мірні коливання вказаних значень у дорослих людей не

мають ніякої залежності від віку. Це дозволяє з упевненістю говорити, що такий розкид у відомих межах відбиває індивідуальну різноманітність планіметричних розмірів серединного зрізу мозолистого тіла, і ймовірно, свідчить про різну його місткість (ємність) для нервових волокон. Проте може виявитися, що в усіх випадках мозолисте тіло вміщує однакову кількість комісуральних провідників, але при різній щільності скупчення.

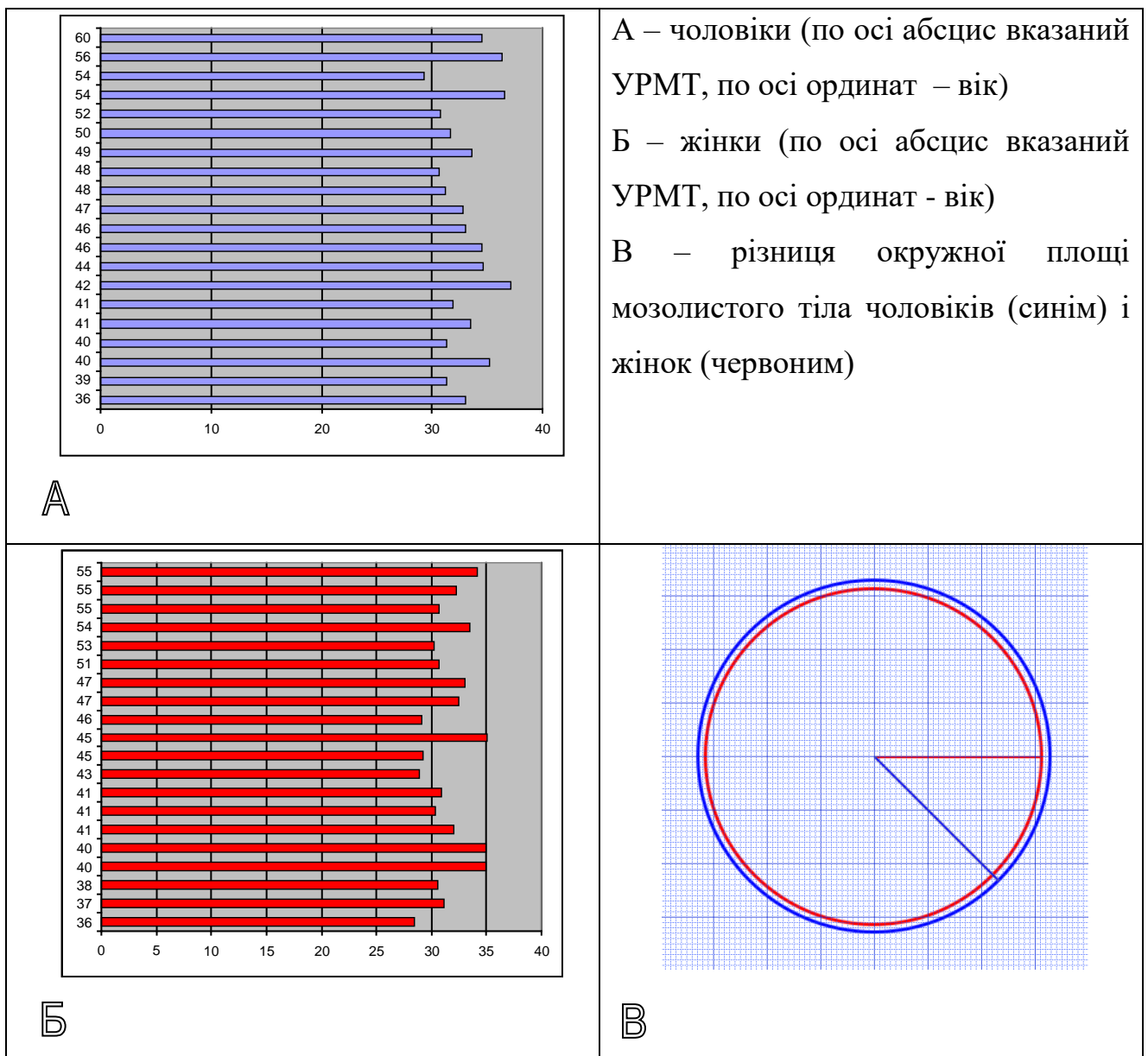


Рис. 3.8 Індивідуальна варіативність і статевий диморфізм серединного профілю мозолистого тіла, формально виражені обчисленням його умовного (ізометричного) радіусу.

Можна також помітити, що індивідуальний розкид цих показників дещо більше виражений у жінок. Так, у чоловіків графічні показники розмірних значень УРМТ наближаються до вершини максимуму в 5 випадках, тоді як в жіночій вибірці – тільки в 1, але при цьому їх значна кількість знаходиться на рівні мінімальних показників чоловіків. Тільки одне таке порівняння дозволяє говорити, що з планіметричної точки зору мозолисте тіло у жінок, відрізняючись більш вираженою варіативністю, поступається в розмірах такому ж чоловіків. Більш наочно в цьому можна переконатися за допомогою діаграми, де в сумірному масштабі представлені окружні площі мозолистого тіла чоловіків і жінок (рис. 3.8). Хоча цей диморфізм і не є значним, проте він статистично достовірний.

Таким чином, уперше, використовуючи планіметричний метод вивчення розмірних характеристик мозолистого тіла за вибірками МРТ-зображень, нам вдалося встановити, що загалом у жінок воно дещо менше, ніж у чоловіків. Але виникають питання: як підходити до інтерпретації цього факту? Чи можна у цьому випадку говорити про якісь статеві психологічні переваги? На нашу думку, ці питання слід розглядати на підставі співвідношення розмірних показників мозолистого тіла та маси головного мозку. Як відомо, маса головного мозку в людей коливається в досить широких межах, приблизно від 900 до 2000 г, що за даними багатьох авторів є крайніми значеннями умовної норми. Тому в принципі в пряму залежність від цього можна поставити індивідуальну варіативність площі серединного розрізу мозолистого тіла. Нагадаємо, що у чоловіків згідно з нашими даними вона знаходиться у межах від 541,4 мм<sup>2</sup> до 845,1 мм<sup>2</sup>, а у жінок – від 511,5 мм<sup>2</sup> до 855,4 мм<sup>2</sup>. При цьому різниця між мінімальним і максимальним показниками у чоловіків дорівнює 303,7 мм<sup>2</sup>, а у жінок – 343,9 мм<sup>2</sup>, що вказує на значну ступінь індивідуальної варіативності мозолистого тіла у жінок та узгоджується з вище наданими даними графічного аналізу. Тепер, якщо співвіднести середню сумарну різницю площі мозолистого тіла чоловіків і жінок із різницею між мінімальною та максимальною масою головного

мозку, то вони знаходитимуться приблизно в співвідношенні 324 мм<sup>2</sup> до 1100 г. Звичайно, порівнювати метричні показники з ваговими не зовсім коректно, проте ми вирішили до цього вдатися, щоб показати правомірність передбачуваного висновку про наявність прямої залежності між індивідуальною варіативністю площі мозолистого тіла та масою головного мозку в людини взагалі. У цьому відношенні було б доцільніше встановити залежність між планіметричними показниками мозолистого тіла і площею неокортексу, дані про яку, на жаль, відсутні у нашому розпорядженні.

У такому ж ракурсі можна розглядати і питання статевого диморфізму мозолистого тіла, беручи до уваги те, що маса головного мозку жінок у середньому дещо поступається масі головного мозку чоловіків (згідно з даними літератури приблизно 1275 г проти 1375 г відповідно). Як бачимо, ця різниця незначна та цілком зіставляювана з планіметричними відмінностями мозолистого тіла чоловіків і жінок. Якщо ж врахувати, що маса головного мозку прямо корелює з масою тіла людини, складаючи приблизно 2%, а також, що між інтелектуальними здібностями та об'ємом головного мозку немає прямої залежності, говорити про якісь суттєві розумові відмінності між чоловіками і жінками на підставі невеликої планіметричної різниці між їх мозолистими тілами не доводиться.

Проте результати наших досліджень однозначно засвідчують видиму наявність прямої залежності між загальним розміром мозолистого тіла та загальним об'ємом головного мозку, що суперечить висновкам деяких дослідників [141, 178, 186, 278], згідно з якими збільшення маси великого мозку, а отже, і його розмірних показників помітно перевищує темпи розмірного збільшення мозолистого тіла в процесі вікового розвитку. До того ж є вказівки, що головний мозок меншого розміру може мати більше мозолисте тіло незалежно від статі. Невизначеність суджень із цього питання призвела до того, що деякими авторами [189] було зроблено висновок про виявлення за допомогою традиційних метричних підходів низки відмінностей у формі та розмірах мозолистого тіла. Проте повна упевненість

у тому, наскільки вони можуть бути пов'язані з віком або розмірами головного мозку, відсутня.

Дійсно, наші дослідження показують, що у дорослих людей від 36 до 60 років залежність між віком і планіметричними параметрами мозолистого тіла повністю відсутня; ми також не можемо з упевненістю говорити про пряму залежність останніх від загального об'єму головного мозку (ми це тільки постулювали), але наші попередні дані однозначно вказують, по-перше, на велику індивідуальну різноманітність і, по-друге, на наявність статевого диморфізму мозолистого тіла. До речі, в літературі відсутня жодна робота, у якій би серйозно розглядалося питання індивідуальної варіативності мозолистого тіла, що, на нашу думку, має важливе значення для формування психологічного статусу людини.

Тут доречним буде також відзначити, що досить часто серед чоловіків зустрічаються морфологічні варіанти, для яких властиві риси жіночого типу, і навпаки, у чому мозолисте тіло не буде винятком; при потребі за цифровим збігом його окремих метричних показників такі варіанти можна простежити і в наших вибірках. Це означає, що у цих випадках ступінь вираження статевого диморфізму буде наймінімальнішою, тобто при відповідних малих вибірках спостережень він може виявитися ледве помітним. У той же час варіанти з надто вираженими відмінностями метричних значень стануть прикладом виразного статевого диморфізму, що також має місце в наших вибірках МР-томограм. Таким чином, у підсумку ми отримуємо усереднене значення індивідуальної варіативності статевого диморфізму мозолистого тіла.

Наступний етап наших досліджень полягає в з'ясуванні дробових метричних параметрів, за рахунок яких індивідуально варіює загальна площа серединного профілю мозолистого тіла та їй надається статевий диморфізм. Такими квантованими показниками будуть служити лінійні довжинні та товщинні розміри. Спочатку розглянемо перші з них. До них, як було вже вказано в передмові до цього розділу, належать уперше введені нами в



термінологію довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді та довжини переднього і заднього його стегон, що знаходяться між собою під певним кутом нахилу до стягуючої хорди, а отже, у своєму сумарному значенні декілька перевищують довжину останньої. Додатковим до них виміром нами вводиться поняття максимальної висоти стовбурової опуклості мозолистого тіла, яке вживається для визначення довжинно-висотного індексу, що служить для встановлення його основних форм. У зв'язку з тим, що ці індекси вже були використані нами при візуальному аналізі мозолистого тіла, у ході якого виділено три відповідні варіанти його форми, тут ми їх виключаємо з розгляду, хоча вони внесені в загальний реєстр метричних даних разом із довжинними показниками, що представлено в таблиці 3.3. Загалом зауважити можна ще й те, що в цій таблиці разом із довжинними показниками мозолистого тіла подані дані про довжину мозкового черепа, від значення якої можна поставити в залежність довжину мозолистого тіла по стягуючій хорді. Тому спочатку ми звернемо увагу на співвідношення між цими двома розмірними показниками, для чого заздалегідь познайомимося з їх загальними статистичними значеннями.

Перед усім розглянемо ці показники мозолистого тіла чоловіків тієї ж вікової підбірки МРТ-зображень. У результаті метричних вимірів встановлено, що довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді у чоловіків знаходиться в межах від 65,7 до 79,8 мм; середньоарифметичне значення дорівнює  $72,8 \pm 4,4$  мм, а довжина мозкового черепа варіює від 181,0 до 199,4 мм, що в середньоарифметичному значенні дорівнює  $188,6 \pm 5,8$  мм.

У жінок ці показники дещо менші. Так, довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді у них індивідуально розподіляється в діапазоні від 61,6 до 75,9 мм; середньоарифметичне значення дорівнює  $68,0 \pm 3,3$  мм. Згідно з цим знаходяться і коливання поздовжнього розміру мозкового черепа, вони розподіляються в межах від 163,2 до 190,4 мм, що в середньоарифметичному значенні дорівнює  $177,1 \pm 7,8$  мм.

Хоча за допомогою цих даних і формується належне уявлення про ступінь індивідуального розкиду метричних значень поздовжнього розміру мозолистого тіла по стягуючій хорді в цифровому співвідношенні з довжиною мозкового відділу черепа чоловіків і жінок, проте вони позбавлені суттєвої конкретики щодо образного характеру їх індивідуальної варіативності та статевого диморфізму, чого можна досягти за допомогою графічного зображення, представленого в діаграмі (рис. 3.9). Але тут слід нагадати, що на початку наших досліджень ми брали до уваги і широтний розмір мозкового черепа, який був використаний нами при обчисленні його довжинно-широтного індексу. У результаті виявилось, що за цим індексом форми мозкового черепа (обох підбірок МРТ-зображень) знаходяться у вузьких межах між брахі- та мезоцефалами. Тому ми визнали зайвим фіксувати увагу на широтних краніальних розмірах; вони були б доречні у випадку, коли б перед нами стояло завдання вивчення ступеня широтної розповсюдженості комісуральних зв'язків, що транзитно проходять через мозолисте тіло, у складі білої речовини півкуль великого мозку.

На вказаній діаграмі виразно видно межі, в яких знаходяться індивідуальні показники поздовжнього розміру мозкового черепа у людей з брахі- та мезоцефалічною його формою. Показовим є статевий диморфізм, який полягає у тому, що, по-перше, в середньому в жінок довжина мозкового черепа дещо поступається довжині мозкового черепа чоловіків, і по-друге, її індивідуальні показники мають більший розкид порівняно з чоловічими, тобто у жінок краніологічні характеристики є більш різноманітними, якщо судити за тими випадковими вибірками МРТ-зображень, які ми мали в розпорядженні.

Разом із тим на двох зіставляваних діаграмах у єдиному масштабі чоловічої та жіночої груп можна виявити залежність між довжиною мозолистого тіла по стягуючій хорді та поздовжнім розміром мозкового черепа. Правомірно вважати, що ця залежність була б більш вираженою, якби в тій та іншій групах виявилися ще і представники доліхоцефалів, а при

наявності у них крайніх форм мозкового черепа – ультрабрахіцефалів і ультрадоліхоцефалів – вона стала б ще разючішою. За цих умов у першому випадку мозолисте тіло повинне мати найкоротшу стягуючу хорду при максимальній своїй висоті, а у другому випадку – найдовшу при мінімальній висоті. Інакше кажучи, ступінь опуклості мозолистого тіла має бути обернено пропорційною довжині мозкового черепа, за показником якої можна судити про форму мозолистого тіла. Дійсно, навіть у тому короткому діапазоні між брахі- та мезоцефалами релятивно виявляються його три форми – високоопуклі, середньоопуклі й низькоопуклі, значення яких представлені на діаграмах індивідуальних відношень між довжиною мозолистого тіла по стягуючій хорді та поздовжнім розміром мозкового черепа.

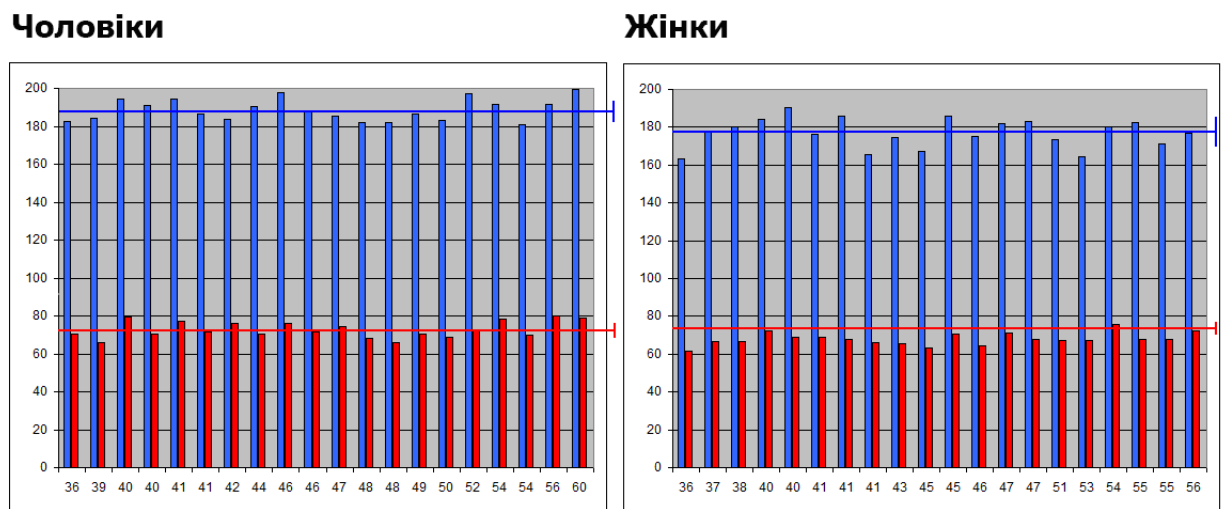


Рис. 3.9. Розмірні відношення між довжиною мозолистого тіла по стягуючій хорді (червоним) і довжиною мозкового черепа (синім) чоловіків і жінок II періоду зрілого віку.

Примітка: по осі абсцис вказаний вік, по осі ординат – довжина мозолистого тіла та мозкового черепа (мм); горизонтальними лініями відповідного кольору позначені середньоарифметичні показники фігуруючих метричних величин.

На цих діаграмах досить добре помітно, що довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді у жінок дещо менша, ніж у чоловіків (середньоарифметично –  $68,0 \pm 3,3$  мм проти  $72,8 \pm 4,4$  мм ( $p < 0,05$ )), при чому її індивідуальна варіативність менш виражена у жінок. Але цікаво відзначити, що коефіцієнт відношення між довжиною мозкового черепа та довжиною мозолистого тіла по стягуючій хорді у чоловіків і жінок однаковий; він дорівнює 2,6.

При зіставленні різниці значень між довжиною мозолистого тіла по стягуючій хорді та його сумарній довжині виявляється, що суттєвої залежності між ними немає. І це цілком зрозуміло, оскільки передньо-задній (рострально-каудальний) розмір серединного профілю мозолистого тіла, названий нами стягуючою хордою, відбиває тільки міру його вигину, виникаючого в постнатальному періоді у процесі формування мозкового черепа. Але справжня довжина мозолистого тіла в кожному індивідуальному випадку, виражена довжиною його окружного периметра, має бути еталонною для нормально розвиненого головного мозку людини. Природно, що справжні лінійні розміри мозолистого тіла по його опуклому колу будуть більше його мірних значень по стягуючій хорді. Тому хоч би для приблизної об'єктивізації вказаної різниці ми вдалися до умовного розчленовування його стовбура на дві частини, назвавши їх переднім і заднім стегнами. Межею між ними, як це зазначено в передмові до цього розділу, є найбільш виступаюча точка верхньої опуклості стовбура, від якої опущеним перпендикуляром до стягуючої хорди визначається висота мозолистого тіла. Тому черговим завданням морфометричного вивчення мозолистого тіла стане загальний і диференціальний його аналіз за цими лінійними параметрами в зіставленні їх із поздовжніми розмірами мозкового черепа.

Необхідні для цього цифрові дані наводяться в таблицях 3.3 та 3.4. Почнемо, як завжди, із чоловічої групи. Згідно з метричними даними показники довжини переднього стегна в ній коливаються в досить широких межах – від 26,2 до 46,4 мм (середньоарифметичне значення –  $40,3 \pm 4,4$  мм), а

на заднє стегно доводиться від 32,4 до 51,3 мм (середньоарифметичне значення –  $41,6 \pm 4,5$  мм). Відзначимо, що заднє стегно в порівнянні з переднім дещо (приблизно на 1 мм) довше. Сумарна їх довжина знаходиться у межах між 75,1 і 90,9 мм (середньоарифметичне значення –  $81,7 \pm 5,0$  мм), що приблизно на 9 мм більше довжини по стягуючій хорді.

У жінок ці показники наступні: довжина переднього стегна індивідуально коливається між 32,0 і 42,9 мм (середньоарифметичне значення –  $39,0 \pm 2,4$  мм), довжина заднього стегна знаходиться в межах від 29,8 до 41,9 мм (середньоарифметичне значення –  $37,7 \pm 3,1$  мм). Звертаємо увагу, що у жінок на відміну від чоловіків заднє стегно в середньому дещо коротше, приблизно на 1,0 мм. Сумарне значення двох стегон мозолистого тіла у жінок варіює від 69,9 до 82,3 мм; в усередненому значенні воно дорівнює  $76,7 \pm 3,4$  мм, що приблизно на 5 мм коротше чоловічого та на 9 мм більше своєї довжини по стягуючій хорді ( $p < 0,05$ ).

Ці параметричні залежності, співвіднесені з довжиною мозкового черепа, більш очевидно проявляються в індивідуальних подробицях на загальній діаграмі (рис. 3.10). Передусім звертає на себе увагу той факт, що якщо між довжиною мозолистого тіла по стягуючій хорді та довжиною мозкового черепа є пряма залежність, то між довжиною мозолистого тіла за сумою двох стегон, яку можна приблизно вважати його фактичною довжиною, і поздовжнім розміром мозкового черепа така тенденційно виражена залежність відсутня і у чоловіків, і у жінок, хоча в окремих індивідуальних варіантах її можна побачити. Проте разом із цим зустрічаються випадки, коли мінімальній довжині черепа відповідає максимальне значення фактичної довжини мозолистого тіла, і навпаки. При цьому ми звертаємо увагу, що в середньому коефіцієнт відношення фактичної довжини мозолистого тіла до поздовжнього розміру мозкового черепа як у чоловіків, так і у жінок абсолютно однаковий: він дорівнює 2,3, що на 0,3 менше такого ж показника відносно довжини мозолистого тіла по стягуючій хорді. Інакше кажучи, якщо мозолисте тіло уявити у

випрямленому стані, то його довжина як у чоловіків, так і у жінок буде у 2,3 рази менше, ніж довжина мозкового черепа. Тобто, цей показник у людей II періоду зрілого віку можна вважати величиною постійною, яку правомірно використовувати при вивченні відповідних аспектів розвитку головного мозку на ранніх етапах постнатального життя, що перебуває в плані нашої подальшої роботи. Разом із цим потрібно відмітити, що поздовжня лінія мозолистого тіла по стягуючій хорді є паралельною прямій передньо-задній дистанції мозкового черепа (рис. 2.1), знаходячись від останньої вище приблизно на 10 мм.

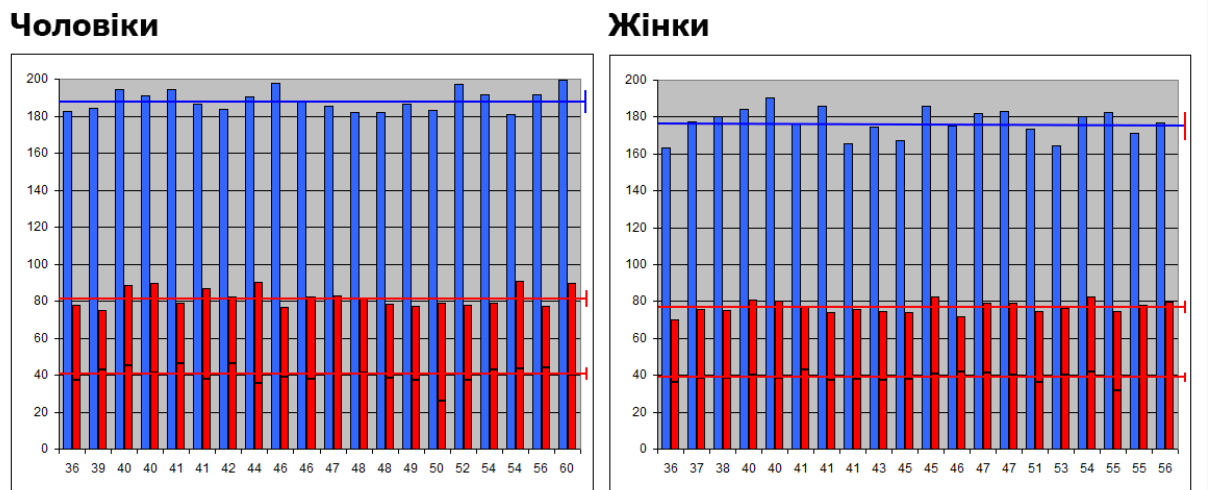


Рис. 3.10. Розмірні відношення між довжиною стегон стовбура мозолистого тіла (червоним) і довжиною мозкового черепа (синім) чоловіків і жінок II періоду зрілого віку.

Примітка: по осі абсцис вказаний вік, по осі ординат – довжина стегон стовбура мозолистого тіла та мозкового черепа (мм); горизонтальними лініями відповідного кольору позначені середньоарифметичні показники фігуруючих метричних величин.

На цих порівняльних діаграмах (рис. 3.10) виразно простежується ступінь індивідуальної варіативності розмірних значень як фактичної довжини мозолистого тіла, так і окремо його двох стегон, причому цей

розкид більше виражений у чоловіків, із чого виходить, що у жінок розміри мозолистого тіла є більш стабільними. Однак, навряд чи на підставі такої розбіжності можна говорити про якісь функціональні відмінності між головним мозком чоловіків і жінок. Поки що ми маємо право віднести ці неспівмірності тільки до метричних проявів статевого диморфізму мозолистого тіла, найсуттєвіші з яких полягають у тому, що в середньому фактична довжина мозолистого тіла у чоловіків приблизно на 5 мм перевищує таку ж довжину в жінок. Виходячи з цього ми приходимо до висновку, що різниця в загальній площі серединного профілю мозолистого тіла чоловіків і жінок знаходиться в прямій залежності від довжини його стовбурового відділу. Чи впливають якимось чином на довжину мозолистого тіла інші мірні параметри, такі як товщина його коліна, стовбура та валика – побачимо у ході подальшого аналізу. А зараз ми повинні розглянути ще одну особливість статевого диморфізму мозолистого тіла. Вона полягає в деякій нерівнозначності між довжиною його переднього і заднього стегна. Вище було відзначено, що у чоловіків заднє стегно в середньому приблизно на 4 мм довше, ніж у жінок. Природно, що переднє стегно у них знаходиться в пропорційно зворотному відношенні. Для наочності ці статеві метричні неспівмірності нами представлені у фігуральному вигляді на діаграмі (рис. 3.11), де знайшов відображення (у середніх метричних значеннях) кут нахилу двох стегон мозолистого тіла до його стягуючої хорди, як до гіпотенузи трикутника, вершина якого вказує на найбільш виступаючу догори точку верхньої опуклості стовбура мозолистого тіла. При чому в чоловіків ця точка схильна до зміщення наперед, а у жінок – назад, що і є проявом статевого диморфізму. Діапазон такого зміщення здається незначним, але якщо взяти до уваги площу зрізу мозолистого тіла в цьому місці, то кількість нервових волокон, що проходять через вказану ділянку, може виявитися відносно великою. Ці дані нашо вхують на думку, що у чоловіків відносно переважають комісуральні зв'язки між сенсорними

зонами неокортексу, тоді як у жінок – між руховими. У літературі з цього питання будь-які судження відсутні.

І нарешті, ознайомимося з метричними показниками товщини мозолистого тіла. Тут ми обмежилися тільки трьома його зонами – коліном, середньою частиною стовбура, яка відповідає найбільш максимальній опуклості, та валиком. Від дрібнішого поділу довелося відмовитися у зв'язку з проблематичністю його практичного здійснення через відсутність надійних для цього відправних орієнтирів.

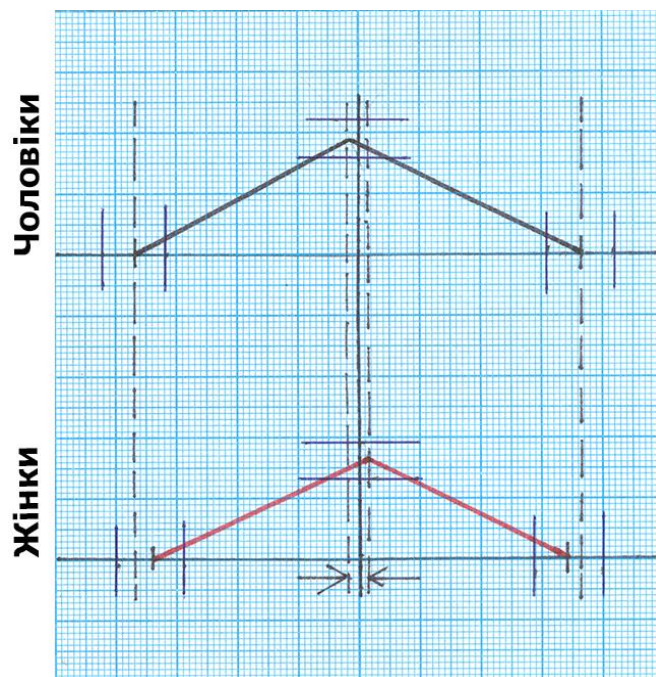


Рис. 3.11. Схематичне зображення кута вигину мозолистого тіла чоловіків і жінок щодо стягуючої хорди та довжини його переднього та заднього стегон із урахуванням товщини коліна, стовбура та валика за середньоарифметичними значеннями.

Примітка: зустрічними стрілками вказаний діапазон передньо-заднього зміщення точки стовбурової опуклості мозолистого тіла, що найбільш виступає догори. Подвійними синіми лініями позначена товщина його коліна, стовбура та валика.



Усі необхідні кількісні дані відповідних вимірів подані в таблицях 3.5 та 3.6. У них зареєстрований значний розкид індивідуальних показників, який не має закономірної залежності від віку ні у чоловіків, ні у жінок, що, як було описано вище, є цілком типовим і для інших метричних показників мозолистого тіла. Так, у чоловіків товщина коліна варіює в межах від 8,2 до 14,1 мм, що в середньому дорівнює  $11,6 \pm 1,7$  мм. Найтоншим мозолисте тіло є в найбільш опуклому місці стовбура, де його мінімальний показник дорівнює 4,1 мм, а максимальний – 7,3 мм; середньоарифметичний –  $6,2 \pm 0,8$  мм. Для товщини валика мозолистого тіла у чоловіків характерна мінливість у межах від 9,0 до 13,7 мм, що в середньому дорівнює  $11,7 \pm 1,1$  мм.

Мозолисте тіло у жінок за цими показниками має тенденцію до зменшення і відрізняється від аналогічного чоловічого гранично малими значеннями, на які в принципі можна не звертати уваги. Так, товщина його коліна характеризується розкидом від 8,8 до 13,8 мм, що в середньому дорівнює  $11,4 \pm 1,4$  мм, тобто воно поступається товщині коліна чоловіків лише на 0,2 мм. У найбільш опуклому ж місці стовбура товщинний показник мозолистого тіла у жінок виявляється в середньому ( $6,7 \pm 0,9$  мм) трохи більшим, ніж у чоловіків (приблизно на 0,5 мм). Мабуть, це відбувається через деяке подовження у жінок переднього стегна мозолистого тіла, про що ми говорили вище. Індивідуальна ж варіативність зазначеного показника у жінок знаходиться в межах від 5,4 до 8,3 мм. За товщиною валика мозолисте тіло жінок у середньому ( $10,9 \pm 1,4$  мм) поступається чоловікам приблизно на 0,8 мм. Індивідуальна варіативність цього показника у жінок знаходиться в межах від 8,8 до 13,1 мм.

Ці середньоарифметичні значення внесені нами до порівняльної діаграми (рис. 3.11), але побачити на ній вказані вище статеві відмінності, на жаль, неможна, оскільки різниця між цими показниками виражається в десятих долях міліметра.

Зараз нам важко давати будь-яку оцінку тонкощам статевої відмінності мозолистого тіла за розмірними показниками товщини його коліна, середньої

частини стовбура та валика. Але можливо, що при подальшому вивченні статевого диморфізму мозолистого тіла у віковому аспекті на основі його натуральних препаратів ми отримаємо дані, які спонукають нас повернутися до цього питання. Поки ж ми вважатимемо, що різниця в загальній площі серединного профілю мозолистого тіла між чоловіками і жінками більшою мірою знаходиться в прямій залежності від довжини його стовбурового відділу.

На підставі поданого вище різнобічного візуального та морфометричного аналізу серединних МРТ-зображень мозолистого тіла чоловіків і жінок II періоду зрілого віку можна зробити наступні попередні висновки.

1. Візуальний (якісний) аналіз відносно невеликих вибірок ( $n=20$ ) МРТ-зображень мозолистого тіла чоловіків і жінок дозволяє виявити велике індивідуальне розмаїття його форми, що є результатом різного поєднання наступних морфологічних ознак:

- а) загального зовнішнього контуру;
- б) відношення його максимальної висоти до довжини (міра опуклості);
- в) товщини та форми стовбурового відділу;
- г) форми його дзьобового відділу та заднього потовщення – валика.

2. За зовнішнім контуром (абрисом) серединного профілю форму мозолистого тіла чоловіків і жінок можна поділити на типову й атипову. При чому остання зустрічається досить рідко та характеризується звивистістю сагітального профілю його стовбурового відділу.

3. За відношенням максимальної висоти до довжини серед усього різноманіття бічних профільних контурів мозолистого тіла видається можливим виділити низькоопуклі, середньоопуклі та високоопуклі форми, які безпосередньо залежать від довжини мозкового черепа. Встановлено, що серед чоловіків і жінок ці три форми мозолистого тіла розподіляються відносно рівномірно таким чином, що кожна з них складає приблизно  $1/3$  відповідної вибірки МРТ-зображень.

4. При зовнішній візуальній оцінці мозолисте тіло індивідуально розрізняється і за товщиною стовбурового відділу; за цією ознакою можна виділити три його форми – тонкостовбурові, середньостовбурові та товстостовбурові, на що вказують і конкретні метричні показники. При чому ця варіативність більше виражена у жінок.

5. Мозолисте тіло також індивідуально відрізняється за формою вигину дзьобового відділу в ділянці коліна, причому однаково як у чоловіків, так і у жінок. За цією морфологічною ознакою допустимо виділяти три його основні різновиди: 1 – рівномірно півкругло зігнуту форму; 2 – потовщено випнуту наперед форму та 3 – кутасто зігнуту форму.

6. До індивідуальної мінливості схильний і спленіальний відділ мозолистого тіла; в одних випадках він виглядає як помірно потовщена частина стовбурового відділу, а в інших має вигляд вираженого потовщення після невеликого звуження стовбурового відділу (у цьому випадку можна говорити про наявність у мозолистому тілі перешийка, що, відповідно, не слід поширювати на усі його форми). Але на особливу увагу заслуговує цей відділ у вигляді подвоєного потовщення, яке у жінок зустрічається частіше, ніж у чоловіків.

7. Більш об'єктивна та досконала оцінка індивідуальної варіативності статевого диморфізму серединного профілю мозолистого тіла за МРТ-зображеннями досягнута завдяки внесеному нами в методику його морфометричного аналізу нововведенню, яке ґрунтується на основі коректного геометричного та математичного підходу до вивчення складних планіметричних фігур. Цей підхід передбачав використання не лише лінійних параметрів мозолистого тіла, прийнятих для такого аналізу в літературі, але й цілісний метричний охопити усієї площі його сагітального профілю з одночасним виміром довжини окружного периметра цього утворення, що дозволило вдатися до формального топологічного перетворення складної фігури мозолистого тіла в гомеоморфне йому просте

коло з метою підвищення наочної показової відмінності при графічному зображенні індивідуальної варіативності та його статевого диморфізму.

Інші лінійні розміри використовувалися в якості додатково-допоміжних параметрів. Але серед них ми виділили уперше уведені в практику морфометричних досліджень мозолистого тіла поняття про його довжину по стягуючій хорді та розмір, наближений до фактичної довжини мозолистого тіла, який обчислюється простим підсумовуванням довжин двох стегон мозолистого тіла. Останні складові його будови в літературі досі не фігурували. Але, як з'ясувалося в наших дослідженнях, вони є дуже доречними при певному підході до аналізу будови мозолистого тіла.

8. Встановлено, що у чоловіків (віком від 36 до 60 років) площа серединного профілю мозолистого тіла перебуває в межах від 541,4 до 845,1 мм<sup>2</sup> (в середньому – 659,8±78,5 мм<sup>2</sup>), тоді як у жінок (того ж віку) розкид цих значень складає від 511,5 до 855,4 мм<sup>2</sup> (в середньому – 644,5±94,4 мм<sup>2</sup>).

Формалізований графічний аналіз показав, що ці коливання планіметричних показників мозолистого тіла у дорослих людей ніяк не залежать від віку, а отже, вони відбивають його індивідуальну різноманітність. Слід зазначити, що у жінок ця індивідуальна варіативність виражена більше, але при дещо меншому значенні середньоарифметичної площі мозолистого тіла, ніж у чоловіків.

9. У процесі морфометричних досліджень було виявлено, що за довжинно-широтним індексом мозкового черепа усі представники чоловічої та жіночої груп людей II періоду зрілого віку знаходяться у вузьких межах між брахі- та мезоцефалами, що зменшило наші можливості показу залежності довжини мозолистого тіла від поздовжнього розміру всіх форм мозкового черепа. Проте у цих брахі-мезоцефалічних межах поздовжній розмір черепа має помітну тенденцію до зміни, що дає можливість все ж визначити шукану залежність. У першу чергу ми розглядаємо в одному

співвимірному масштабі відношення довжини мозолистого тіла по стягуючій хорді до поздовжнього розміру черепа.

10. Встановлено, що довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді у чоловіків знаходиться в межах від 65,7 мм до 79,8 мм (в середньому –  $72,8 \pm 4,4$  мм), а довжина мозкового черепа варіює від 181,0 до 199,4 мм (в середньому –  $188,6 \pm 5,8$  мм).

У жінок ці показники дещо менші. Так, довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді у них індивідуально розподіляється в діапазоні від 61,6 до 75,9 мм (в середньому –  $68,0 \pm 3,3$  мм). При цьому коливання поздовжнього розміру мозкового черепа перебувають в межах від 163,2 до 190,4 мм (в середньому –  $177,1 \pm 7,8$  мм).

11. При порівняльному графічному вираженні цих показників у співвимірному метричному масштабі чітко визначається наступне: а) при трохи менших значеннях їх у жінок спостерігається залежність між довжиною мозолистого тіла та поздовжнім розміром мозкового черепа, коефіцієнт співвідношення між якими приблизно дорівнює 2,6; б) у жінок ці показники мають помітно більший розкид, ніж у чоловіків, тобто статевий диморфізм мозолистого тіла виявляється і за цими показниками; в) ступінь опуклості мозолистого тіла у дорослих людей обернено пропорційна довжині мозкового черепа, тобто низькоопуклі його форми повинні схилитися у бік доліхоцефалії, а високоопуклі – у бік брахіцефалії.

12. Згідно з метричними даними довжина переднього стегна мозолистого тіла чоловіків коливається в досить широких межах – від 26,2 до 46,4 мм (в середньому –  $40,3 \pm 4,4$  мм), на заднє ж стегно приходиться від 32,4 до 51,3 мм (в середньому –  $41,6 \pm 4,5$  мм), тобто заднє стегно порівняно з переднім приблизно на 1 мм довше. Сумарна їх довжина знаходиться між 75,1 та 90,9 мм (в середньому –  $81,7 \pm 5,0$  мм), що приблизно на 9 мм більше довжини мозолистого тіла по стягуючій хорді ( $p < 0,05$ ).

У жінок довжина переднього стегна індивідуально варіює між 32,0 і 42,9 мм (в середньому  $39,0 \pm 2,4$  мм), а довжина заднього стегна перебуває в

межах від 29,8 до 41,9 мм (в середньому –  $37,7 \pm 3,1$  мм). Отже, у жінок заднє стегно в середньому приблизно на 1,0 мм коротше, ніж переднє. Сумарне їх значення у жінок варіює від 69,9 до 82,3 мм (в середньому –  $76,7 \pm 3,4$  мм), що приблизно на 5 мм коротше чоловічого і на 9 мм більше своєї довжини по стягуючій хорді ( $p < 0,05$ ).

13. Ці метричні параметри в графічному форматі, співвіднесені з відомими значеннями довжини мозкового черепа, показують, що: а) якщо між довжинами мозолистого тіла по стягуючій хорді та мозкового черепа є пряма залежність, то між його фактичною довжиною (за сумою довжин двох стегон) і поздовжнім діаметром черепа така виражена кореляція відсутня, причому коефіцієнт співвідношення між ними (як у чоловіків, так і у жінок) абсолютно однаковий (він дорівнює 2,3, що на 0,3 менше його по стягуючій хорді). Тому ці показники у людей II періоду зрілого віку правомірно вважати постійними величинами, які можуть бути використані при вивченні відповідних аспектів на попередніх етапах постнатального життя; б) індивідуальна варіативність як фактичної довжини, так і окремо двох стегон мозолистого тіла більш виражена у чоловіків, з чого виходить, що у жінок розміри мозолистого тіла є більш стабільними; в) у середньому фактична довжина мозолистого тіла у чоловіків приблизно на 5 мм перевищує таку довжину в жінок, на підставі чого можна сказати, що різниця в загальній площі його серединного профілю між чоловіками і жінками перебуває переважно в прямій залежності від довжини стовбурового відділу; г) статевий диморфізм мозолистого тіла виражається також у деякій нерівнозначності довжини його переднього і заднього стегон; у чоловіків останнє в середньому приблизно на 4 мм довше, ніж у жінок. Природно, що переднє стегно у них знаходиться в пропорційно зворотному відношенні.

14. Товщина коліна мозолистого тіла у чоловіків варіює в межах від 8,2 до 14,1 мм (в середньому –  $11,6 \pm 1,7$  мм). Найтоншим мозолисте тіло є в найбільш опуклому місці стовбура (на межі між заднім і переднім стегном), де його мінімальний показник дорівнює 4,1 мм, а максимальний – 7,3 мм (в

середньому –  $6,2 \pm 0,8$  мм). Товщина валика має тенденцію до зміни в межах від 9,0 до 13,7 мм (в середньому –  $11,7 \pm 1,1$  мм).

Мозолисте тіло у жінок за цими показниками має спрямованість у бік зменшення і відрізняється гранично малими значеннями, на які в принципі можна не звертати уваги, оскільки вони виражаються в десятих долях міліметра. Тому на цьому етапі дослідження залишається дійсним попередній висновок про те, що різниця в загальній площі серединного профілю мозолистого тіла між чоловіками та жінками значною мірою прямо залежить від довжини його стовбурового відділу.

15. Загальний, завершальний висновок полягає в тому, що результати нашого дослідження виявили два аспекти в проблемі вивчення мозолистого тіла дорослих людей при його прижиттєвій візуалізації за допомогою магнітно-резонансної томографії.

Перший із них стосується індивідуальної варіативності його форми, яка візуально проявляється як у великій конфігураційній різноманітності зовнішніх контурів, так і статистично за індивідуально виразним розкидом окремих метричних параметрів. Ми вважаємо, що ці образні та метричні характеристики можна використати в практиці МРТ-досліджень із метою встановлення ступеня відповідності між формою та розмірами мозолистого тіла і психофізіологічними властивостями людей. Дані літератури з цього приводу обмежуються тільки короткими зауваженнями.

Другий полягає у тому, що статевий диморфізм згідно з нашими даними є не таким виразним. Проте достовірно встановлено, що мозолисте тіло у жінок за деякими зовнішніми рисами відрізняється від мозолистого тіла чоловіків і дещо поступає йому в розмірах переважно за рахунок меншої довжини стовбурового відділу.

Ці висновки ми назвали попередніми в тому розумінні, що вони будуть уточнені та доповнені при подальшому, більш ґрунтовному вивченні мозолистого тіла на натуральних анатомічних препаратах.

Результати досліджень, які представлені у даному розділі дисертації,

опубліковані у таких наукових роботах:

1. Боягина О.Д. Индивидуальная вариативность формы мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте по данным МРТ-изображений / О.Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 2 (125). – С. 291-294.

2. Боягина О.Д. Линейные метрические параметры индивидуальной вариативности полового диморфизма мозолистого тела людей зрелого возраста по данным МРТ-изображений / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко, А.В. Мангов, И.А. Инюточкина // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 2, Т. 1 (128). – С. 353-359.

3. Боягина О.Д. Зависимость формы мозолистого тела людей второго периода зрелого возраста от краниометрических показателей мозгового отдела черепа / О.Д. Боягина // Journal of Education, Health and Sport. – 2017. – № 7 (8). – С. 797-807.

4. Боягіна О.Д. Індивідуальна мінливість форми мозолистого тіла чоловіків і жінок за даними МРТ-зображень / О.Д. Боягіна // Збірник матеріалів заочної науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченої 150-річчю з дня народження професора М.Ф. Мельникова-Разведенкова «Сучасні аспекти морфології людини: успіхи, проблеми та перспективи», Харків, 24 грудня 2016 р. / Харківський національний медичний університет. – Харків, 2016. – С. 47-48.



## РОЗДІЛ 4

### МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА БУДОВА МОЗОЛИСТОГО ТІЛА В ПОСМЕРТНОМУ СТАНІ

У попередньому розділі ми досліджували мозолисте тіло людей у прижиттєвому стані (у форматі МРТ-зображень) тільки в одному ракурсі, який отримується у результаті міжпівкульного серединного зрізу великого мозку. Такий розріз називається сагітальним зрізом, що відносно нашого розгляду є не зовсім правильним, оскільки в сагітальній площині можна отримати багато зрізів як правої, так і лівої півкулі. Середина ж площина (медіана) є єдиною, адже саме вона розділяє великий мозок на дві подібні у своїй протилежності половини – півкулі. Саме в такому ракурсі мозолисте тіло опиняється в поздовжньому розрізі, профільний контур якого при формуванні уявлення про нього в цілому серед дослідників використовується найчастіше. Інакше кажучи, переважна більшість суджень про мозолисте тіло зводиться (і обмежується) тільки до цього одного ракурсу, який є найбільш доступним. Звісно, що таке уявлення про найбільшу спайку між двома півкулями великого мозку не може претендувати на вираження усеосяжного судження про мозолисте тіло, і не лише тому, що воно розпростерте в товщі білої речовини обох півкуль, складаючи у ній основну сукупність комісуральних зв'язків, але й із огляду на те, що в ньому є вільна частина, яка займає проміжок у глибині поздовжньої щілини великого мозку між медіальними поверхнями півкуль. Проте ширина мозолистого тіла значно більше ширини цього міжпівкульного проміжку.

На цьому ми перервемо розгляд питання про форму та будову мозолистого тіла з тим, щоб повернутися до нього після викладення даних про відповідні метричні параметри його сагітального (серединного) профілю

в посмертному стані, тобто при морфометричному дослідженні його анатомічних препаратів.

Нагадаємо, що необхідний матеріал для цього у вигляді тотальних препаратів головного мозку людей, що померли з причин, не пов'язаних із патологією центральної нервової системи, був отриманий нами на базі Харківського обласного бюро судово-медичної експертизи згідно з відповідною угодою з Харківським національним медичним університетом. Загальна сумарна кількість їх склала 144 препарати, із яких 65 препаратів належало чоловікам, а інші 79 – жінкам. Окрім цієї невеликої числової невідповідності серед препаратів жіночої та чоловічої груп, між ними мала місце також різниця у кількості вікових періодів, за якими вони були розподілені. Так, якщо чоловічі препарати обмежувалися трьома періодами (І період зрілого віку – 20 препаратів; II період зрілого віку – 25 препаратів; похилий вік – 20 препаратів), то загальна кількість жіночих препаратів збільшилася за рахунок старечого віку, але з деякою асиметричністю кількісного розподілу за віковими групами таким чином, що до I періоду зрілого віку належало 12 препаратів, до II періоду зрілого віку – 19 препаратів, а інші два періоди (похилий та старечий) мали по 24 препарати кожний.

Візуалізація поздовжнього профілю мозолистого тіла здійснювалася шляхом міжпівкульного розрізу головного мозку після його попередньої фіксації в 10% розчині формаліну. При цьому метричний аналіз здійснювався з медіальної поверхні тільки однієї півкулі.

#### **4.1. Результати морфометричного аналізу анатомічних препаратів мозолистого тіла чоловіків зрілого та похилого віку**

Подані нижче результати отримані за макрофотографіями мозолистого тіла на медіальних поверхнях півкуль великого мозку (рис. 4.1) з

використанням того ж алгоритму морфометричного аналізу, що й у форматі МРТ-зображень. Умови узяття матеріалу, способи препарування та стандартизація початкових положень описані нами у другому розділі та частково доповнені при подальшому викладі фактичних даних.

У зв'язку з тим, що головна мета цього дослідження полягає в з'ясуванні того, чи відрізняється за розмірними показниками мозолисте тіло в посмертному стані від відповідних своїх прижиттєвих параметрів, а кількісна вибірка його МР-томограм обмежується тільки другим періодом зрілого віку чоловіків, ми визнали доцільним спочатку провести аналіз морфометричних даних за відповідними їм за віком анатомічними препаратами, які у кількості 25 представлені в таблиці 4.2. Після цього ми отримаємо можливість більш зважено оцінити аналогічні результати у попередній (I період зрілого віку) і подальшій (похилий вік) вікових групах, які наведені в таблицях 4.1 і 4.3.

Дотримуючись порядку викладу, прийнятого нами у третьому розділі, повністю присвяченому аналізу форми та розмірної характеристики мозолистого тіла в МРТ-форматі, ми спочатку дамо коротку оцінку результатам зовнішнього візуального обстеження його анатомічних препаратів після формалінової фіксації. Щодо останньої, то слід зазначити, що при стандартизованих умовах узяття матеріалу та часу фіксації в 10% розчині нейтрального формаліну, зміни в мозолистому тілі якщо і матимуть місце, то однаково та рівномірно в усіх препаратах зі збереженням його первинної форми.

При ретельному зовнішньому обстеженні макрофотографій сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків за віковою градацією випадає нагода достовірно переконатися у значній індивідуальній різноманітності його форми, яку можна вважати інваріантною фізіологічної нормі цього утворення, оскільки препарати, що вивчаються нами, узяті у трупів людей, які померли з причин не пов'язаних із патологією головного мозку.

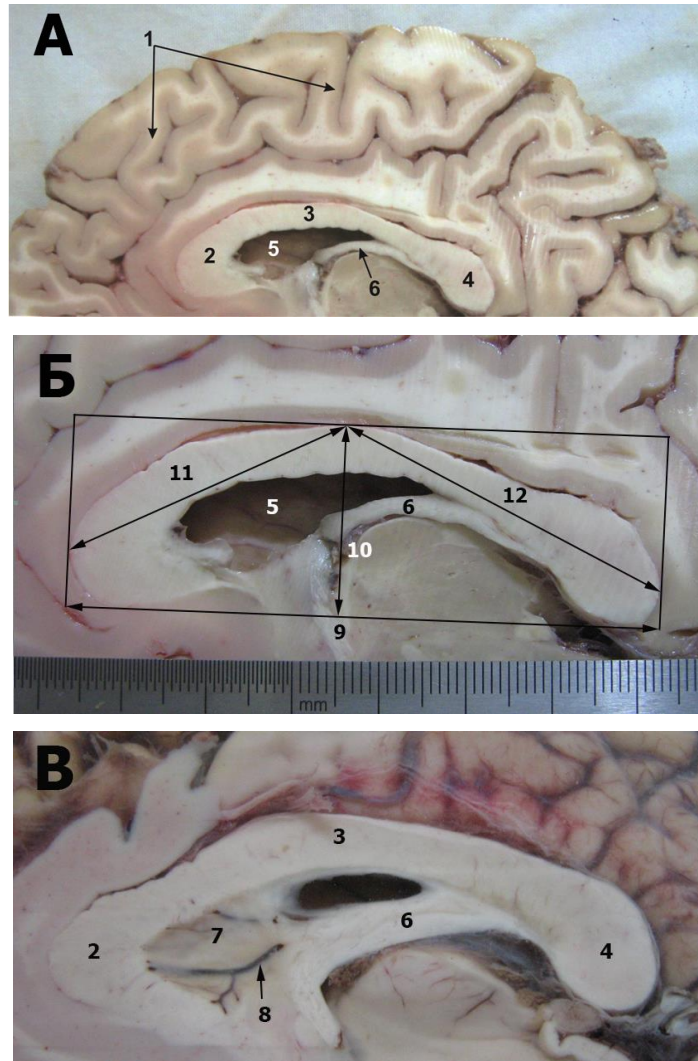


Рис. 4.1. Загальний вигляд мозолистого тіла чоловіків на медіальній поверхні півкуль великого мозку: А – мозолисте тіло чоловіка 53 років; Б – попередній препарат мозолистого тіла, який демонструє основні вимірювані відстані; В – мозолисте тіло чоловіка 58 років.

1 – звивини медіальної поверхні півкулі; 2, 3 і 4 – коліно, стовбур і валик мозолистого тіла відповідно; 5 – просвіт бічного шлуночку; 6 – мозкове склепіння; 7 – прозора перегородка; 8 – вени прозорої перегородки; 9 – довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді; 10 – висота опуклості мозолистого тіла; 11 і 12 – переднє та заднє стегно мозолистого тіла відповідно.

Таблиця 4.1

**Зведені морфометричні дані за анатомічними препаратами сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків  
I періоду зрілого віку**

№	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)	Поздовжній розмір по стягуючій хорді (мм)	Максимальна висота стовбурової опуклості (мм)	Довжинно-висотний індекс мозолистого тіла (%)	Довжина переднього стовбурового стегна (мм)	Довжина заднього стовбурового стегна (мм)	Сума довжин (мм)	Периметр сагітального зрізу (мм)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
1	22	10,7	8,3	9,9	80,2	32,7	24,5	41,9	50,3	92,2	238,7	751,4
2	22	9,8	6,2	12,2	68,6	25,5	26,9	33,9	42,1	76,0	195,5	585,6
3	23	11,4	7,3	13,7	75,4	31,3	24,1	33,2	55,6	88,8	234,2	843,2
4	24	10,2	7,1	12,5	78,4	29,8	26,3	42,9	45,9	88,8	229,9	815,8
5	24	12,3	6,5	14,7	79,0	25,7	30,7	33,5	51,6	85,1	220,8	760,5
6	25	9,7	7,7	11,3	72,5	29,5	24,6	34,2	48,9	83,1	214,8	768,7
7	26	12,2	6,3	11,2	71,5	22,5	31,8	31,5	47,1	78,6	199,6	564,1
8	27	11,9	7,4	12,3	80,9	29,9	27,1	39,3	51,4	90,7	236,5	861,2
9	27	10,2	7,7	12,4	77,8	30,6	25,4	32,8	53,9	86,7	226,6	722,2
10	29	8,8	8,1	12,4	73,2	30,6	23,9	36,8	45,5	82,3	223,2	795,7
11	30	15,0	9,8	13,9	79,5	30,0	26,5	37,5	50,9	88,4	229,4	930,7
12	31	10,6	6,6	9,7	69,4	22,2	31,3	31,9	44,8	76,7	198,3	593,4
13	31	10,9	6,3	13,7	76,6	24,0	31,9	36,8	45,9	82,7	208,2	612,6
14	32	12,6	8,2	14,1	71,9	24,9	28,9	35,5	45,2	80,7	208,0	744,1
15	32	13,6	6,6	14,5	79,1	22,3	35,5	40,3	43,9	84,2	213,1	749,8
16	33	13,0	8,0	12,4	75,6	23,2	32,6	37,8	45,1	82,9	204,5	766,1
17	33	12,4	6,4	12,7	81,0	27,8	29,1	33,2	54,6	87,8	238,5	798,8
18	35	11,2	7,3	11,0	78,7	33,5	23,5	42,3	51,5	93,8	234,4	847,7
19	35	8,4	5,5	12,0	82,4	26,1	31,6	39,6	49,8	89,4	222,1	559,4
20	35	15,4	9,0	12,4	76,2	27,0	28,2	37,4	47,6	85,0	215,8	879,0
$\bar{x} \pm m_x$		11,5±1,9	7,3±1,1	12,5±1,4	76,4±4,0	27,5±3,6	28,2±3,5	36,6±3,6	48,6±3,8	85,2±4,9	219,6±14,0	747,5±110,4

Примітка: синім кольором позначені мінімальні значення, червоним – максимальні.

Таблиця 4.2

**Зведені морфометричні дані за анатомічними препаратами сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків  
II періоду зрілого віку**

№	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)	Поздовжній розмір по стягуючій хорді (мм)	Максимальна висота стовбурової опуклості (мм)	Довжинно-висотний індекс мозолистого тіла (%)	Довжина переднього стовбурового стегна (мм)	Довжина заднього стовбурового стегна (мм)	Сума довжин (мм)	Периметр сагітального зрізу (мм)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	37	12,9	7,3	13,9	77,9	27,2	28,6	34,4	51,3	85,7	219,0	809,9
2	38	13,0	6,7	9,4	85,0	27,1	31,4	41,2	51,0	92,2	230,0	763,7
3	38	10,3	5,3	10,7	71,6	22,6	31,7	37,1	42,3	79,4	208,6	538,5
4	38	7,5	5,6	10,6	82,6	29,6	27,9	37,2	56,0	93,2	242,4	616,1
5	40	12,6	7,2	11,0	68,7	25,7	26,7	36,4	42,4	78,8	208,0	689,7
6	40	10,6	7,5	12,9	81,8	29,2	28,0	48,1	43,6	91,7	228,5	773,9
7	41	10,7	6,2	11,5	75,2	23,2	32,4	38,0	45,5	83,5	208,4	612,0
8	43	11,1	5,9	13,7	73,5	24,7	29,8	31,1	49,2	80,3	205,4	651,9
9	43	15,3	7,0	15,2	80,2	27,8	28,8	40,3	48,5	88,8	231,8	837,1
10	45	10,5	7,2	11,2	70,7	23,5	30,1	35,0	42,6	77,6	197,5	650,0
11	46	12,8	7,5	10,8	65,7	21,5	30,6	30,6	42,5	73,1	177,9	527,3
12	49	11,3	6,1	10,3	69,3	23,0	30,1	34,0	42,2	76,2	192,1	572,1
13	50	15,6	7,3	12,7	87,8	25,2	34,8	41,7	53,3	95,0	240,2	865,6
14	52	10,6	6,9	12,9	69,7	30,1	23,2	34,3	49,2	83,5	217,3	709,6
15	53	10,6	5,2	10,3	66,9	21,5	31,1	33,6	40,8	74,4	186,9	540,6
16	53	8,7	6,5	10,9	78,4	32,3	24,3	41,9	51,2	93,1	250,8	777,4
17	53	12,8	6,1	17,7	86,0	27,9	30,8	42,4	52,9	95,3	234,8	817,8
18	54	12,1	9,4	15,0	70,5	27,0	26,1	35,2	47,3	82,5	201,9	798,1
19	54	8,6	6,2	17,2	87,1	31,5	27,7	42,6	53,3	95,9	252,7	854,3
20	55	12,8	7,8	13,2	75,7	24,1	31,4	43,2	40,3	83,5	212,2	721,6
21	56	13,0	7,3	10,9	62,5	22,6	27,7	35,5	38,9	74,4	180,5	618,5
22	56	10,8	7,5	12,9	75,8	28,4	26,7	48,1	40,6	88,7	224,1	868,4

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	58	6,9	4,8	11,0	67,5	22,5	30,0	36,4	37,9	74,3	191,1	486,5
24	58	10,6	7,0	10,9	68,2	24,6	27,7	31,1	45,7	76,8	200,0	603,3
25	60	8,0	4,9	9,8	64,0	18,9	33,9	31,3	38,8	70,1	175,2	412,4
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		11,2 $\pm$ 2,2	6,7 $\pm$ 1,0	12,3 $\pm$ 2,2	74,5 $\pm$ 7,5	25,7 $\pm$ 3,4	29,6 $\pm$ 2,6	37,6 $\pm$ 5,0	45,9 $\pm$ 5,4	83,5 $\pm$ 8,0	212,7 $\pm$ 22,5	684,7 $\pm$ 130,0
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$ (за резу- льта- тами МРТ -дос- лід- жен- ня)		11,6 $\pm$ 1,7	6,2 $\pm$ 0,8	11,7 $\pm$ 1,1	72,8 $\pm$ 4,4	26,0 $\pm$ 2,7	28,3 $\pm$ 3,0	40,3 $\pm$ 4,4	41,6 $\pm$ 4,5	81,7 $\pm$ 5,0	208,2 $\pm$ 13,7	659,8 $\pm$ 78,5

Примітка: синім кольором позначені мінімальні значення, червоним – максимальні.

Таблиця 4.3

**Зведені морфометричні дані за анатомічними препаратами сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків похилого віку**

№	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)	Поздовжній розмір по стягуючій хорді (мм)	Максимальна висота стовбурової опуклості (мм)	Довжинно-висотний індекс мозолистого тіла (%)	Довжина переднього стовбурового стегна (мм)	Довжина заднього стовбурового стегна (мм)	Сума довжин (мм)	Периметр сагітального зрізу (мм)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
1	61	11,3	7,2	13,7	78,6	22,9	34,3	33,3	52,1	85,4	210,0	703,4
2	61	11,6	5,4	15,3	79,1	25,4	31,1	40,4	46,1	86,5	224,2	668,6
3	61	10,4	6,8	12,9	66,1	23,5	28,1	37,6	36,7	74,3	189,8	602,2
4	62	12,5	7,2	13,3	67,4	21,5	31,3	34,3	39,3	73,6	182,0	620,6
5	62	10,4	5,3	15,4	84,4	26,1	32,3	41,1	49,8	90,9	239,5	737,5
6	62	14,8	7,0	11,9	82,8	25,7	32,2	41,3	51,9	93,2	226,7	800,2
7	63	6,1	5,8	9,0	65,5	23,6	27,8	30,9	42,7	73,6	185,0	441,3
8	63	9,9	6,6	13,6	91,0	26,8	34,0	45,2	54,3	99,5	247,2	827,7
9	63	10,7	6,8	12,3	78,7	24,5	32,1	37,6	48,8	86,4	222,9	706,2
10	64	10,4	5,1	11,6	73,9	20,3	36,4	39,3	40,3	79,6	204,5	493,2
11	64	10,3	7,2	10,1	76,8	30,6	25,1	38,3	49,1	87,4	225,0	688,6
12	65	10,7	8,4	13,1	79,5	29,8	26,7	37,8	50,6	88,4	225,0	803,2
13	67	8,8	5,2	9,6	73,5	22,7	32,4	31,8	49,2	81,0	209,0	482,3
14	67	9,0	6,1	8,2	74,8	24,5	30,5	36,2	48,5	84,7	212,2	603,3
15	67	11,6	5,8	15,9	88,6	26,1	33,9	41,3	54,1	95,4	244,3	867,2
16	68	7,0	6,4	10,7	78,9	22,6	34,9	31,6	55,9	87,5	219,6	542,6
17	68	10,3	7,6	14,2	76,5	25,3	30,2	39,4	44,4	83,8	214,8	688,2
18	68	10,2	4,4	11,5	74,7	23,6	31,7	35,4	45,7	81,1	212,0	523,5
19	72	12,8	7,3	10,1	79,3	25,4	31,2	40,2	48,6	88,8	227,9	661,4
20	73	11,3	6,6	11,8	65,9	20,9	31,5	32,4	40,4	72,8	175,6	543,3
$\bar{x} \pm m_x$		10,5±1,9	6,4±1,0	12,2±2,2	76,8±7,0	24,6±2,6	31,4±2,8	37,3±5,4	47,4±5,4	84,7±7,4	214,9±19,9	650,2±121,9

Примітка: синім кольором позначені мінімальні значення, червоним – максимальні.



Така різноманітність зовнішнього контуру (конфігурації) сагітального профілю мозолистого тіла (далі ми побачимо, що це стосується й інших його анатомічних рис) фенотипічно виникає за рахунок різного співвимірного поєднання змінної форми його окремих частин (коліна, стовбура та валика), а також за рахунок ступеня вираження його загальної опуклості, яка, як було встановлено за МР-томограмами, знаходиться в залежності від довжини мозкового черепа. При цьому ми повинні розуміти, що обстежувані нами анатомічні препарати мозолистого тіла є зовсім іншою випадковою вибіркою щодо такої ж вибірки його МР-томограм. Тому не дивно, що нам довелося засвідчити деяку розбіжність в інваріантності між ними. Ми вважаємо, що очікувати іншого не доводиться, оскільки ми маємо справу з випадковими, другорядними морфологічними ознаками, які виникають у процесі індивідуального розвитку. До речі, з метою аналізу всієї різноманітності таких морфологічних ознак можна було б удатися до відомих формул комбінаторики (розділ математики, який вивчає різні поєднання-з'єднання), унаслідок чого було б отримано значну кількість різних комплексних варіацій. Проте у проведенні такого комбінаторного аналізу немає нагальної потреби, оскільки нічого нового в конкретику наших досліджень він не привнесе. Дійсно, результати візуального аналізу анатомічних препаратів мозолистого тіла чоловіків II періоду зрілого віку переважно узгоджуються з такими ж результатами МР-томограм. Тому тут немає необхідності перераховувати основні існуючі форми мозолистого тіла, оскільки вони в подробицях уже описані в третьому розділі. Це дає нам підстави вважати їх узагальненими висновками за результатами візуальної оцінки загальної конфігурації сагітального профілю мозолистого тіла як в прижиттєвому, так і в посмертному станах.

Проводячи паралель між двома вибірками площинних зображень сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків II періоду зрілого віку, ми повинні звернути увагу на те, що в порівнянні з МР-томограмами на макрофотографіях анатомічних препаратів його контурний обрис,

реалізуючи деталі, які недоступні для магнітно-резонансної томографії, є більш виразним (рис. 4.1, 4.2 та 4.3). Якщо при візуальній оцінці форми мозолистого тіла вказаний факт не має суттєвого значення, то при метричному аналізі він повинен позначатися на точності результатів. Проте це буде незаперечним за умови відсутності в мозолистому тілі на макроскопічному рівні прояву посмертних змін та наслідків формалінової фіксації. Для того, щоб з'ясувати можливість такого впливу, потрібні дані про стан тканин мозолистого тіла на мікроскопічному рівні, які нами вже отримано та документально викладено в наступних розділах нашої дисертації. Необхідно враховувати те, що розмірні характеристики того або іншого органу після фіксації переважно залежатимуть від деформативних змін у його сполучнотканинному компоненті, який у мозолистому тілі становить зовсім малу частку. Звичайно, при цьому не можна виключати і прояви посмертних аутолітичних процесів. Проте, судячи з результатів наших гістологічних досліджень, інші тканинні компоненти в аналізованих нами анатомічних препаратах мозолистого тіла (такі як нервові волокна, гліальні клітини та кровоносні мікросудини), гарно збереглися, у чому можна переконатися за відповідними мікрофотографіями, що ілюструють указані вище розділи. Отже, у нас немає ніяких підстав сумніватися в тому, що отримані нами результати морфометрії анатомічних препаратів мозолистого тіла наближаються (з певною мірою статистичної погрішності) до його справжнього розмірного значення в нормі. Окрім того, усі встановлені їх метричні параметри слід вважати більш точними в порівнянні з такими ж МР-томографії через її недостатню роздільну здатність, що підвищує ступінь статистичної погрішності.

Дійсно, такі відмінності при вираженій індивідуальній варіативності нами зареєстровані за всіма, представленими у третьому розділі, основними лінійними та планіметричними вимірами мозолистого тіла чоловіків II періоду зрілого віку, що відображено у зведеній таблиці 4.2.

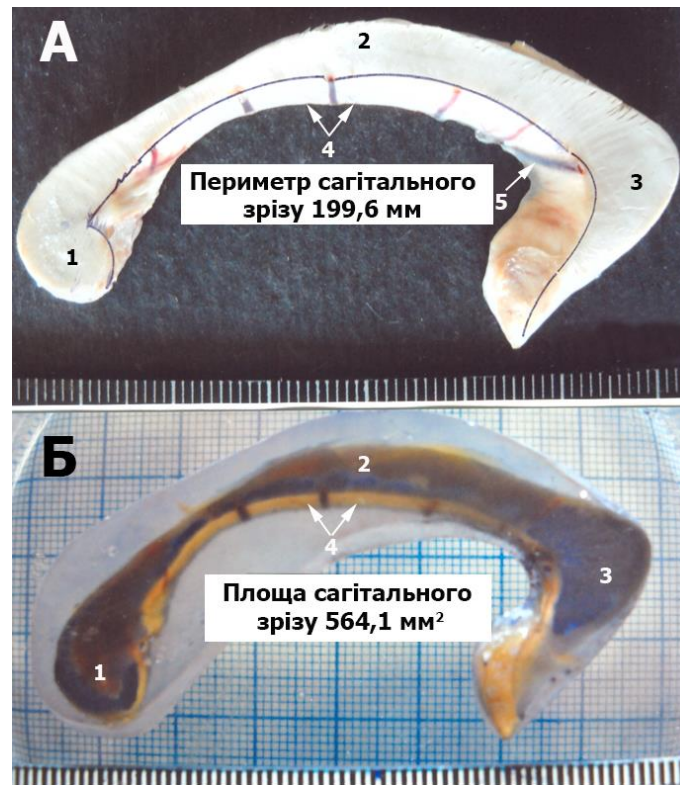


Рис. 4.2. Показовий ізольований препарат мозолистого тіла чоловіка 26 років. А – до епоксидної пластинації; Б – після епоксидної пластинації та забарвлення метиленовим синім зішліфованої поверхні.

1, 2 і 3 – валик, стовбур і коліно мозолистого тіла відповідно; 4 – нижня поверхня мозолистого тіла; 5 – кровоносні судини.

У цій таблиці в останній графі в порівняльному зіставленні з нижче розташованими від них показниками морфометричного аналізу МРТ-зображень подано середньоарифметичні значення усіх лінійних параметрів і площі сагітального профілю анатомічних препаратів мозолистого тіла, розбіжність між якими хоча і помітна, але досить незначна, оскільки вони близькі між собою. При цьому показник відхилення тих та інших значень від середньої арифметичної величини вказує на ступінь розкиду індивідуальних показників, які, звісно, розподілені в інтервалі між мінімальними (позначено синім кольором) і максимальними (позначено червоним кольором) значеннями, характеризуючи тим самим індивідуальну варіативність мозолистого тіла чоловіків у II періоді зрілого віку.

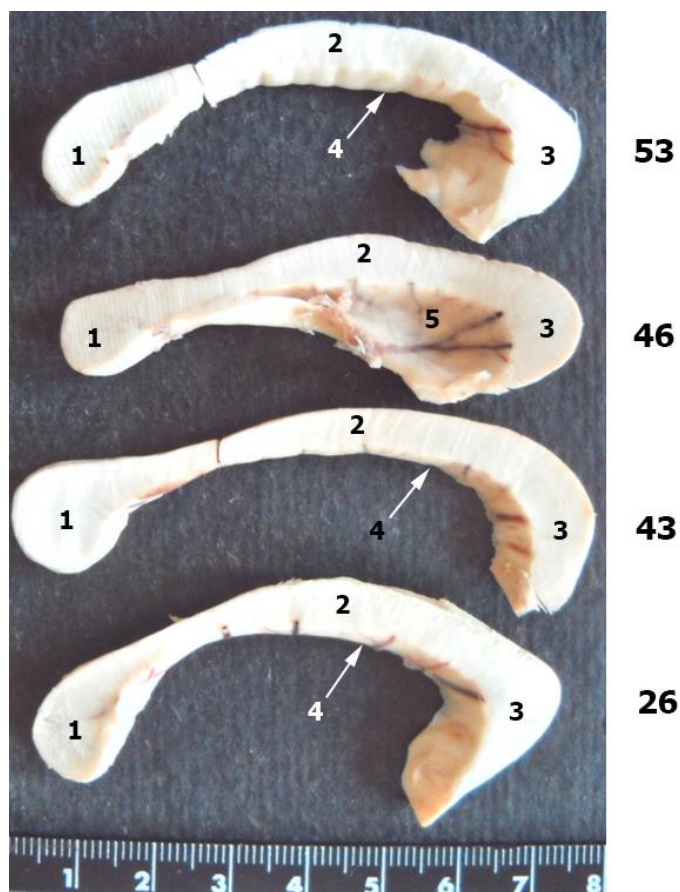


Рис. 4.3. Ізольовані препарати мозолистого тіла чоловіків, що показово ілюструють відсутність залежності його форми та розмірів від віку.

1, 2 і 3 – валик, стовбур і коліно мозолистого тіла відповідно; 4 – нижня поверхня мозолистого тіла; 5 – прозора перегородка та її венозні судини. Справа вказаний вік.

До того ж слід зазначити, що індивідуальна варіативність препаратів мозолистого тіла, якщо судити за характером розкиду окремих показників, співпадає з такою ж МРТ-зображень. Окрім того, цікавим є те, що в поданій нами таблиці розподіл мінімальних і максимальних метричних значень відрізняється дуже нерегулярним порядком, що свідчить про відсутність якоїсь залежності індивідуальних варіантів мозолистого тіла від віку. Для ілюстрації цього положення ми наводимо зображення декількох вибірових ізольованих препаратів мозолистого тіла (рис. 4.3), що демонструють основні варіанти метричної розмірності його різної індивідуальної конфігурації, які зовсім не обов'язково (при численних спостереженнях) відноситимуться до

вказаного на фотографіях віку. Цим ми хочемо сказати, що індивідуальна різноманітність мозолистого тіла є результатом випадкового поєднання конфігураційних і розмірних (метричних) ознак, які у чоловіків не залежать від хронології у II періоді зрілого віку. При чому ми вважаємо, що якщо конфігураційні особливості є несуттєвими, другорядними індивідуальними ознаками, повністю залежними від існуючих умов індивідуального розвитку головного мозку, то розмірні параметри мозолистого тіла детерміновані генотипом суб'єкта та можуть бути пов'язані з його психофізіологічними властивостями. На нашу думку, в цьому відношенні найбільш показовим метричним параметром є загальна площа сагітального профілю мозолистого тіла, яка при вимірі анатомічних препаратів коливається у відносно великому діапазоні – від 412,4 до 868,4 мм<sup>2</sup> (середнє значення – 684,7±130,0 мм<sup>2</sup>), що дещо більше в порівнянні з результатами планіметричного виміру МР-томограм, де ці значення знаходяться в межах від 541,4 до 845,1 мм<sup>2</sup> (у середньому – 659,8±78,5 мм<sup>2</sup>). Незважаючи на таку різницю, на яку у відносному зіставленні можна не звертати уваги, ми вважаємо, що за допомогою методів магнітно-резонансної томографії можна перевірити висунуте нами припущення про існування залежності між розмірами мозолистого тіла й інтелектуальними здібностями людей, що є не безпідставним, враховуючи деякі вказівки на це в літературі [154, 174].

Тепер, маючи в розпорядженні відомості про конфігураційну та розмірну індивідуальну варіативність мозолистого тіла чоловіків II періоду зрілого віку, що не має хронологічної залежності, ми можемо оцінити його за тими ж критеріями у чоловіків попереднього періоду розвитку (I період зрілого віку – від 22 до 35 років) і подальшого періоду (період похилого віку – від 61 до 74 років), вибірки препаратів яких складають по 20 варіантів (таблиці 4.1 та 4.3). У цьому випадку ми не будемо відштовхуватися від показників, отриманих при вивченні МР-томограм, а будемо орієнтуватися тільки на представлений вище формат анатомічних препаратів. Порівнюючи з ними макрофотографії мозолистого тіла чоловіків I періоду зрілого та

похилого віків, упорядкованих за груповою віковою градацією, ми ще раз переконуємося, що конфігурація його сагітального профілю практично не виходить за відомі нам межі індивідуальної варіативності. До того ж результати морфометрії, представлені в однотипних матрицях відповідних таблиць, мають такий же іррегулярний характер розподілу, що чітко виражено в розкиді усіх мінімальних (синій колір) і максимальних (червоний колір) метричних значень, у яких відсутня залежність від внутрішньогрупової вікової хронології. Повністю розібратися з усією цифровою плутаниною поданих у таблицях метричних показників дуже важко, та це й не має особливого значення, оскільки детальний аналіз із ілюстрацією показовими діаграмами за окремими метричними параметрами сагітального профілю мозолистого тіла зроблений нами у третьому розділі дисертації. Тому тут, спрощуючи завдання міжгрупового аналізу анатомічних препаратів мозолистого тіла чоловіків, ми обмежимося розглядом найбільш показових критеріїв, якими є числові значення його загальної площі. Для більшої ілюстративності ми згрупували їх в одній зведеній таблиці (табл. 4.4).

Спочатку проведемо порівняльну оцінку між цими показниками I періоду зрілого віку та періоду похилого віку. Для зручності сприйняття цифрової різниці між ними ми представимо їх за однорідністю поруч через знак нерівності ( $\neq$ ). Так, мінімальні значення загальної площі сагітального профілю їх мозолистого тіла будуть зіставлявано рівними  $559,4 \neq 441,3$  мм<sup>2</sup> (у середньому  $747,5 \pm 110,4 \neq 650,2 \pm 121,9$  мм<sup>2</sup>), тоді як максимальні –  $930,7 \neq 867,2$  мм<sup>2</sup> (у середньому  $747,5 \pm 110,4 \neq 650,2 \pm 121,9$  мм<sup>2</sup>), ( $p < 0,05$ ).

Згідно з цими цифровими показниками загальна площа сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків у похилому віці при порівнянні помітно поступається такий же I періоду зрілого віку.

**Зведені дані планіметричного аналізу сагітального профілю  
мозолистого тіла чоловіків зрілого та похилого віку**

№ з/п	Зрілий вік				Похилий вік	
	I період		II період		Вік (роки)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
	Вік (роки)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )	Вік (роки)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )		
1	22	751,4	37	809,9	61	703,4
2	22	585,6	38	763,7	61	668,6
3	23	843,2	38	538,5	61	602,2
4	24	815,8	38	616,1	62	620,6
5	24	760,5	40	689,7	62	737,5
6	25	768,7	40	773,9	62	800,2
7	26	564,1	41	612,0	63	441,3
8	27	861,2	43	651,9	63	827,7
9	27	722,2	43	837,1	63	706,2
10	29	795,7	45	650,0	64	493,2
11	30	930,7	46	527,3	64	688,6
12	31	593,4	49	572,1	65	803,2
13	31	612,6	50	865,6	67	482,3
14	32	744,1	52	709,6	67	603,3
15	32	749,8	53	540,6	67	867,2
16	33	766,1	53	777,4	68	542,6
17	33	798,8	53	817,8	68	688,2
18	35	847,7	54	798,1	68	523,5
19	35	559,4	54	854,3	72	661,4
20	35	879,0	55	721,6	73	543,3
21			56	618,5		
22			56	868,4		
23			58	486,5		
24			58	603,3		
25			60	412,4		
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		747,5±110,4		684,7±130,0		650,2±121,9*

Примітка: синім кольором виділені мінімальні показники, червоним – максимальні. \* – різниця двох середніх порівняно з I періодом зрілого віку є вірогідною,  $p < 0,05$ .

Якщо врахувати дані літератури [127-130, 132, 133, 229], за якими процес старіння організму (інволютивний процес) призводить до зменшення загальної маси головного мозку, то реєстровані нами зменшення

планіметричних показників мозолистого тіла в похилому віці є цілком природними. І швидше за все такий процес індивідуально по-різному має початок десь у II періоді зрілого життя, але за наявними у нас метричними показниками це навіть приблизно встановити не вдасться. Проте ми можемо побудувати діаграму (рис. 4.4), у якій у порівняльний ряд поставимо мінімальні, максимальні та середньоарифметичні значення площі мозолистого тіла трьох вікових періодів. На цій діаграмі можна побачити, що помітна сходинка до зменшення площі мозолистого тіла реєструється між I і II періодами зрілого віку, а різниця планіметричних показників між періодом похилого віку та попереднім періодом життя виявляється зовсім незначною. Тому виникає питання: чи правомірно на цій підставі робити висновок про початок інволютивних процесів у мозолистому тілі на зазначеному етапі розвитку, який у розвитку головного мозку вважається стабільним та найбільш продуктивним в інтелектуальному відношенні? Зараз ми вважаємо розумним утриматися від такого висновку. Цілком можливо, що цю відмінність між планіметричними показниками мозолистого тіла I та II періодів зрілого віку можна пояснити кількісною недостатністю відповідних вибірок його анатомічних препаратів, адже його дійсні розмірні показники, як було відзначено вище, характеризуються великою індивідуальною різноманітністю.

Та все ж, якщо розглядати в загальному кількісному масиві спостережень, що включають 65 препаратів у зрілому та похилому віці, є підстави говорити про існуючу загальну тенденцію до невеликого зменшення мозолистого тіла чоловіків із віком. Це може здатися суперечливим нашому попередньому висновку про відсутність прямої залежності між віком і розмірною індивідуальною варіативністю мозолистого тіла. Але необхідно розуміти, що в останньому випадку йдеться про внутрішньогруповий іррегулярний розкид метричних показників за віковою шкалою, у якій приховується тенденція до загальногрупової зміни.



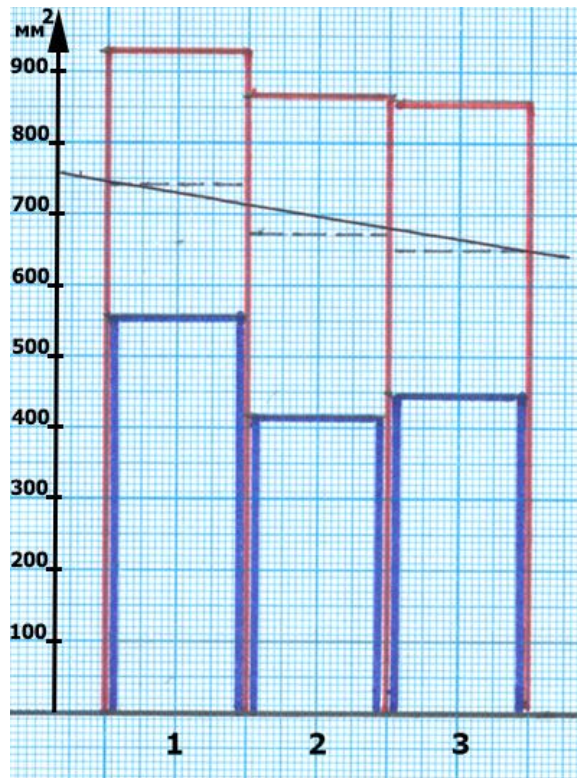


Рис. 4.4. Діаграма, що ілюструє відмінність усереднених показників загальної площі сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків у різні вікові періоди життя (1 – I період зрілого віку, 2 – II період зрілого віку, 3 – похилий вік).

Синім кольором показані мінімальні значення, червоним – максимальні, штрихпунктиром – середньоарифметичні.

Наприкінці ми ще раз відзначимо, що найбільш показовим розмірним параметром мозолистого тіла слід вважати площу його сагітального профілю із тих міркувань, що саме її межі охоплюють, визначені генотипом, множинні сукупності комісуральних нервових провідників, здійснюючих асоціативні взаємодії між відповідними центрами нової кори, яка, як відомо, є матеріальною основою свідомої діяльності людини. Усі інші лінійні метричні показники навіть у своїй сукупності в цьому відношенні, на нашу думку, не можуть вважатися досить повноцінними. Тому, якщо наші міркування із цього приводу правильні, то в перспективі на практиці за допомогою методів магнітно-резонансної томографії можна буде спробувати перевірити, чи

дійсно є прямий зв'язок між загальною площею сагітального профілю мозолистого тіла й інтелектуальною різноманітністю людини. Згідно з нашими даними, ймовірно, у чоловіків вона (площа мозолистого тіла) має досить широкий діапазон. Цікаво буде з'ясувати це питання і з огляду на жінок.

#### **4.2. Результати морфометричного аналізу анатомічних препаратів мозолистого тіла жінок зрілого, похилого та старечого віку**

У цьому розділі ми не подаємо наочних ілюстрацій (макрофотографій) сагітального профілю мозолистого тіла жінок, оскільки серед них не можна відібрати такі, які б за зовнішнім сприйняттям (на око) відрізнялися від аналогічних чоловічої статі. Це пояснюється не раз згадуваною нами в попередньому тексті надзвичайно великою індивідуальною варіативністю загальної конфігурації мозолистого тіла, що складається в онтогенезі як результат фенотипічної комбінаторики його окремих частин. Що ж до метричних показників, які у жінок, як встановлено нами при морфометрії МРТ-зображень, дещо поступаються таким же чоловіків, то вони для зовнішнього сприйняття є зовсім невиразними. Інакше кажучи, статевий диморфізм форми та метричних показників сагітального профілю мозолистого тіла втрачається в індивідуальній різноманітності таким чином, що у чоловіків зустрічаються варіанти жіночого типу і навпаки. У цьому можна переконатися тільки у ході детального ознайомлення з результатами різнобічного морфометричного дослідження, які представлені в зведених таблицях 4.5 - 4.8. Передусім у їх однотипних матрицях у жінок має місце такий же чітко виражений хаотичний (іррегулярний) характер розподілу всіх лінійних і планіметричних показників мозолистого тіла, як і у чоловіків, що зафіксовано в розкіді мінімальних (синій колір) і максимальних (червоний колір) значень, які не мають (в межах окремих вікових груп) прямої

залежності від вікової градації. При такому багатofакторному аналізі, як було показано в попередньому підрозділі цього розділу, найбільш показовим параметром сагітального профілю мозолистого тіла є його сумарна площа, метричних значень якої повністю вистачить для того, щоб судити про індивідуальну варіативність статевого диморфізму мозолистого тіла за віковими групами.

Подальший аналіз ми зводимо до рішення наступних завдань:

1. Порівняльне зіставлення планіметричних даних, отриманих при вивченні анатомічних препаратів мозолистого тіла та його МРТ-зображень серед жінок.

2. Статева відмінність площі анатомічних препаратів сагітального профілю мозолистого тіла.

3. Порівняльна оцінка міжгрупових вікових змін площі сагітального профілю мозолистого тіла жінок за даними морфометричного аналізу його анатомічних препаратів.

Вирішення першого завдання полягає в з'ясуванні того, наскільки розрізняються результати, отримані нами при вимірі площі серединного профілю мозолистого тіла жінок у прижиттєвому та посмертному станах. При цьому прижиттєвий стан демонструють дані, отримані у форматі МР-томографій, що у нас обмежено проаналізованими в третьому розділі дисертації 20-ма томограмами жінок II періоду зрілого віку. Їх можна зіставити з аналогічними, отриманими при морфометрії 19-ти анатомічних препаратів мозолистого тіла жінок того ж вікового періоду, даними, які в повному обсязі та прийнятому нами алгоритмі представлені в таблиці 4.6. У її останній графі для порівняння подані середні значення відповідних метричних параметрів мозолистого тіла жінок у прижиттєвому стані (за МР-томограмами). Ми бачимо, що в середньостатистичному відношенні за усіма порівнюваними метричними параметрами є відмінності, які проте не такі значні, щоб можна було говорити про помітну розбіжність розмірності мозолистого тіла жінок у прижиттєвому стані від такої ж після смерті.

Таблиця 4.5

**Зведені морфометричні дані за анатомічними препаратами сагітального профілю  
мозолистого тіла жінок I періоду зрілого віку**

№ з/п	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)	Поздовжній розмір по стягуючій хорді (мм)	Максимальна висота стовбурової опуклості (мм)	Довжинно-висотний індекс мозолистого тіла (%)	Довжина переднього стовбурового стегна (мм)	Довжина заднього стовбурового стегна (мм)	Сума довжин (мм)	Периметр сагітального зрізу (мм)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
1	26	14,6	8,8	15,8	78,3	25,0	31,3	40,2	45,8	86,0	214,9	840,4
2	29	11,4	6,6	11,9	76,4	26,6	28,7	29,4	54,4	83,8	221,4	745,4
3	30	13,9	8,4	13,1	87,0	27,3	31,9	45,3	51,5	96,8	246,3	851,1
4	32	9,4	6,7	7,9	76,6	30,3	25,3	37,6	47,3	84,9	233,4	714,0
5	32	12,0	6,9	9,9	64,5	23,6	27,3	41,4	33,2	74,6	187,2	549,7
6	32	12,4	6,5	12,9	76,0	23,0	33,0	38,7	46,0	84,7	204,6	699,4
7	32	14,8	6,1	12,9	77,9	20,1	38,8	42,4	39,0	81,4	208,2	702,1
8	33	9,8	6,1	10,7	69,4	28,6	24,3	42,3	38,9	81,2	215,0	661,5
9	34	11,7	5,7	13,1	77,5	25,1	30,9	40,8	45,9	86,7	215,3	648,5
10	34	10,8	6,1	10,2	78,7	23,1	34,1	43,2	40,3	83,5	218,1	681,2
11	34	7,8	5,2	10,8	77,5	31,5	24,6	40,5	50,1	90,6	230,8	614,0
12	35	8,8	8,1	9,6	75,2	39,5	19,0	30,2	62,7	92,9	251,7	774,1
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		11,5±2,3	6,8±1,1	11,6±2,1	76,3±5,4	25,7±3,4	29,1±5,3	39,3±4,9	46,3±7,9	85,6±5,8	220,6±17,9	706,8±87,5

Примітка: синім кольором виділені мінімальні показники, червоним – максимальні.

Таблиця 4.6

**Зведені морфометричні дані за анатомічними препаратами сагітального профілю  
мозолистого тіла жінок II періоду зрілого віку**

№ з/п	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)	Поздовжній розмір по стягуючій хорді (мм)	Максимальна висота стовбурової опуклості (мм)	Довжинно-висотний індекс мозолистого тіла (%)	Довжина переднього стовбурового стегна (мм)	Довжина заднього стовбурового стегна (мм)	Сума довжин (мм)	Периметр сагітального зрізу (мм)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	36	6,5	3,8	8,8	65,8	18,4	35,8	33,5	35,8	69,3	186,2	386,4
2	36	8,3	5,2	10,2	68,7	25,7	26,7	35,0	42,2	77,2	196,1	536,9
3	36	6,9	6,8	12,2	67,7	35,6	19,0	41,4	42,0	83,4	231,0	729,3
4	37	7,6	5,6	9,9	65,1	22,7	28,7	24,7	48,5	73,2	194,7	518,5
5	38	8,9	5,9	13,4	68,9	20,1	34,3	33,0	40,5	73,5	188,9	552,4
6	40	13,9	7,5	11,2	64,5	24,4	26,4	33,9	40,6	74,5	182,5	655,4
7	43	7,0	6,2	9,7	66,3	33,2	20,0	41,0	38,2	79,2	215,4	612,2
8	44	10,6	5,4	9,7	69,5	22,0	31,6	34,4	41,8	76,2	196,0	533,1
9	44	13,6	8,5	9,6	70,5	24,4	28,9	26,0	51,5	77,5	198,4	693,8
10	45	15,3	7,2	12,0	87,5	26,7	32,8	42,4	52,8	95,2	238,7	792,1
11	46	6,4	4,9	8,4	73,9	30,2	24,5	43,5	43,3	86,8	218,4	493,5
12	48	8,4	4,2	11,3	65,9	20,1	32,8	31,3	40,9	72,2	183,6	409,4
13	49	13,1	7,1	11,1	73,4	25,2	29,1	39,7	44,7	84,4	205,4	716,6
14	50	12,9	6,9	10,4	71,7	24,5	29,3	34,7	48,0	82,7	193,7	650,4
15	51	14,3	7,0	13,9	82,3	24,7	33,3	41,5	48,2	89,7	220,9	809,8
16	51	10,5	7,7	15,1	75,1	25,5	29,5	35,9	47,8	83,7	218,9	754,8
17	53	11,6	6,5	11,0	63,3	23,0	27,5	31,3	38,7	70,0	178,7	618,3
18	53	10,8	6,6	11,5	71,0	28,5	24,9	35,4	45,8	81,2	214,5	687,9
19	55	9,6	6,2	12,8	70,1	27,1	25,9	32,2	47,6	79,8	204,9	652,2

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		10,3±2,9	6,3±1,2	11,2±1,8	70,6±6,1	25,4±4,3	28,5±4,5	35,3±5,3	44,2±4,7	79,5±6,8	203,5±17,2	621,2±120,8
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$ (за резу- льта- тами МРТ- дос- лід- жен- ня)		11,4±1,4	6,7±0,9	10,9±1,4	68,0±3,3	25,1±2,6	27,3±2,5	39,0±2,4	37,7±3,1	76,7±3,4	198,8±13,3	644,5±94,4

Примітка: синім кольором виділені мінімальні показники, червоним – максимальні.

Таблиця 4.7

**Зведені морфометричні дані за анатомічними препаратами сагітального профілю  
мозолистого тіла жінок похилого віку**

№ з/п	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)	Поздовжній розмір по стягуючій хорді (мм)	Максимальна висота стовбурової опуклості (мм)	Довжинно-висотний індекс мозолистого тіла (%)	Довжина переднього стовбурового стегна (мм)	Довжина заднього стовбурового стегна (мм)	Сума довжин (мм)	Периметр сагітального зрізу (мм)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	58	9,6	6,3	12,5	74,5	27,5	27,1	36,0	44,8	80,8	212,5	570,6
2	58	13,8	8,2	9,0	67,3	32,6	20,6	46,9	39,8	86,7	208,2	652,5
3	59	13,0	8,2	15,0	80,0	28,5	28,1	33,7	53,6	87,3	222,2	877,5
4	60	13,0	5,5	8,0	67,5	25,1	26,9	36,4	39,3	75,7	196,4	561,8
5	61	9,5	5,5	11,1	80,7	32,7	24,7	45,0	48,8	93,8	242,5	708,8
6	61	9,5	7,2	12,1	77,4	23,7	32,7	36,9	46,8	83,7	210,8	617,9
7	62	6,5	4,0	12,1	76,1	32,1	23,7	37,7	46,9	84,6	246,4	608,7
8	63	11,3	6,0	10,8	76,0	25,1	30,3	37,7	46,3	84	222,6	639,1
9	63	11,4	5,3	11,4	76,0	21,7	35,0	44,8	38,5	83,3	206,4	557,7
10	65	11,1	4,3	11,9	74,4	21,8	34,1	37,9	40,7	78,6	208,2	565,4
11	65	9,4	6,1	9,5	62,6	19,9	31,5	34,9	32,1	67,0	172,7	537,3
12	66	10,5	5,3	10,7	74,8	26,4	28,3	35,4	46,1	81,5	211,9	598,1
13	68	11,8	6,7	9,3	74,4	27,4	27,2	40,5	43,8	84,3	214,1	638,8
14	68	10,5	5,0	11,4	75,9	18,5	41,0	38,8	41,8	80,6	200,7	529,6
15	68	9,4	6,5	12,5	77,9	24,2	32,2	42,3	43,1	85,4	219,6	629,7
16	68	13,9	7,7	13,3	73,5	22,8	32,2	42,7	38,5	81,2	196,5	737,3
17	68	13,2	6,5	12,7	77,8	27,4	28,4	42,5	43,8	86,3	225,8	817,5
18	69	11,6	7,9	11,1	78,0	27,6	28,3	40,6	44,4	85,0	234,8	800,2
19	70	12,0	8,6	8,7	80,3	27,9	28,8	41,3	48,3	89,6	219,1	734,8

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	70	8,1	5,6	9,2	68,5	23,3	29,4	27,5	47,4	74,9	198,6	510,6
21	70	10,8	5,4	9,6	71,6	21,2	33,8	34,4	44,7	79,1	194,7	496,9
22	70	8,8	4,6	10,2	70,2	22,1	31,8	32,2	44,7	76,9	198,2	476,4
23	72	11,3	6,7	7,9	75,5	22,0	34,3	34,9	48,2	83,1	214,7	553,1
24	74	10,8	7,5	11,7	70,5	32,3	21,8	45,1	36,9	82,0	220,2	755,5
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		10,9 $\pm$ 1,8	6,3 $\pm$ 1,3	10,9 $\pm$ 1,8	74,2 $\pm$ 4,5	25,6 $\pm$ 4,1	29,7 $\pm$ 4,6	38,6 $\pm$ 4,7	43,7 $\pm$ 4,7	82,3 $\pm$ 5,4	212,4 $\pm$ 16,3	632,3 $\pm$ 108,3

Примітка: синім кольором виділені мінімальні показники, червоним – максимальні.



Таблиця 4.8

**Зведені морфометричні дані за анатомічними препаратами сагітального профілю  
мозолистого тіла жінок старечого віку**

№ з/п	Вік (роки)	Товщина коліна мозолистого тіла (мм)	Товщина стовбура мозолистого тіла (мм)	Товщина валика мозолистого тіла (мм)	Поздовжній розмір по стягуючій хорді (мм)	Максимальна висота стовбурової опуклості (мм)	Довжинно-висотний індекс мозолистого тіла (%)	Довжина переднього стовбурового стегна (мм)	Довжина заднього стовбурового стегна (мм)	Сума довжин (мм)	Периметр сагітального зрізу (мм)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	75	8,3	5,6	11,2	69,1	25,2	27,4	32,4	47,3	79,7	201,0	523,1
2	77	9,9	6,6	9,3	64,4	24,8	26,0	33,6	41,6	75,2	190,3	542,4
3	77	12,6	9,4	9,8	67,7	21,0	32,2	31,4	43,8	75,2	183,6	641,2
4	77	10,0	4,6	9,8	69,9	27,3	25,6	36,2	45,9	82,1	216,2	556,1
5	78	13,0	7,9	13,7	76,3	23,1	33,0	32,5	50,6	83,1	210,2	748,5
6	78	10,0	5,4	8,3	56,3	20,9	26,9	30,6	36,1	66,7	162,8	404,5
7	78	9,4	6,8	13,6	84,3	33,0	25,5	39,3	55,7	95,0	245,1	741,6
8	78	7,4	4,6	7,7	68,1	27,3	24,9	28,7	46,5	75,2	212,9	491,3
9	79	11,0	7,4	9,0	62,7	20,2	31,0	32,5	38,4	70,9	165,2	547,1
10	80	12,1	7,3	12,8	83,6	28,4	29,4	43,4	47,4	90,8	228,5	842,6
11	80	10,7	5,6	11,3	70,5	23,3	30,3	32,3	45,2	77,5	207,8	580,9
12	80	9,9	6,2	10,0	62,9	24,0	26,2	38,0	33,9	71,9	183,2	578,2
13	81	9,4	5,6	11,8	68,4	22,0	31,1	35,4	40,0	75,4	191,6	569,1
14	82	10,2	3,6	11,0	75,1	26,7	28,1	39,2	46,2	85,4	223,7	541,9
15	82	12,7	7,0	9,8	80,7	30,8	26,2	51,3	37,9	89,2	237,7	705,8
16	82	15,9	5,4	11,1	87,4	21,4	40,8	44,9	48,0	92,9	233,7	652,0
17	83	8,2	4,7	9,0	69,1	23,2	29,8	38,9	37,4	76,3	192,8	473,5
18	84	9,5	4,5	9,0	73,7	28,9	25,5	42,6	43,0	85,6	215,8	534,5
19	84	12,0	6,6	11,7	75,7	24,3	31,2	36,8	46,5	83,3	220,8	659,4
20	86	9,5	5,6	10,8	79,1	27,6	28,7	38,4	49,9	88,3	225,7	589,6
21	86	13,4	6,6	12,2	81,8	27,6	29,6	41,4	47,1	88,5	234,0	783,8

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22	88	12,0	6,7	13,1	64,0	22,0	29,1	34,9	35,7	70,6	183,1	550,6
23	89	10,3	6,3	12,2	81,2	28,4	28,6	37,1	52,3	89,4	236,9	772,9
24	89	11,6	5,3	10,8	69,2	22,3	31,0	39,4	37,6	77,0	190,0	456,2
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		10,8±1,9	6,1±1,3	10,8±1,7	72,6±8,0	25,2±3,4	29,1±3,4	37,1±5,2	43,9±5,8	81,1±7,8	208,0±23,4	603,6±113,5

Примітка: синім кольором виділені мінімальні показники, червоним – максимальні.

Як було вже нами вказано вище, найбільш інформативним метричним показником мозолистого тіла є загальна площа, яка при вимірі його анатомічних препаратів у жінок характеризується (також як і у чоловіків) великим індивідуальним розкидом значень у межах від 386,4 до 809,8 мм<sup>2</sup> (середньоарифметичне значення – 621,2±120,8 мм<sup>2</sup>). Нагадаємо, що при вимірі мозолистого тіла жінок за МР-томограмами указаний розкид виявляється не таким значним; він перебуває в межах від 511,5 до 855,4 мм<sup>2</sup>. При цьому середньоарифметичний показник мозолистого тіла в прижиттєвому стані є більшим за посмертний усього лише на 23 мм<sup>2</sup>, що знаходиться в межах середньостатистичного відхилення. Нагадаємо, що у чоловіків таке співвідношення (різниця між середньоарифметичними значеннями площі мозолистого тіла за життя та після смерті) має зворотне значення. Цим ще раз підтверджується наша теза про значне зміщення індивідуальної варіативності статевого диморфізму мозолистого тіла, що відбиває випадковий характер появи фенотипічних ознак серед живих організмів.

Але при зіставленні вимірів площі мозолистого тіла чоловіків і жінок у загальному масиві планіметричних досліджень ми повинні знайти усереднену різницю між їх значеннями. Так, якщо у чоловіків середнє значення загальної площі сагітального профілю анатомічних препаратів мозолистого тіла дорівнює 684,7±130,0 мм<sup>2</sup>, то у жінок воно відповідає 621,2±120,8 мм<sup>2</sup>, тобто у жінок того ж вікового періоду (II період зрілого віку) площа мозолистого тіла приблизно на 64 мм<sup>2</sup> менша за таку ж чоловіків. Можна сказати, що вказана різниця теж укладається в межі середньостатистичного відхилення. Але якщо згадати, що у ході планіметричного аналізу мозолистого тіла в МРТ-форматі було отримано результати, які також вказують на деяке невелике переважання площі його сагітального профілю у чоловіків, то це дає підстави говорити, що у жінок мозолисте тіло за основними метричними параметрами (не лише планіметричним, але й лінійним) дещо менше, ніж у чоловіків. Про це

йшлося в попередньому розділі дисертації, у якому вказується, що різниця загальної площі сагітального профілю мозолистого тіла між чоловіками та жінками знаходиться в прямій залежності більше від довжини його стовбурового відділу, ніж від інших лінійних показників. При чому слід зазначити, що статевий диморфізм мозолистого тіла виражається також і у деякій нерівнозначності між довжиною його переднього та заднього стегон: у чоловіків останнє в середньому приблизно на 4 мм довше, ніж у жінок. Природно, що переднє стегно у них знаходиться в пропорційно зворотному відношенні. Приблизно такі ж дані реєструються при морфометрії анатомічних препаратів мозолистого тіла (таблиця. 4.2 і 4.6). Отже, висновки, які сформульовані в третьому розділі щодо статевого диморфізму мозолистого тіла у другому періоді зрілого віку, можуть залишатися без суттєвих правок.

Тепер розглянемо третє питання, суть якого полягає в порівняльній оцінці планіметричних параметрів анатомічних препаратів мозолистого тіла жінок у віці до II періоду зрілості (I період зрілого віку) та в наступні від нього вікові періоди (похилий та старечий). Усі їх розмірні характеристики подані у зведених таблицях 4.5, 4.7 і 4.8, в однотипних матрицях яких вони вистроєні по графах згідно з внутрішньогруповою віковою градацією. При цьому в кождих стовпчиках зі внесеними відповідними метричними показниками нами виділено синім і червоним кольором їх мінімальні та максимальні значення, що спрощує, по-перше, сприйняття іррегулярного характеру розподілу цих значень і, по-друге, ілюструє їх незалежність від внутрішньогрупової вікової градації, тобто тут ми спостерігаємо ту ж індивідуальну варіативність мозолистого тіла, що і у чоловіків.

Як було прийнято нами при розгляді результатів морфометричної характеристики анатомічних препаратів мозолистого тіла чоловіків, відповідний аналіз усієї цифрової розмірності мозолистого тіла жінок ми зведемо до одного основного метричного параметра, яким є сумарна площа його сагітального профілю. Для цього ми усі її цифрові значення аналогічно

до чоловічих згрупували у віковому порядку в одній зведеній таблиці (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

**Зведені дані планіметричного аналізу сагітального профілю мозолистого тіла жінок зрілого, похилого та старечого віку**

№ з/п	Зрілий вік				Похилий вік		Старечий вік	
	I період		II період		Вік (роки)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )	Вік (роки)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )
	Вік (роки)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )	Вік (роки)	Площа сагітального зрізу (мм <sup>2</sup> )				
1	26	840,4	36	386,4	58	570,6	75	523,1
2	29	745,4	36	536,9	58	652,5	77	542,4
3	30	851,1	36	729,3	59	877,5	77	641,2
4	32	714,0	37	518,5	60	561,8	77	556,1
5	32	549,7	38	552,4	61	708,8	78	748,5
6	32	699,4	40	655,4	61	617,9	78	404,5
7	32	702,1	43	612,2	62	608,7	78	741,6
8	33	661,5	44	533,1	63	639,1	78	491,3
9	34	648,5	44	693,8	63	557,7	79	547,1
10	34	681,2	45	792,1	65	565,4	80	842,6
11	34	614,0	46	493,5	65	537,3	80	580,9
12	35	774,1	48	409,4	66	598,1	80	578,2
13			49	716,6	68	638,8	81	569,1
14			50	650,4	68	529,6	82	541,9
15			51	809,8	68	629,7	82	705,8
16			51	754,8	68	737,3	82	652,0
17			53	618,3	68	817,5	83	473,5
18			53	687,9	69	800,2	84	534,5
19			55	652,2	70	734,8	84	659,4
20					70	510,6	86	589,6
21					70	496,9	86	783,8
22					70	476,4	88	550,6
23					72	553,1	89	772,9
24					74	755,5	89	456,2
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$		706,8±87,5		621,2±120,8		632,3±108,3		603,6 ±113,5*

Примітка: синім кольором виділені мінімальні показники, червоним – максимальні. \* – різниця двох середніх порівняно з I періодом зрілого віку є вірогідною,  $p < 0,05$ .

Порівнюючи між собою ці дві таблиці (4.4 і 4.9), особливо за інтервалом розкиду між мінімальними та максимальними значеннями, можна переконатися у правильності висновку, зробленого в третьому розділі про те, що у жінок індивідуальна варіативність мозолистого тіла виражена більше, але при дещо меншому середньоарифметичному значенні площі його сагітального профілю, ніж у чоловіків. Проте на це вказують і усі інші лінійні параметри мозолистого тіла за винятком товщинних розмірів його коліна, стовбура та валика.

Що ж до самої порівняльної оцінки метричних параметрів анатомічних препаратів мозолистого тіла жінок за чотирма віковими періодами (I і II періоди зрілого віку, а також періоди похилого та старечого віку), то її більш показово подано в графічному форматі у вигляді діаграми, яка в метричному вираженні зіставляється з такою ж чоловіків (рис. 4.5). У ній поставлені в порівняльний ряд мінімальні (синій колір), максимальні (червоний колір) і середньоарифметичні (горизонтальна пунктирна лінія) значення площі мозолистого тіла жінок відповідних вікових груп.

Ця діаграма відрізняється від такої ж чоловіків відсутністю помітного вікового (інволютивного) ухилу, оскільки в ній за висотою стовпців не спостерігається вираженої схильності до такої тенденції. Загалом на вказаній діаграмі спостерігається якийсь різнобіг планіметричних параметрів мозолистого тіла жінок за віковими групами, який в принципі суперечить очікуваним результатам. І все це через те, що в похилому віці значення площі мозолистого тіла жінок виявляються найбільш максимальними, перевищуючи такі ж двох попередніх періодів (I і II періоди зрілого віку), що не може не викликати сумнівів, якщо не припустити, що причиною такої невідповідності є випадкова варіативність вибірки анатомічних препаратів, у якій зрушення було у бік максимальних розмірів мозолистого тіла. Дійсно, указаний факт підтверджується при зіставленні характеру розподілу мінімальних і максимальних значень цієї вікової групи з іншими (таблиця.4.9). Якщо ж проігнорувати ці дані та порівняти між собою два

попередні періоди (I та II періоди зрілого віку) і період старечого віку, то ми з усією очевидністю помітимо тенденцію до невеликого зменшення розмірів мозолистого тіла у міру старіння жінок. На діаграмі ця тенденція позначена прямою скісною лінією, що з'єднує середньоарифметичні значення площі мозолистого тіла жінок I періоду зрілого віку та старечого віку.

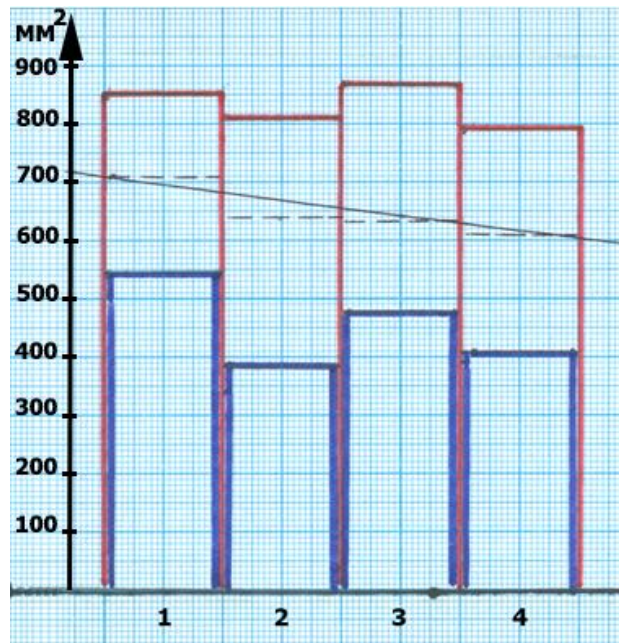


Рис. 4.5. Діаграма, що ілюструє різницю усереднених показників площі сагітального профілю мозолистого тіла жінок у різні періоди життя (1 – I період зрілого віку; 2 – II період зрілого віку; 3 – похилий вік; 4 – старечий вік).

Синім кольором виділені мінімальні показники, червоним – максимальні, штрихпунктиром – середньоарифметичні.

Ми розуміємо, що наші міркування з цього приводу є дещо натягнутими, але вони не позбавлені сенсу в тому розумінні, що ми оперували випадковими й обмеженими в кількості вибірками об'єктів, які відрізняються великою варіативністю. Вважаємо, що з наближенням до їх генералізованої вибірки, були б отримані більш переконливі результати про інволютивний ухил мозолистого тіла, як у чоловіків, так і у жінок. При цьому необхідно врахувати, що такий висновок повністю узгоджується із

загальновідомими даними про зменшення загальної маси головного мозку людини у міру її старіння. На жаль, ми не можемо сказати, в якому саме віці починається вказаний процес, але маємо підстави стверджувати, що цей перехідний період індивідуально варіює, при чому у великих межах.

Таким чином, ми в подробицях ознайомилися з індивідуальною варіативністю конфігурації та метричних параметрів анатомічних препаратів сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків і жінок зрілого, похилого та старечого віків. При цьому з'ясувалося, що його контурні обриси є більш виразними в порівнянні з такими ж у МРТ-форматі, що дозволяє усебічно деталізувати наші уявлення про анатомічну будову мозолистого тіла. Цим аспектам присвячений наступний підрозділ цього розділу.

#### **4.3. Загальна форма та макро-, мікроскопічна будова мозолистого тіла людей зрілого віку**

Як було відзначено в передмові до цього розділу, про мозолисте тіло склалися переважно однобічні уявлення щодо форми його поперечного профілю, що отримується в результаті міжпівкульного серединного зрізу великого мозку, детальний опис якого зроблено у третьому розділі. Насправді анатомічні відомості про нього значно ширші та з більшою або меншою повнотою описані в усіх посібниках із анатомії людини. Судячи з даних літератури ці відомості ніколи не переглядалися та не уточнювалися. Інакше кажучи, вони вважаються непорушною істиною. Щоб переконатися наскільки це так, ми вирішили провести перевірку шляхом прямого візуального вивчення посмертно узятих препаратів мозолистого тіла. Але перш ніж приступити до викладу власних даних із метою показового виявлення відмінностей між ними та усталеними уявленнями стисло нагадаємо основні відомі факти, що стосуються додаткових особливостей зовнішньої будови мозолистого тіла в межах його міжпівкульного проміжку.



Подані нижче відомості є результатом узагальнення описів, уміщених у різних посібниках із анатомії людини, виданих у різний час, включаючи й останні роки. Ознайомлення з їх текстами дає підстави говорити, що починаючи з 19 століття дані про зовнішню будову мозолистого тіла не зазнали суттєвих змін.

Згідно з ними в проміжку між півкулями мозолисте тіло є нерівномірною за товщиною пластинкою білої речовини, у якій виділяють дві поверхні – верхню та нижню, зігнуті відповідно до його бічного профілю, описаного в попередньому розділі. На верхній поверхні через тонкий шар сірого покриття (*induseum griseum*) в деяких місцях видимі поперечні смуги (*striae transversalis*), що є зовнішнім відображенням пучків міжпівкульних (кортико-кортикальних) нервових волокон, які транзитно проходять через мозолисте тіло. Тут слід звернути увагу на саму назву «поперечні смуги» та її тлумачення.

Саме сіре покриття, за даними літератури, вивчене досить поверхнево; відомості про нього обмежуються тільки двома короткими зауваженнями, згідно з одним із яких воно є залишком гіпокампу, а з іншим – стоншеною мозковою корою, як її перехід з протилежної поясної звивини.

Окрім того, верхня поверхня міжпівкульної частини мозолистого тіла привертає увагу наявністю поздовжньо протягнутих по ній дещо підвищених смуг, серед яких виділяються дві серединно зближені (*striae longitudinalis medialis*) і пара бічних (*striae longitudinalis lateralis*), що межують із поясною звивиною. Спереду ті й інші смуги, опоясуючи коліно мозолистого тіла, досягають підмозолистої звивини, а ззаду – продовжуються під валиком, досягаючи гіпокампальної зони у вигляді зубчастої звивини, у чому простежується кільцева замкнутість у структурах лімбічного мозку. За даними літератури ці смуги представлені пучками нервових волокон, які забезпечують асоціативні взаємодії між віддаленими давніми утвореннями плаща.

Нижня поверхня мозолистого тіла примітна тим, що дещо назад від середини його стовбура з нею зрощене тіло мозкового склепіння, що належить також до лімбічного мозку. Але на цьому розгляд морфологічних зв'язків мозолистого тіла з іншими утвореннями не закінчується. Не можна не враховувати, що простір між передньою частиною стовбура, коліном і дзьобом мозолистого тіла, з одного боку, і стовпами мозкового склепіння, з іншого, затягнуті двома, серединно розташованими тонкими пластинками мозкової речовини, які розділені між собою вузьким простором, – це так звана прозора перегородка. Сьогодні відсутні які-небудь дані про внутрішню будову цього утворення. Як би то не було, але для нас важливий той факт, що воно якимсь чином має бути пов'язане з внутрішньою структурою мозолистого тіла.

Представлений вище короткий нарис про зовнішню будову мозолистого тіла має за мету показати, по-перше, як воно описане в літературі та, по-друге, довести те, що його внутрішня будова, очевидно, не обмежується тільки комісуральними зв'язками між контрлатеральними кірковими центрами нового плаща, але й якимсь чином включає зв'язки з підсвідомою сферою психічної діяльності людини. Тому при вивченні мозолистого тіла доводиться враховувати ці аспекти.

Тепер передусім нам випадає нагода порівняти існуючий у літературі образ мозолистого тіла з отриманими нами результатами вивчення його натуральних препаратів, посмертний матеріал для яких було взято у Харківському обласному бюро судово-медичної експертизи.

Для цього витягнутий із черепа головний мозок (у 10 чоловіків і 10 жінок II періоду зрілого віку) після відмивання та фіксації в 10% розчині формаліну піддавався препаруванню шляхом довільного тупого відламу верхньої маси півкуль великого мозку, внаслідок чого досягалося оголення верхньої поверхні стовбурового відділу мозолистого тіла, з якої робилися фотографічні знімки.

Подальша процедура полягала у відділенні мозолистого тіла від білої речовини півкуль та інших суміжних утворень головного мозку, що давало можливість побачити його поверхню, обернену в порожнини бічних шлуночків.

У ході розгляду верхньої поверхні мозолистого тіла відразу стає очевидною загальна подібність його рельєфу з описаною вище за даними літератури картиною. Проте при уважному розгляді форми утворень, які знаходяться на цій поверхні та мають назву поздовжніх і поперечних смуг, таке враження виявляється не зовсім вірним. Передусім зазначені утворення не настільки однакові за формою, щоб їх можна було зрівнювати між собою загальною назвою «смуги», яка має значення довгого рівного сліду на якій-небудь поверхні. І тут йдеться не про термінологічну умовність, а про виникаюче неправильне уявлення не лише щодо форми цих утворень, але й щодо їх структурної сутності. Можна сказати, що дещо натягнуто ця назва може бути застосована для поздовжньо орієнтованих зовнішньою поверхнею мозолистого тіла «смуг», пара яких у контрлатеральній позиції займає пограничне положення між вільною частиною мозолистого тіла та медіальними поверхнями поясної звивини, хоча на вигляд вони мають форму прокладеного нерівною зовнішньою поверхнею канатика округлої конфігурації завтовшки приблизно 1,5 мм. Тому, зберігаючи цю назву (бічні поздовжні смуги), ми повинні розуміти під нею частково відособлені від мозолистого тіла канатикоподібні провідникові (тобто такі, що складаються з пучків нервових волокон) тяжі, здійснюючі зв'язок між протилежно віддаленими центрами лімбічного мозку. Слід зазначити, що в деяких випадках спостерігаються індивідуальні варіанти у вигляді невеликих їх відгалужень, які в медіальному напрямі занурюються в товщу мозолистого тіла. В інших випадках бічні поздовжні смуги не мають форми безперервних тяжів, а нагадують собою шовну строчку через хвилеподібне огинання ними поперечних валиків, про які буде йтися далі (рис. 4.6, 4.7). Але як би то не було, ці бічні тяжі (бічні поздовжні смуги) ми можемо розглядати як бічні

пограничні орієнтири широтної межі вільної (міжпівкульної) частини мозолистого тіла, а отже, у нас з'являється можливість визначити його ширину шляхом простого виміру поперечної відстані між ними. Ці метричні дані є тільки орієнтовними, оскільки для їх отримання було узято усього лише по 10 препаратів мозолистого тіла чоловіків і жінок (табл. 4.10). Проте за значенням середньої помилки випадкової вибірки вони виявляються цілком достовірними.

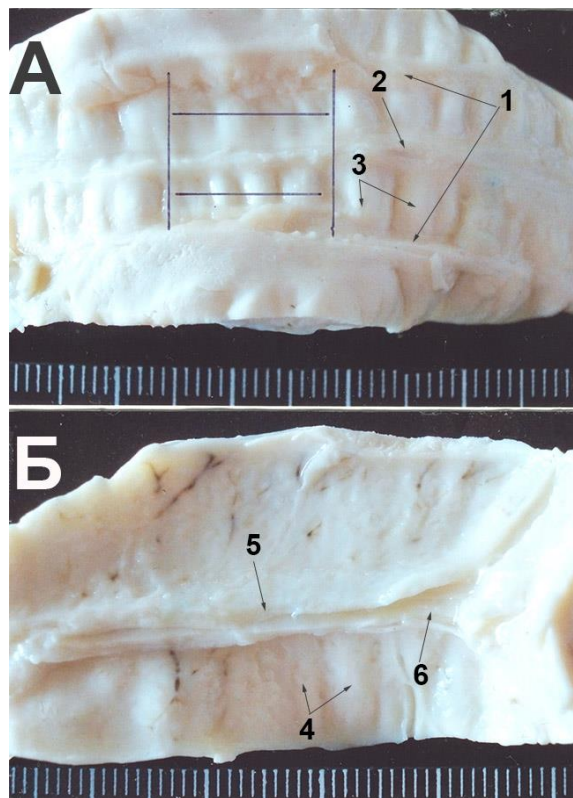


Рис. 4.6. Стовбуровий відділ мозолистого тіла жінки 55 років.

А – верхня поверхня, Б – нижня поверхня.

1 – бічні поздовжні смуги, 2 – присередня поздовжня смуга, 3 – поперечні валикоподібні підвищення (поперечні смуги), 4 – нижні поперечні валикоподібні підвищення, 5 – залишки пластинок прозорої перегородки, 6 – залишок тіла мозкового склепіння.

Слід зазначити, що ці результати обмежуються тільки стовбуровим відділом мозолистого тіла. Згідно з ними ширина стовбурового відділу

мозолистого тіла у чоловіків варіює в межах від 9 до 16 мм (середньоарифметичне значення дорівнює  $13,0 \pm 2,5$  мм), тоді як у жінок розкид між мінімальним (11,0 мм) і максимальним (20,0 мм) значеннями більший, ніж у чоловіків, при фактично невеликій різниці середньоарифметичного показника, який дорівнює  $14,4 \pm 2,7$  мм. Інакше кажучи, характер індивідуальної варіативності ширини стовбурового відділу мозолистого тіла у жінок більш різноманітний у порівнянні з таким же у чоловіків, що нами долучається до суми інших метричних параметрів індивідуальної варіативності статевго диморфізму мозолистого тіла.

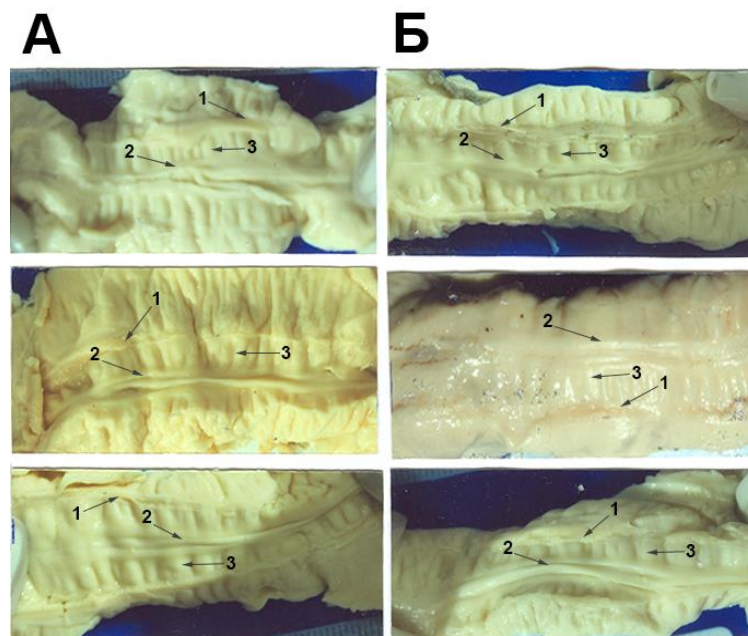


Рис. 4.7. Верхня поверхня стовбурового відділу мозолистого тіла людей зрілого віку.

А – чоловіки, Б – жінки.

1 – бічні поздовжні смуги, 2 – присередні поздовжні смуги, 3 – поперечні валикоподібні підвищення (поперечні смуги).

У проміжному положенні між даними нервововолокнистими тяжами (поздовжніми бічними смугами) упродовж верхньої поверхні мозолистого тіла пролягає, за даними літератури, пара зближених між собою подібних утворень, які називаються присередніми поздовжніми смугами. Проте за

нашими спостереженнями вони далеко не в усіх випадках відрізняються парністю розташування, тобто форма їх індивідуально варіює. Так, нерідко це утворення має вигляд поодинокого поздовжнього тяжа, що відповідає серединній площині головного мозку (рис. 4.6, 4.7), в інших випадках воно місцями розщеплюється. Але разом із цим у нашій невеликій вибірці зустрілися й варіанти його відносно широкої роздвоєності. У таких випадках на верхній поверхні стовбурового відділу мозолистого тіла знаходилися чотири, приблизно рівновіддалених один від одного, тяжа, тобто два бічних і два присередніх (рис. 4.7).

Таблиця 4.10

### Ширина мозолистого тіла людей зрілого віку

№ з/п	Відстань між бічними поздовжніми смугами (мм)	
	Чоловіки	Жінки
1	14	13
2	11	11
3	16	14
4	12	20
5	16	15
6	9	14
7	13	14
8	10	17
9	13	11
10	16	15
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	13,0 $\pm$ 2,5	14,4 $\pm$ 2,7

Але в жодному випадку нам не довелося зустріти таке утворення в класичному варіанті, тобто у вигляді двох прямуючих паралельно присередніх поздовжніх смуг. Звичайно, це не означає, що таких варіантів не буває. Напевно, у нашу вибірку препаратів вони не потрапили, що свідчить про можливість існування іще багатьох інших індивідуальних форм зовнішнього контуру обов'язкових (неодмінних) утворень, пов'язаних із верхньою поверхнею мозолистого тіла, які тісно спаяні з підлеглою під ним товщою і тому від нього невід'ємні. Додатковими окремими свідченнями

цього є місцеві занурення поздовжніх смуг, що періодично зустрічаються по їх довжині, в товщу мозолистого тіла. Це, як було відзначено вище, іноді надає їм вигляду шовної строчки. Окрім того, їх форма багато в чому залежить від рельєфу тієї поверхні, по якій вони поздовжньо пролягають; а це вже стосується іншого типу утворень верхньої поверхні мозолистого тіла, які називаються в літературі поперечними смугами, тобто такими, що знаходяться під прямим кутом до поздовжніх.

Досить одного погляду, щоб переконатися, що ці утворення ніякої подібності зі смугами не мають, бо насправді вони є поперечно розташованими валикоподібними тяжами, які надають верхній поверхні стовбура мозолистого тіла хвилеподібно-рубчастого вигляду (рис. 4.6, 4.8). Забігаючи дещо наперед, скажемо, що вони є зовнішнім відображенням внутрішньої організації власне мозолистого тіла, тобто його основної маси, що бере участь у суто комісуральних зв'язках між контрлатеральними зонами кори півкуль великого мозку. Слід зазначити, що на верхній поверхні мозолистого тіла у жінок (порівняно з чоловіками) вони розташовуються в дещо розрідженому стані таким чином, що між ними знаходяться більш виражені поглиблення, проте за товщиною (у поперечнику вони варіюють від 2,0 до 3,5 мм) такі утворення приблизно однакові (рис. 4.3). Зважаючи на це, можна зробити вартій уваги висновок, що у жінок порівняно з чоловіками верхня поверхня стовбурового відділу мозолистого тіла відрізняється меншою кількістю поперечних валикоподібних підвищень (іменованих у літературі поперечними смугами), що ми вважаємо за можливе віднести до однієї з морфологічних ознак статевого диморфізму мозолистого тіла.

Як було сказано вище, товщина цих валикоподібних підвищень як у чоловіків, так і у жінок приблизно однакова, при чому ніякої закономірності в їх чергуванні між собою не відзначається; у кожному індивідуальному варіанті характер їх розподілу має свої особливості. Раніше вони представлялися нам прямолінійно спрямованими у поперечному напрямі верхньої поверхні мозолистого тіла, що насправді не так. Адже в межах

широтного розміру мозолистого тіла (між бічними поздовжніми смугами) більшість із них піддається дихотомічному розділенню, причому одні з них діляться в правому напрямку, а інші – у лівому. Найчастіше таке розділення відбувається під покриваючою їх присередньою поздовжньою смугою. Очевидно, воно є зовнішнім проявом розщеплювання пучків нервових волокон у межах вільної частини мозолистого тіла з парціальним переходом їх із однієї множинної сукупності в іншу. Цілком можливо, що це лежить в основі того, що через мозолисте тіло здійснюється зв'язок не лише між симетричними, але й асиметричними контрлатеральними кірковими центрами півкуль великого мозку.

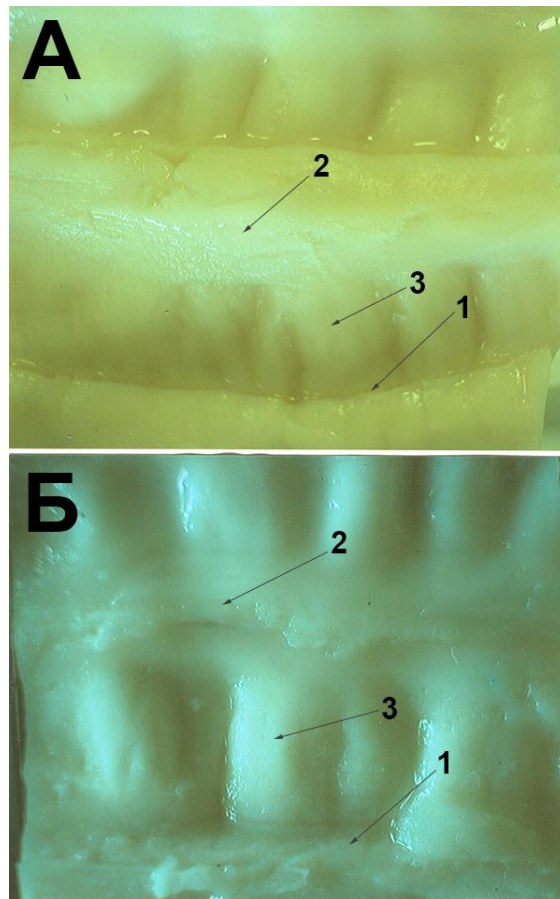


Рис. 4.8. Верхня поверхня стовбурового відділу мозолистого тіла людей зрілого віку: чоловіка, 49 років, (А) та жінки, 55 років, (Б). Бінокулярна лупа (мікроскоп МБС-9), об'єктив 0,6<sup>x</sup>.

1 – бічні поздовжні смуги, 2 – присередні поздовжні смуги, 3 – поперечні валикоподібні підвищення.



Також ми не виключаємо можливості зв'язку цієї асиметричності двох половин (вправо та вліво від присередньої поздовжньої смуги, яку можна розглядати як центральну лінію, тобто медіану, двосторонньої симетрії) міжпівкульної частини мозолистого тіла з функціональною асиметрією півкуль великого мозку. До речі, в літературі питання про наявність такого зв'язку піднімається. Однак, автори, на нашу думку, підібрали для його вирішення не зовсім коректний підхід, використавши при дослідженні за допомогою методів магнітно-резонансної томографії тільки серединні зображення мозолистого тіла, тоді як слід було б удатися до його двостороннього вивчення шляхом зміщення зрізу вправо та вліво від серединної площини. У зв'язку з цим вважаємо за потрібне відзначити, що судячи з даних літератури на сучасному етапі у сфері прижиттєвого вивчення різних відділів головного мозку людини за допомогою засобів магнітно-резонансної томографії дослідники зовсім не схильні вникати у подробиці тривимірної будови таких утворень, які можна отримати тільки за допомогою анатомічного препарування.

Але цим не обмежується розгляд поперечних валикоподібних підвищень, розташованих на верхній поверхні мозолистого тіла, бо вони, виходячи з-під бічних поздовжніх смуг, продовжуються в товщу білої речовини обох півкуль, зберігаючи при цьому свою валикоподібну форму (рис. 4.6, 4.7). У процесі препарування при доволіному відриві мозолистого тіла від маси білої речовини ми змогли виявити, що на поверхні відриву з боку мозолистого тіла поперечні валикоподібні підвищення, занурюючись у його товщу, з'єднуються між собою, утворюючи комплексні формування з різною профільною конфігурацією (рис. 4.9). Вступаючи в товщу білої речовини півкуль, ці сукупні формування, що складаються з мієлінізованих волокон, мабуть, зазнають видозміни, але все-таки, прямуючи цим шляхом до кінцевої мети (до того або іншого кіркового центру), зберігають у ньому свої територіальні межі. Слід зазначити, що в такому ракурсі ні мозолисте тіло, ні комісуральні провідні шляхи ще не вивчалися.

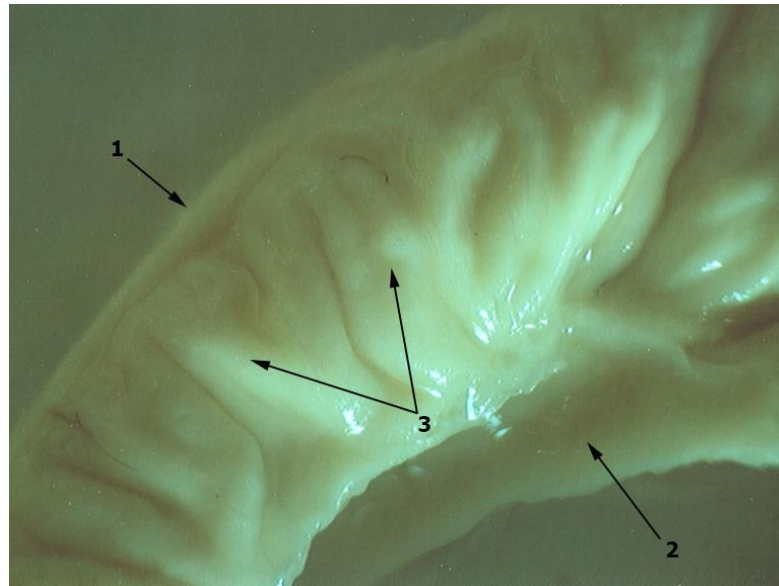


Рис. 4.9. Боковий вигляд товщі мозолистого тіла на місці відриву від білої речовини півкулі. Бінокулярна лупа (мікроскоп МБС-9), об'єктив 0,6<sup>x</sup>.

1 – верхня та 2 – нижня поверхні мозолистого тіла; 3 – комісуральні канатики мозолистого тіла на межі переходу в білу речовину півкулі.

Але це ще не все. У літературі зовсім не приділяється увага вивченню нижньої поверхні мозолистого тіла. Відомо тільки, що вона в його стовбуровій частині є верхньою стінкою центрального відділу бічних шлуночків, розділених між собою по серединній площині, зрощеній із нижньою поверхнею мозолистого тіла, прозорою перегородкою, що ззаду доповнюється тілом мозкового склепіння. Доречним буде нагадати, що мозкове склепіння починається стовпами від соскоподібних тіл, які потім об'єднуються в тіло, що зростається з нижньою поверхнею мозолистого тіла (на межі між заднім відділом стовбура та валиком). Звідси вони розходяться, спрямовуючись у передні полюси скроневих часток, де продовжуються у правий і лівий гіпокамп. У цій формі виражається подвійне призначення мозкового склепіння: з одного боку, воно здійснює асоціативний зв'язок у межах однієї половини лімбічних структур за допомогою стовпів і ніжок, а з іншого – забезпечує комісуральну асоціацію між протилежними половинами давнього плаща за допомогою гіпокампальної спайки (чи спайки склепіння).

Але, на нашу думку, цим не обмежується асоціативна роль мозкового склепіння. Зважаючи на те, що його злита частина у вигляді тіла зрощена знизу з мозолистим тілом, стає очевидною його опосередкована роль у комутаційних взаємодіях між лімбічним мозком і новим плащем через колекторну систему мозолистого тіла. Цим ми ще не завершуємо розгляд морфологічних зв'язків мозолистого тіла з іншими нервовими утвореннями. Не можна обійти увагою й той факт, що проміжок між передньою частиною стовбура, коліном і дзьобом мозолистого тіла, з одного боку, і стовпами мозкового склепіння, з іншого, затягнутий двома серединно розташованими тонкими пластинками мозкової речовини, які розділені між собою вузьким простором шириною приблизно в 1 мм, – це так звана прозора перегородка. У плані наших інтересів хочемо звернути увагу на те, що вона якимсь чином може бути пов'язана з внутрішньою структурою мозолистого тіла.

В усьому сказаному вище легко переконатися під час проведення процесу препарування мозолистого тіла з метою отримання доступу до його нижньої поверхні. Так, при видаленні прозорої перегородки і мозкового склепіння виразно видно на його нижній поверхні залишки описаних утворень. При цьому прозора перегородка має вигляд подвійного серединно розташованого обідка, що розходить назад до місця знаходження спайки мозкового склепіння (рис. 4.6). Звертає увагу, що цей подвійний обідок від прозорої перегородки в точності співпадає за проекцією з розташованою на верхній поверхні мозолистого тіла присередньою поздовжньою смугою. Створюється враження, що прозора перегородка, як би проходячи наскрізь мозолисте тіло, виступає на його верхній поверхні. Подальші дослідження показали, що це не так. Але ще залишається під знаком питання те, чи мають структури прозорої перегородки органічний зв'язок із умістом самого мозолистого тіла. Слід зазначити, що в літературі дотепер відсутні дані про мікроскопічну будову пластинок прозорої перегородки. Тому зараз важко сказати, чи вони повністю складаються з переплетення нервових волокон, чи у них є й тіла нервових клітин. Відомо тільки, що це утворення належить

системі лімбічного мозку, де воно пов'язане з механізмами емоцій. Але як би то не було, питання стоїть так: чи пов'язана зазначена структура прозорої перегородки з провідниковою системою мозолистого тіла? Ми спробуємо з'ясувати це у процесі вивчення мікроскопічної будови мозолистого тіла.

У плані нашого розгляду зовнішньої будови власне мозолистого тіла його нижня поверхня цікава тим, що на ній під епендимною досить розбірливо проглядаються поперечно розміщені валикоподібні підвищення, подібні до таких же підвищень на його верхній поверхні з тією лише різницею, що вони більш одноманітні завширшки без наявності дихотомічного ділення. Ці підвищення утворюють впорядковані ряди з обох боків від серединно розташованого місця прикріплення прозорої перегородки (рис. 4.6). Саме у такому порядку вони продовжуються в товщу білої речовини півкуль великого мозку.

На підставі викладених вище даних можна зробити попередній висновок, що власне мозолисте тіло в розумінні того, що воно забезпечує переважно комісуральний зв'язок між контрлатеральними кірковими центрами нового плаща, складається з певної кількості тяжистих формувань, які візуалізуються на макроскопічному рівні (неозброєним оком). У зв'язку з тим, що в літературі про них немає згадок, ми пропонуємо називати їх комісуральними канатиками мозолистого тіла або його фунікулярними складовими, які можуть розглядатися як субкальозні одиниці першого порядку.

З метою їх більшої морфологічної об'єктивізації нами було застосовано секційний метод внутрішнього вивчення мозолистого тіла, який полягав у отриманні з його тотальних препаратів тонких пластинчатих зрізів, товщина яких не перевищувала 2 мм. Стандартизація товщини таких зрізів забезпечена за допомогою сконструйованого для цього дволезового секційного ножа, який є пластиковою пластинкою відповідної товщини (2 мм), до одного краю якої з обох боків (паралельно між собою)

прикріплюється два леза безпечної бритви так, щоб їх вільні частини були дещо більше товщини мозолистого тіла (рис. 4.10).

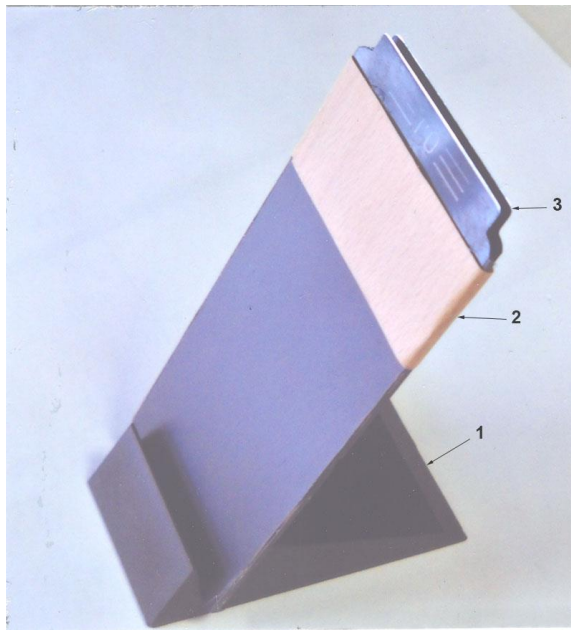


Рис. 4.10. Двохлезовий секційний ніж.

1 – основа з пластикової пластинки, товщиною 2 мм; 2 – фіксуючий обхват для лез; 3 – леза безпечних бритв.

Уся процедура отримання стандартизованих за товщиною пластинчатих зрізів мозолистого тіла полягала передусім у висіченні з тотального препарату (у його стовбуровому відділі) частини, рівної довжині робочої частини бритвеного леза, із якої потім за допомогою цього секційного ножа сікли необхідні смужки в перпендикулярному до поперечних валикоподібних підвищень напрямі, тобто поздовжньо стовбуру мозолистого тіла, як це показано на рис. 4.6.

Окрім того, подібні пластинчаті зрізи були отримані в поперечному напрямку стовбура мозолистого тіла. Отже, у просторовій орієнтації мозолистого тіла в черепі нами були зроблені його зрізи у двох взаємно перпендикулярних площинах – сагітальній і фронтальній. Далі отримані таким чином тканинні пластинки мозолистого тіла піддавали пластинації в

епоксидній смолі, як це описано у розділі «Матеріали та методи дослідження».

Після полімеризації були отримані епоксидні пластинки з уміщеними в них тканинними зразками мозолистого тіла, під час перегляду яких у бінокулярній лупі не виявлено ніякої структури. Тому подальшим завданням було оголення цих тканинних структур шляхом їх шліфовки та поліровки з одного боку епоксидної пластинки, унаслідок чого в їх товщі стала добре проглядатися напівпрозора, просочена епоксидною смолою, речовина мозолистого тіла. Однак, і в цьому випадку його структура під світловим мікроскопом не розрізняється, що пояснюється надзвичайно щільним зосередженням у мозолистому тілі переважно однорідних мікроскопічних елементів, що надають йому ізотропних властивостей. Цими елементами, як відомо, є мієлінізовані нервові волокна, що містять багато жироподібних речовин, які ускладнюють наскрізне їх просочення епоксидною смолою. Беручи це до уваги ми і вирішили використати для пластинації відносно тонкі, як вказано вище, тканинні пластинки мозолистого тіла.

Єдиним використаним нами для отримання загального уявлення про внутрішній вміст мозолистого тіла засобом стало тотальне забарвлення зішліфованої поверхні епоксидних пластинок відповідним барвником, у якості якого нам служив 1% розчин метиленового синього на 1% розчині бури, що є найбільш доступним і найбільш ефективним реактивом для цих цілей. Умови і способи такої процедури в подробицях представлені в розділі «Матеріали та методи дослідження».

Отримані таким чином готові препарати вивчали і фотографували за допомогою бінокулярної лупи МБС-9, оснащеної цифровою фотоприставкою.

Після приблизно 10-хвилинної експозиції епоксидних шліфів у розчині метиленового синього поверхнево оголені у них тканини мозолистого тіла набувають середнього за інтенсивністю синього забарвлення за рахунок реакції його з хромотропними субстанціями, до яких належать структуровані

хімічні речовини, що містять кислотні групи (нуклеїнові та жирні кислоти, глікозаміноглікани та ін.) При уважному розгляді забарвлених препаратів звертає на себе увагу тинкторіальне диференціювання в інтенсивності базofilного фарбування тканин мозолистого тіла за його товщиною (рис. 4.11). Так, найменш забарвленими виявляються поверхневі (із верхнього та нижнього боку) шари мозолистого тіла, тобто ті шари, які з верхнього боку відповідають положенню сірого покриття, а з нижньою – шару, прилеглому до епендими, тоді як серединна його товща відрізняється найінтенсивнішою базofilією, що свідчить про найбільшу концентрацію в ній хромотропних субстанцій.

На поздовжніх зрізах (у сагітальній площині) мозолистого тіла з верхнього боку виразно проглядаються поперечні валикоподібні підвищення в поперечному розрізі (рис. 4.12, 4.13). При чому привертає увагу те, що висота деяких із них співвимірні з товщиною підлягаючої частини мозолистого тіла. У зв'язку з цим поперечний профіль його стовбурового відділу в сагітальному розрізі повинен мати нерівну, хвилеподібну по верхній поверхні конфігурацію, що далеко не завжди реєструється при магнітно-резонансній томографії. Винятком є ті окремі випадки, які нам зустрічалися при описі форми мозолистого тіла в МРТ-форматі у третьому розділі нашої дисертації у вигляді наявності перехватів у його стовбуровому відділі та на межі з валиком (рис. 3.2 – 3.7). У зв'язку з цим доречним буде відзначити, що усі дослідники, які займаються вивченням трасірованого картирування провідників мозолистого тіла за допомогою методів магнітно-резонансної томографії зовсім не враховують цю особливість його зовнішньої будови.

Роль цих поперечних валикоподібних підвищень на верхній поверхні мозолистого тіла у його вивченні досить значна, оскільки вони, як було вказано вище, є зовнішнім відображенням внутрішньої будови цього утворення, у якій проглядається певна впорядкованість у формі об'єднання в його складі окремих порційних сукупностей нервових провідників,

доступних візуалізації неозброєним оком у вигляді канатика, завтовшки від 2 до 3,5 мм. Для того, щоб підтвердити повноту такого визначення, потрібно встановити, наскільки тісно ці валикоподібні підвищення згруповані в мозолистому тілі та чи виявляються між ними граничні межі, тобто чи можна говорити про те, що вони, проходячи транзитно через мозолисте тіло, зберігають свою територіальну відособленість.

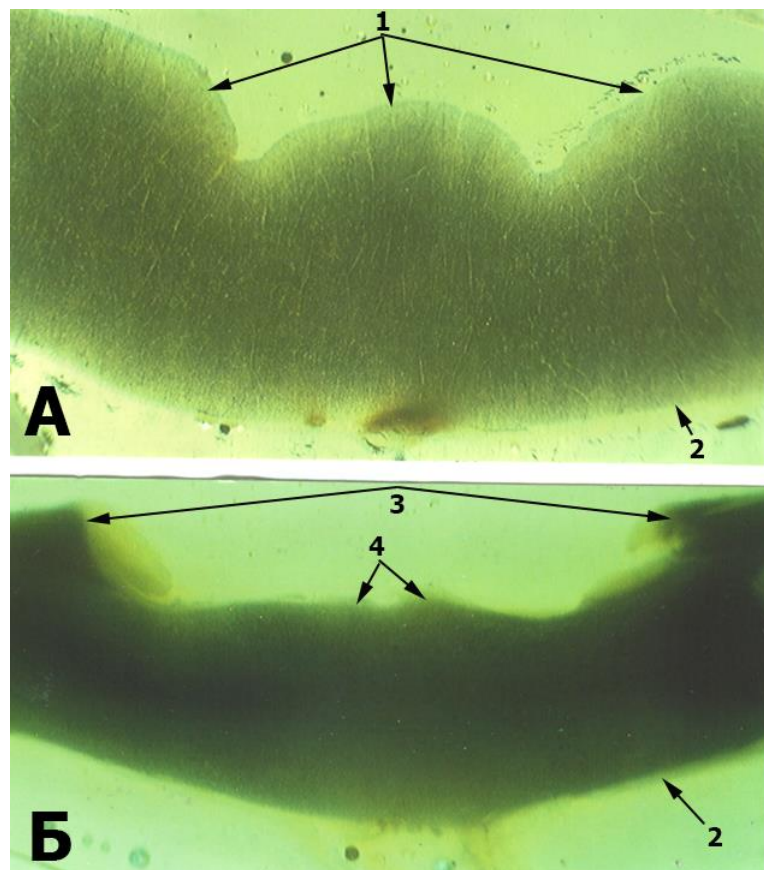


Рис. 4.11. Епоксидні шліфи мозолистого тіла людини, окрашені метиленовим синім. Бінокулярна лупа (мікроскоп МБС-9), об'єktiv 1<sup>x</sup>.

А – вигляд у сагітальній площині зрізу (поздовжньо стовбуру мозолистого тіла); Б – вигляд у фронтальній площині зрізу (поперечно стовбуру мозолистого тіла).

1 – поперечні валикоподібні підвищення; 2 – нижня поверхня мозолистого тіла; 3 – бічні поздовжні смуги; 4 – присередні поздовжні смуги.



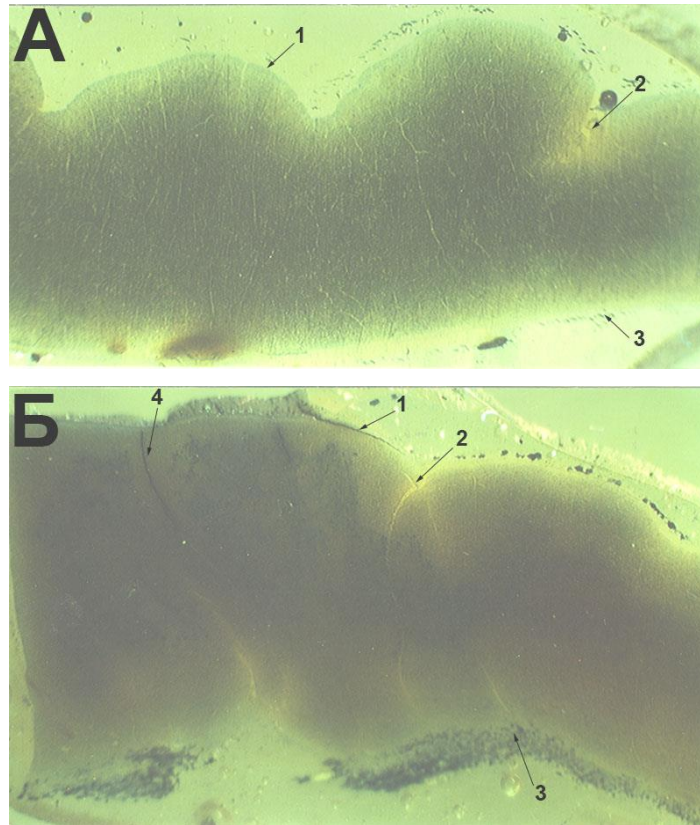


Рис. 4.12. Стовбуровий відділ мозолистого тіла в сагітальній площині зрізу (А – чоловіка, Б – жінки). Епоксидний шліф, забарвлення метиленовим синім. Бінокулярна лупа (мікроскоп МБС-9), об'єктив 2<sup>x</sup>.

1 – комісуральні канатики та їх підвищення над верхньою поверхнею мозолистого тіла; 2 – розділові щілини між комісуральними канатиками; 3 – нижня поверхня мозолистого тіла; 4 – кровоносна судина.

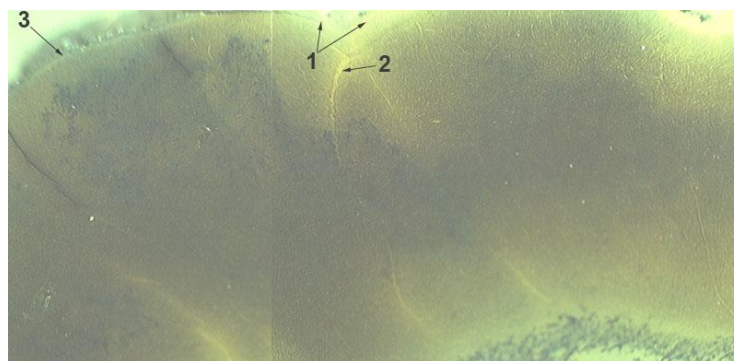


Рис. 4.13. Попередній препарат мозолистого тіла жінки при великому збільшенні (об'єктив 4<sup>x</sup>).

1 – комісуральні канатики в поперечному зрізі; 2 – розділяючі їх сполучнотканинні прошарки (септи); 3 – верхня поверхня мозолистого тіла.

Вивчення пластинованих в епоксидній смолі поздовжніх (у сагітальній площині) зрізів показало, що в цьому відношенні мозолисте тіло характеризується як індивідуальним, так і статевим диморфізмом. Останній проявляється в тому, що у чоловіків і жінок в одних випадках мозолисте тіло складається з гранично компактної сукупності фунікулярних субодиниць, між якими тільки намічаються вузькі просвітлені щілини, а в інших – виразно помітна його розчленованість на окремі, але тісно зближені між собою канатики, які у поперечному розрізі мають різноманітну форму, залежну від ступеня піднесення цих канатиків над верхньою поверхнею мозолистого тіла у вигляді поперечних валикоподібних підвищень (рис. 4.12, 4.13). Так, найбільш піднесені з них як би уклинюються між суміжними, менш піднесеними, канатиками, набуваючи в поперечному розрізі клиновидної форми, при чому їх вершина, спрямована вниз, не завжди досягає нижньої поверхні мозолистого тіла; тут на стику суміжних канатиків утворюється просвітлений проміжок трикутної форми, у межах якого у поперечному розрізі часто знаходиться дрібна кровоносна судина (рис. 4.14). Поруч із нею розташовані канатики з менш вираженою піднесеністю над верхньою поверхнею стовбура мозолистого тіла. Вони, маючи більш округлу форму, займають, зазвичай, усю його товщу. Такі взаємовідношення між канатиками, як правило, характеризуються чергуванням у поздовжньому напрямку стовбура мозолистого тіла та схильністю до індивідуальної варіативності.

Таким чином, за щільністю компонування провідникових канатиків (фунікулярних субодиниць) серед дорослих людей можна виділити два типи мозолистого тіла. Перший тип, звичайно відносно, ми назвемо щільним, а другий – розрідженим. На особливу увагу заслуговує те, що серед вивчених нами препаратів у чоловіків другий тип виявився у двох випадках із десяти, тоді як у жінок – у п'яти. Тому виникає бажання віднести цю форму компонування мозолистого тіла до жіночого типу. Проте ми розуміємо, що така статистика не є переконливою, оскільки ця кількість препаратів могла

виявитися результатом випадкової підбірки. Однак, указане співвідношення між щільним і розрідженим типами мозолистого тіла серед чоловіків і жінок може служити орієнтиром при вивченні його мікроскопічної будови на додатковій вибірці препаратів.

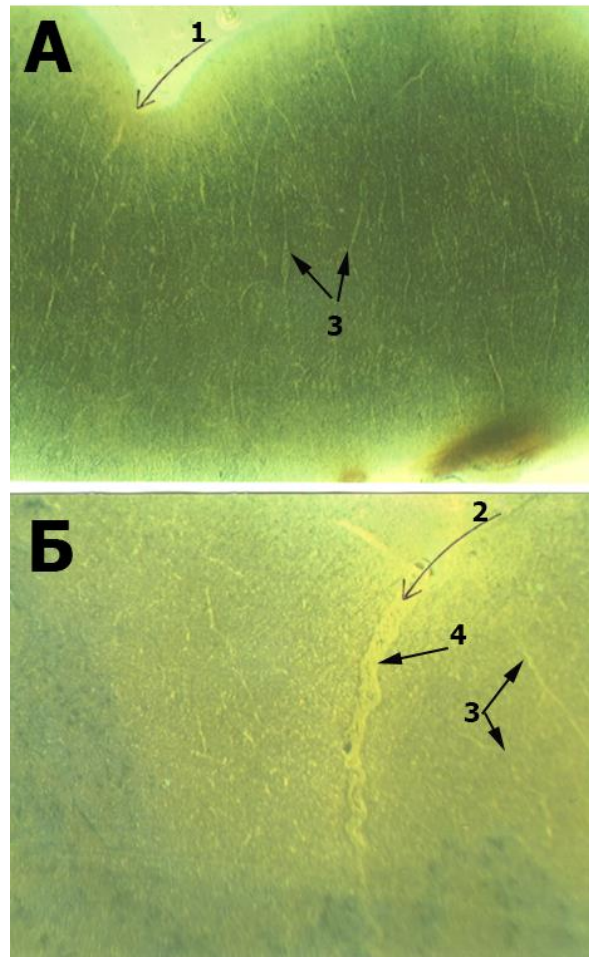


Рис. 4.14. Загальна внутрішня архітектоніка провідникових канатиків мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б). Епоксидний шліф. Забарвлення метиленовим синім. Бінокулярна лупа (мікроскоп МБС-9), об'єтив 7<sup>x</sup>.

1 – поглиблення між суміжними валикоподібними підвищеннями; 2 – міжфунікулярні сполучнотканинні прошарки; 3 – міжфасцикулярні інтерстиціальні прошарки; 4 – кровоносна судина.

Загальний контур поперечних зрізів (у фронтальній площині) мозолистого тіла значною мірою залежить від двох, крайне розташованих із боків «горбиків», які є поперечним розрізом поздовжніх бічних смуг. Проте

товщина його поперечного зрізу може бути різною, що залежить від зміни висоти піднесення на верхній поверхні мозолистого тіла поперечних валикоподібних підвищень, які, звісно, виявляються на цих зрізах у поздовжньому розрізі (рис. 4.15).

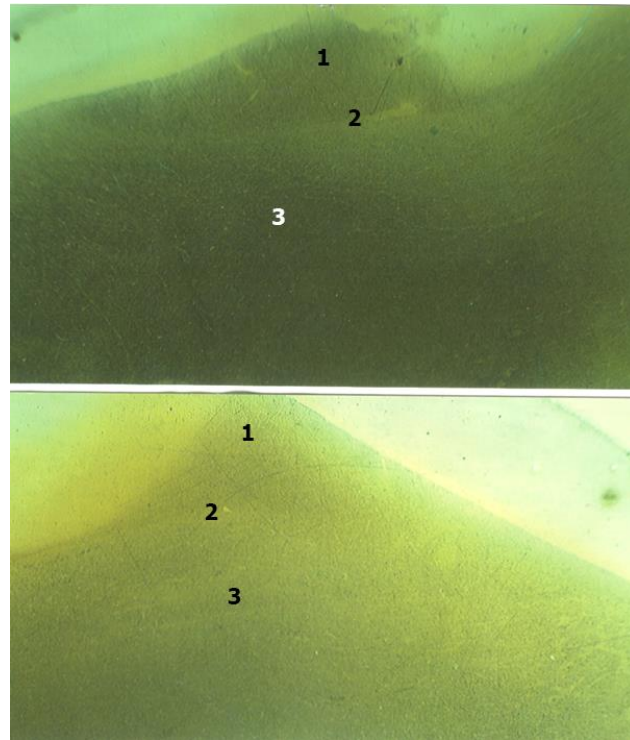


Рис. 4.15. Ділянка бічних смуг мозолистого тіла в їх поперечному розрізі (зріз у фронтальній площині). Епоксидний шліф. Забарвлення метиленовим синім. Бінокулярна лупа (мікроскоп МБС-9), об'єтив 7<sup>x</sup>.

1 – підвищення бічної поздовжньої смуги; 2 – світлий шар (менш базофільний), що відділяє бічну смугу від підлягаючої товщі (3) мозолистого тіла.

Цікавим є те, що вказані вище «горбики» (поперечний розріз бічних поздовжніх смуг) у реакції з метиленовим синім, набуваючи такої ж за інтенсивністю базофілії, що і середина товща мозолистого тіла, відокремлені від неї тонкою, світлішою смужкою (рис. 4.15). Це є свідченням того, що поздовжні бічні смуги, будучи пов'язаними з речовиною мозолистого тіла, є окремими провідниковими утвореннями. У проміжному

положенні між ними (у середній позиції поперечного зрізу мозолистого тіла) знаходиться одне або два (залежно від розрізу) невеликих підвищення, що належать до присередніх поздовжніх смуг, які, на відміну від бічних, не відрізняються від основної товщі мозолистого тіла за інтенсивністю базофілії.

При уважному розгляді усієї товщі мозолистого тіла у проекції поздовжніх присередніх смуг нами не виявлено ніяких морфологічних ознак, які б свідчили про їх зв'язок із розміщеними на протилежній від них нижній поверхні пластинками прозорої перегородки, за винятком парно розташованих дрібних кровоносних судин, що тут зустрічаються. Проте це ще доведеться уточнити при подальшому розгляді гістологічної будови мозолистого тіла.

Здобута шляхом вивчення епоксидних шліфів інформація не вичерпується поданими вище даними, оскільки виявилось можливим при великих збільшеннях біокулярної лупи (при об'єктивах  $4^x$  і  $7^x$ ) отримати деяке уявлення про загальну організацію тканинних структур у межах комісуральних канатиків (фунікулярних субодиниць) мозолистого тіла.

Передусім вдається розрізнити розмежувальні щілини між суміжними канатиками, які, зазвичай, беруть початок із боку верхньої поверхні мозолистого тіла (як продовження поглиблень між так званими поперечними смугами) або, у рідкісних випадках, їх можна виявити з боку нижньої поверхні (рис. 4.12; 4.13; 4.14). Особливо виразними за шириною вони є на препаратах мозолистого тіла з нещільним компонуванням у ньому канатиків. Зважаючи на розташування цих щілин, їх можна повноправно розглядати у якості міжфунікулярних сполучнотканинних септ, які складаються переважно з аморфної (колоїдної) речовини, уміщеної в осередки тонкопетлистої мережі ретикулярних волокон. Важливо відзначити, що в межах цих септальних прошарків постійно знаходяться дрібні кровоносні судини з поперечним, косим і поздовжнім профілями розрізу, що дає підстави говорити про їх звивистий хід у наскрізному напрямі від верхньої

поверхні мозолистого тіла до нижньої. Із цим фактом якоюсь мірою узгоджується висунене нами в обговоренні даних літератури припущення, що якщо (як свідчать дані літератури [10]) артерії, які належать мозолистому тілу, розташовані поверх нього, а вени – переважно внизу, то їх гілки, проникаючи в мозолисте тіло, повинні мати зустрічний напрям, формуючи в його товщі розгалужену мережу загального гемомікроциркуляторного русла, через яке трансмуральне переміщення крові буде мати низхідний вектор, що ще потребує підтвердження.

Але і зараз непрямим підтвердженням цього припущення можуть служити деякі особливості внутрішньої структури комісуральних канатиків, які помітні на епоксидних шліфах, забарвлених метиленовим синім. Показовими тут є шліфи, отримані в сагітальній площині розрізу мозолистого тіла, при якому комісуральні канатики опиняються в поперечному зрізі. У такій проекції видно, що їх товща змережена щонайтоншими прожилками, які мають переважно відвисну, тобто верхньо-нижню орієнтацію (рис. 4.14). Уся сукупність цих прожилок складається із темних і світлих смужок, що чергуються між собою та утворюють загалом пошарову покресленість, яка зовсім не співпадає з напрямом нервових волокон, що проходять транзитно через мозолисте тіло з однієї півкулі в іншу.

Уважно придивившись до цієї покресленості, ми виявили, що серед рядів світлих смужок (які поза сумнівом є інтерстиціальними прошарками) розташовані більш виразні за шириною прошарки, що розділяють усю масу провідникових канатиків на окремі пошарові секції, у межах яких знаходяться щільні сукупності нервових волокон. Поки що ми схильні орієнтовно їх називати фасцикулярними (пучковими) порціонами комісуральних канатиків мозолистого тіла (термін «порціон» ми запозичили у Г.Г. Автандилова [1], під яким автор розуміє субодиночку органу, що складається з організованої сукупності різнорідних тканинних структур).

Конкретніше їх буде розглянуто в наступному розділі при вивченні мікроскопічної будови мозолистого тіла.

Залишається звернути увагу на поверхневий шар верхньої поверхні мозолистого тіла, який при забарвленні метиленовим синім відрізняється слабо вираженою базофілією свого матриксу в порівнянні з підлягаючою товщею комісуральних канатиків, у зв'язку з чим покриття їх зовнішнього контуру набуває світлішого вигляду (рис. 4.11 А). Безумовно, у цьому випадку йдеться про так зване сіре покриття мозолистого тіла. На жаль, наявні про нього в літературі досить скудні відомості обмежуються тільки зауваженнями про те, що сіре покриття є або залишком гіпокампу, або стоншеною мозковою корою, як її перехід із протилежної поясної звивини.

Із метою більш виразної візуалізації мікроскопічної структури зазначеного поверхневого покриття нами були виготовлені гранично тонкі епоксидні шліфи мозолистого тіла, товщина яких не перевищувала 0,5 мм. Це дозволило проглядати їх у мікроскопі у світлі, що проходить, при відносно великих збільшеннях (з 10 і 20 кратними об'єктивами).

На рис. 4.16 видно, що це сіре покриття в загальному вигляді має переважно ворсисту структуру, що є тісною сукупністю двоконтурних волокон, які виходять із товщі комісуральних канатиків під прямим кутом до верхньої поверхні мозолистого тіла. На їх апікальних частинах у поверхневій площині в регулярному порядку розташовані клітини, що мають зірчасту форму із-за численних, радіально спрямованих від них відростків. Хоча вони дуже нагадують дендрит нейронів, до нервових клітин ці відростки не належать, підтвердження чого ми знаходимо в літературі, присвяченій вивченню питання структурної організації зовнішньої поверхні головного мозку [92]. Згідно з даними цих джерел центральна нервова система, як ціле, суцільно покрита клітинами глії по усій поверхні – як внутрішній (з боку шлуночків), так і зовнішній (з боку м'якої, судинної оболонки). На зовнішній поверхні мозку (мозолисте тіло не є винятком) знаходиться обмежуюча гліальна оболонка (*membrana limitans gliae superficialis*), представлена



ламелярними відростками астроглії, що складно налягають один на одного, та самими тілами астроцитів. Ця оболонка за допомогою тільки базальної мембрани відокремлена від розташованої поверх неї м'якої, судинної оболонки.

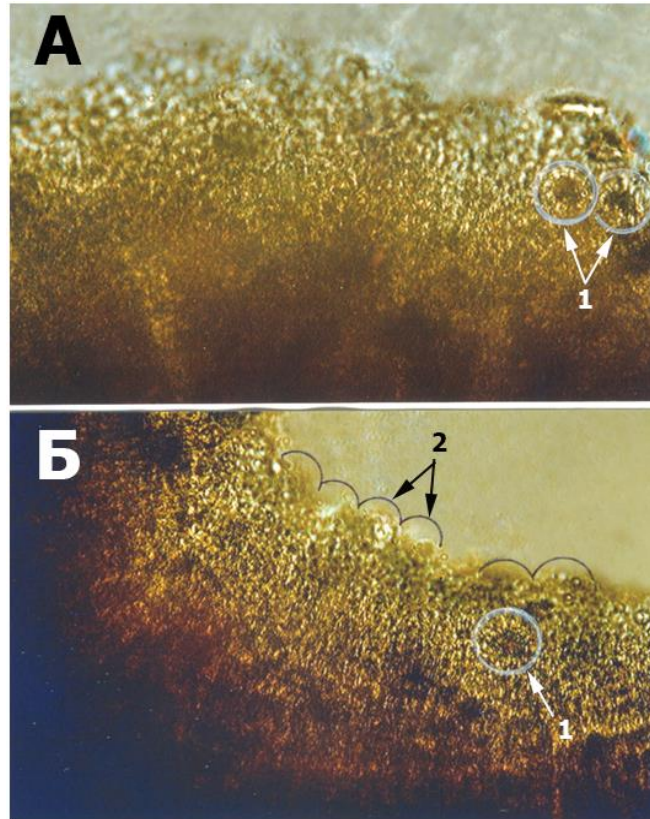


Рис. 4.16. Сіре покриття мозолистого тіла. Епоксидний шліф, товщиною 0,5 мм. Забарвлення метиленовим синім, об'єктив 20<sup>x</sup>. А – на вершині поперечного валикоподібного підвищення; Б – на його скаті.

1 – білими колами обведені окремі клітини астроглії; 2 – дугоподібні дужки вказують на колонкові сукупності двохконтурних волокнистих структур сірого покриття.

Отже, подані нами вище власні дані про поверхнєве покриття мозолистого тіла узгоджуються з уявленнями про природу самого термінального обмеження зовнішньої поверхні мозкової речовини. Значить, як і скрізь, мозолисте тіло покрите щонайтоншим шаром астроглії. Але нам ще досконально не відомо, чим є основний за товщиною шар сірого



покриття, який розташований під мозолистим тілом. Укажемо тільки, що, як було відзначено вище, він складається з тісної сукупності двоконтурних волокон, які, виходячи з товщі комісуральних канатиків, спрямовані під прямим кутом до обмежуючої гліальної оболонки. При уважному перегляді препаратів виявляється, що в цьому суцільному волокнистому покритті верхньої поверхні мозолистого тіла виділяються окремі сукупності, що мають колонкову форму; на рисунку 4.16 вони позначені дугоподібними дужками. Нами встановлено, що ширина цих колонкових сукупностей співвимірна з шириною фасцикулярних порціонів, як субодиниць комісуральних канатиків. Більш детальний розгляд структурної суті сірого покриття мозолистого тіла буде представлений у п'ятому розділі нашої дисертації, але і зараз із упевненістю можна сказати, що воно не має нічого спільного з сірою речовиною головного мозку.

Наступний пункт нашого розгляду анатомічної будови мозолистого тіла людей зрілого віку полягає в з'ясуванні того, як і у якій формі відобразатимуться вищеописані утворення на його сагітальних профільних зрізах, за якими серед дослідників і склалося образне уявлення про нього. Такий ракурс дослідження потрібний не лише для того, щоб поповнити вищевикладені дані, але й отримати можливість зіставити його посмертну форму із такими ж зображеннями в МРТ-форматі.

Це дослідження здійснене на препаратах головного мозку чоловіків і жінок зрілого віку після їх двотижневої фіксації у 10% розчині формаліну. Для розрізу головного мозку по поздовжній щілині використані три види інструментів: мікротомний ніж, мозковий плоский ніж і слайсер. У результаті виявилось, що за допомогою останнього приладу вдається отримати найрівніші та найякісніші зрізи.

У процесі їх виготовлення з'ясувалося, що характер обрису профільного контуру сагітального зрізу мозолистого тіла залежить від вибраної позиційної площини розрізу. У випадку, коли площина зрізу співпадає з серединною площиною, верхній і нижні контури мозолистого

тіла виявляються без яких-небудь помітних нерівностей, і загалом його сагітальний профіль є цілком порівнюваним із таким же, отриманим при МРТ-зображенні. Це пояснюється тим, що аналізований зріз припадає на присередні поздовжні смуги згори і на місце прикріплення прозорої перегородки знизу, що згладжує відповідні поверхневі нерівності. Зовсім інша картина спостерігається при невеликому бічному здвигу площини зрізу (вправо або вліво від серединної площини), особливо тоді, коли ніж слайсера дотично зрізує медіальну поверхню півкулі, що призводить до оголення сірої та білої речовин відповідної звивини мозку (рис. 4.17). У таких площинних позиціях сагітальних зрізів на верхній і нижній поверхнях мозолистого тіла стають добре помітними невисокі горбисті підвищення, які є поперечними розрізами описаних нами вище комісуральних канатиків (відомих під назвою поперечних смуг). При цьому по усій довжині мозолисте тіло має вигляд утвореного з безлічі стовпчикових за формою сегментів, висота яких співвідноситься з товщиною його відповідного відділу, тобто найнижчими вони є у стовбуровому відділі, а найвищими – у коліні та валику (рис. 4.17). Цілком зрозуміло, що в цьому випадку йдеться знову-таки про комісуральні канатики, які виявлені нами на епоксидних шліфах та описані вище.

Отже, у такому ракурсі розгляду, тобто в повному сагітальному профілі, мозолисте тіло можна представити як утворення, що має сегментарний принцип будови. Інакше кажучи, воно як би складається з подібних (але не рівних за розміром) елементів, що повторюються по його довжині. Звичайно, такий погляд не узгоджується з уже відомими нам знаннями про будову мозолистого тіла, згідно з якими воно складається з певної суми одноманітних за своєю внутрішньою будовою комісуральних канатиків. Але вони ж розподілені в його товщі згідно з сегментарним (чи метамерним) принципом, за винятком деяких із них, які, як було відзначено вище, уклинюються між суміжними канатиками, у зв'язку з чим не займають усю товщу мозолистого тіла.

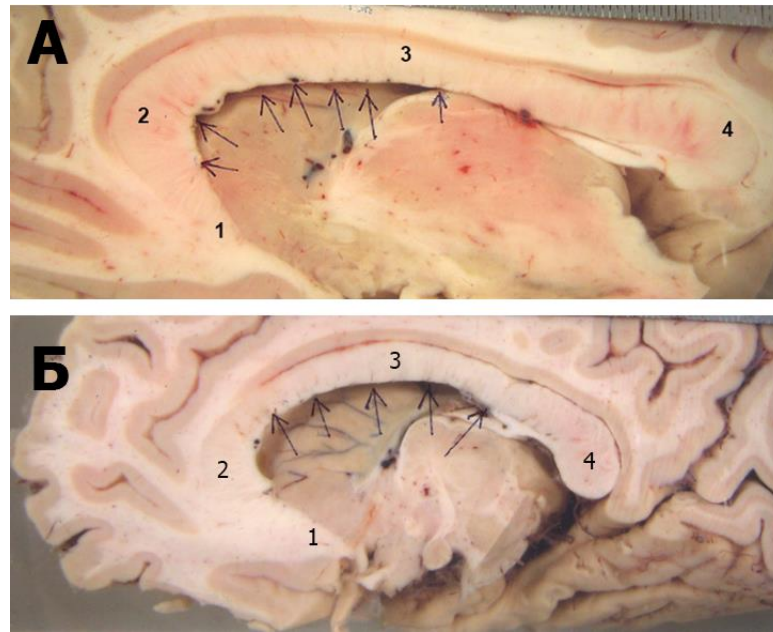


Рис. 4.17. Повний боковий профіль мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б). Анатомічні препарати.

1 – дзьоб; 2 – коліно; 3 – стовбуровий відділ; 4 – валик. Стрілками позначені деякі розмежовувальні пункти між провідниковими «сегментами» мозолистого тіла.

Узагалі ж ми вважаємо, що уявлення про сегментарну (метамерну) будову мозолистого тіла з певної точки зору є цілком правомірним, оскільки може бути з успіхом використане в практиці магнітно-резонансної томографії, особливо в тих випадках, коли дослідження спрямоване на вивчення топічного розмежування комісуральних провідників мозолистого тіла, а отже, на досягнення повноти його функціонального картирування, що останніми роками набуває все більшої актуальності [177, 183, 185, 186]. Проте необхідно відзначити, що результати новітніх досліджень мозолистого тіла, отримані за допомогою магнітно-резонансної томографії, не засвідчують того, що роздільна здатність цих технічних засобів прямої прижиттєвої візуалізації в змозі розрізнити указаний вище сегментарний принцип будови мозолистого тіла, на що нами вказувалося в огляді літератури та третьому розділі. Ще раз вкажемо на те, що технічні засоби магнітно-резонансної томографії дозволяють вивчати мозолисте тіло тільки

на макроскопічному рівні, тобто їх можливості настільки обмежені, що навіть макро-мікроскопічний рівень для них не доступний. Тому проведені нами дослідження є прагненням звернути увагу на існуючі на сучасному етапі вивчення будови мозолистого тіла недоліки, які корисно враховувати у практиці його дослідження в прижиттєвому стані за допомогою різних методів магнітно-резонансної томографії. Заповнити ці недоліки можна за допомогою деяких суттєвих, виявлених нами уперше, даних про морфологічні особливості мозолистого тіла дорослих людей чоловічої та жіночої статі, які зводяться до наступних положень.

1. Крайовими межами вільної (міжпівкульної) частини мозолистого тіла ми пропонуємо вважати бічні поздовжні смуги, що пролягають по його верхній поверхні й за відстанню між якими визначається ширина цього утворення, яка у чоловіків індивідуально варіює від 9 до 16 мм (в середньому –  $13,0 \pm 2,5$  мм), тоді як у жінок розкид між мінімальним (11 мм) і максимальним (20 мм) значеннями дещо більший при фактично невеликій різниці середнього показника, рівного  $14,4 \pm 2,7$  мм. Інакше кажучи, характер індивідуальної варіативності ширини стовбурового відділу мозолистого тіла у жінок більш різноманітний, ніж у чоловіків.

2. Мозолисте тіло людини є не одноманітною за структурою, як прийнято вважати, компактною масою величезної кількості нервових волокон, здійснюючих комісуральний зв'язок між контрлатеральними кірковими центрами півкуль, а колекторним об'єднанням впорядкованих за окремими комплексними сукупностями нервових провідників, що мають канатикоподібну, округлу в поперечнику форму діаметром від 2,0 до 3,3 мм, та у бічному напрямку впроваджуються у білу речовину обох півкуль.

Ці утворення ми пропонуємо називати «комісуральними канатиками» або фунікулярними субодинаціями мозолистого тіла. Маючи округлу форму, вони дещо випинаються (проступають) у поперечному напрямі на верхній і нижній поверхнях мозолистого тіла, утворюючи поперечні валикоподібні

підвищення, які на верхній поверхні відомі під назвою поперечних смуг, що не відповідає ні їх формі, ні суті.

3. За попередніми даними у жінок порівняно з чоловіками ці утворення розташовуються (чергуючись між собою по довжині) у дещо розрідженому порядку таким чином, що між ними знаходяться більш виражені поглиблення. Отже, у жінок верхня поверхня стовбурового відділу мозолистого тіла відрізняється наявністю меншої кількості поперечних валикоподібних підвищень, що, ми вважаємо, можна попередньо віднести до однієї з морфологічних ознак статевого диморфізму.

4. За щільністю компонування комісуральних канатиків (фунікулярних субодиниць) виділяється два типи мозолистого тіла – щільний і розріджений. Останній тип частіше зустрічається на препаратах мозолистого тіла жінок. Це узгоджується із тим, що на його верхній поверхні у жінок знаходиться менше поперечних валикоподібних підвищень, ніж у чоловіків.

У товщі мозолистого тіла комісуральні канатики розмежовані між собою сполучнотканинними прошарками (міжфунікулярними септами), у яких локалізуються дрібні кровоносні судини. Ширина цих прошарків прямо залежить від щільності компонування комісуральних канатиків; у розрідженому типі мозолистого тіла вони є більше вираженими.

5. Товща комісуральних канатиків (окремо) складається з темних прожилків, що чергуються між собою, і світлих смужок, що мають вертикальну орієнтацію. При цьому серед світлих смужок, що є інтерстиціальними прошарками, виділяються більш виразні за шириною. Вони розділяють усю масу канатиків на окремі пошарові секції, у межах яких зосереджені сукупності нервових волокон, що виділяються нами під назвою «пучкових або фасцикулярних порціонів».

Таким чином, згідно з нашими даними мозолисте тіло людини має два рівня порядку організації; до рівня першого порядку ми відносимо субкальозні тканинні сукупності, які ми називаємо комісуральними канатиками, субодиницями яких (у свою чергу) є фасцикулярні порціони

(рівень другого порядку організації), у яких зосереджена певна безліч нервових провідників.

6. Поліфункціональний принцип організації мозолистого тіла відбивається на його повному сагітальному профілі у вигляді ряду стовпчикових сегментів, висота яких співвідноситься з товщиною його відповідних відділів (найнижчими вони є у стовбуровій частині, а найвищими – у коліні та валику). Звісно, ці стовпчикові сегменти є поперечними профілями комісуральних канатиків.

7. Подані вище факти слід віднести до будови власне мозолистого тіла в тому розумінні (як воно розглядається у літературі), що за його допомогою здійснюється суто комісуральний зв'язок між контрлатеральними центрами неокортексу, як матеріальної основи свідомої сфери психічної діяльності людини. Але при цьому не враховується його тісна консолідація з прилягаючими до нього утвореннями лімбічного мозку, до яких належать присередні та бічні поздовжні смуги, пов'язані з його верхньою поверхнею, а також прозора перегородка та мозкове склепіння, – з його нижньою поверхнею. Це дає підстави думати, що за допомогою мозолистого тіла здійснюється також взаємодія між підсвідомою та свідомою психічними сферами.

Результати досліджень, які представлені у даному розділі дисертації, опубліковані у таких наукових роботах:

1. Боягина О.Д. Форма внутренней организации мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте / Ю.П. Костиленко, О.Д. Боягина // Scientific Journal «ScienceRise». – 2016. – № 4/3 (21). – С. 4-8.

2. Боягина О.Д. Половой диморфизм внешнего строения ствольного отдела мозолистого тела людей зрелого возраста / О.Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 3 (57). – С. 27-30.

3. Боягина О.Д. Строение мозолистого тела человека в посмертном состоянии сравнительно с его МРТ-изображением / О.Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2016. – № 5 (254). – Р. 87-92.

4. Боягина О.Д. Метрическая характеристика анатомических препаратов мозолистого тела мужчин зрелого возраста / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко, А.С. Линник, Н.Ю. Яковцова, Р.А. Молодчий // Світ медицини та біології. – 2017. – № 3 (61). – С. 85-89.

5. Boiagina O. Planimetric characteristic of corpus callosum sagittal profile of men in the middle and advanced age / O. Boiagina, Yu. Kostilenko // Georgian Medical News. – 2017. – № 10 (271). – P. 138-143.

6. Боягина О.Д. Сравнительная оценка МРТ-изображений сагиттального профиля мозолистого тела человека и соответствующих им анатомических препаратов / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2017. – Т. 17, Вип. 4 (60), Ч. 1. – С. 13-17.

7. Боягина О.Д. Морфометрическая характеристика мозолистого тела женщин второго периода зрелого возраста по данным МР-томограмм и анатомических препаратов / О.Д. Боягина // Буковинський медичний вісник. – 2017. – Т. 21, № 4 (84). – С. 9-16.

8. Боягіна О.Д. Порівняльна характеристика морфометричних показників мозолистого тіла головного мозку жінок другого періоду зрілого віку за даними МРТ-зображень та анатомічних препаратів / О.Д. Боягіна // «The development of medical sciences: problems and solutions»: proceedings of the Conference. – Brno, 27-28 April 2018. – P. 29-32.

## РОЗДІЛ 5

### МІКРОСКОПІЧНА БУДОВА МОЗОЛИСТОГО ТІЛА ЧОЛОВІКІВ І ЖІНОК ЗРІЛОГО ВІКУ

Оскільки змістом цього розділу стануть результати аналізу будови мозолистого тіла на мікроскопічному рівні, нам знадобляться основні сучасні дані про ті різнохарактерні тканинні компоненти, які у своїй просторово організованій спільності складають його як комісуральний відріг білої речовини великого мозку. Не потребує особливих доказів той факт, що ці елементарні компоненти обмежуються усього лише трьома типами, зокрема: 1 – нервові волокна, як провідні функціональні елементи; 2 – пов’язані з ними нейрогліальні клітини та 3 – кровоносні мікросудини, розміщені в міжволоконних інтерстиціальних прошарках. Із них два останні типи належать до сфери (системи) трофічного забезпечення нервових провідників. Але в системному розумінні усі вони складають не просту суму доданків, а складну конструктивну спільність, яка морфологічно виражається в їх особливій співвимірній просторовій організації у відповідній об’ємній межі мозолистого тіла. Тому, перш ніж приступити до викладу результатів власних досліджень, звернемо увагу на ті успіхи, які вже досягнуті на сучасному етапі вивчення специфіки вказаної конструктивної організації. Для цього коротко нагадаємо основні положення, які вже були детально викладені нами в огляді літератури.

Спочатку ми повинні усвідомити, що через мозолисте тіло дорослої людини концентровано прокладена (у процесі ембріогенезу та ранніх стадій постнатального життя) велика кількість нервових провідників. Судячи з даних літератури, назвати їх якесь певне число ніхто сьогодні не може, оскільки за одними джерелами вказується на двосотмільйонний склад нервових провідників, а за інших – у півтора рази більше [3, 16, 81, 94, 95,



199]. На нашу думку, такий кількісний різнобій пояснюється тим, що насправді точно їх ніхто не підраховував, і, як ми переконуємося далі, досягти цього практично неможливо, якщо не вдаватися до розрахунку їх відносної щільності розподілу на одиницю (на  $1 \text{ мм}^2$ ) усієї сумарної площі сагітального профілю мозолистого тіла, показники якої нам відомі за результатами третього і четвертого розділів нашої дисертації. Але для цього потрібно знати ще товщину нервових волокон, значення якої згідно з даними літератури перебувають у межах від 1-4 (найтонші) до 20 мкм (найтовщі) [16, 81, 94, 95, 200]. Однак, поки що нам не відомо, яка їх справжня товщина у складі мозолистого тіла, оскільки в літературі вказівки на це відсутні, у зв'язку з чим ми вимушені перенести розгляд зазначеного питання до отримання необхідної інформації.

Звичайно, у цьому випадку враховуватимуться тільки мієлінізовані нервові волокна і не враховуватимуться немієлінізовані, яких у мозолистому тілі, на думку деяких авторів [178, 186, 278], приблизно 30%. Якщо це дійсно так, то через їх значно меншу товщину (від 1 до 4 мкм) у мозолистому тілі може опинитися значно більше нервових провідників.

І все-таки слід враховувати, що загальний об'єм мозолистого тіла складають не лише нервові волокна, але й супутні їм інші тканинні структури, до яких, як було вказано вище, у першу чергу належать гліальні клітини, зокрема фібрилярні астроцити та олігодендроцити (чи лемоцити); звичайно, серед них є і клітини мікроглії (макрофаги нервової тканини). До того ж обов'язковими супутніми компонентами в мозолистому тілі є кровоносні мікросудини, що мають певний порядок дислокації серед окремих сукупностей нервових волокон. Із упевненістю можна говорити, що вони знаходяться в інтерстиціальних прошарках між суміжними нервововолоконними порціями. Не вдаючись до подробиць, згадаємо, що згідно з викладеними в попередньому розділі відомостями до таких утворень у мозолистому тілі належать міжфунікулярні септи та міжфасцикулярні прошарки. Тут доречним буде звернутися до даних літератури [81], згідно з

якими в масі мозкової речовини близько 30% припадає на частку інтерстиціального простору. Проте не відомо, чи правомірним буде застосовувати це твердження до мозолистого тіла, яке порівняно з іншими відділами головного мозку відрізняється підвищеною концентрацією нервових волокон. Але якою б не була ця частка, вона, звісно, пропорційно зменшує загальну кількість нервових волокон.

Однак, при усій значимості цієї кількісної оцінки не вона є принципово важливою для розуміння особливостей внутрішнього устрою мозолистого тіла. Справа в тому, що існуючі в літературі судження засвідчують домінування серед дослідників уявлення про те, що мозолисте тіло складається з суцільного пласта нервових волокон, серед яких тільки топографічно виокремлюються різні сукупності, здійснюючі комісуральний зв'язок між протилежними кірковими центрами двох півкуль. Слід зазначити, що виділення цих топографічних відділів (дзьоб, коліно, стовбур і валик) є дуже умовним, оскільки між ними немає певних меж.

Тепер ми маємо усі підстави вважати, що такий підхід до вивчення мозолистого тіла в корені невірний, оскільки ми вже упевнилися, що воно складається з певної кількості комісуральних канатиків, що, у свою чергу, складаються з названих нами фасцикулярних порціонів.

Зважаючи на це, завдання, яке стоїть перед нами у п'ятому розділі, полягає в усебічному детальному аналізі структурної організації різнохарактерних тканинних компонентів переважно в межах комісуральних канатиків мозолистого тіла чоловіків і жінок зрілого віку.

Для його вирішення було використано як традиційні, так і нетрадиційні методи гістологічного дослідження. Так, серед традиційних нами були застосовані загальновідомі методи уміщення тканин у парафінові блоки, отримання з них серійних зрізів і забарвлення їх гематоксиліном та еозином, а також за Ван-Гізоном.

Нетрадиційні методи, зрештою, полягали в отриманні найтонших шліфів і так званих напівтонких зрізів із пластинованих у епоксидній смолі

окремих тканинних зразків мозолистого тіла, процедура виготовлення яких у подробицях описана у другому та четвертому розділах дисертації. Але все ж таки тут вважаємо за необхідне дещо уточнити. Справа в тому, що в одній серії ми використали неосмовані тканини мозолистого тіла, основою для виготовлення яких служили прицільно виділені частини (розміром 4x4 мм) із тих заготівок пластинованих препаратів, які вже були попередньо проаналізовані в четвертому розділі. Отримані з них напівтонкі зрізи забарвлювалися в одних випадках монохромно за допомогою 1% розчину метиленового синього на 1% розчині бури, а в інших – піддавалися поліхромному забарвленню, для чого використовувалася комбінація з розчину основного фуксину, азура-1 і метиленового синього.

Друга серія складалася з препаратів мозолистого тіла, які перед пластинацією піддавалися імпрегнації в 1% розчині чотириокису осмію згідно з методом, прийнятим у трансмісійній електронній мікроскопії. Осмовані таким чином тканини просочували й, на відміну від препаратів першої серії, уміщували в епон-812. Із отриманих напівтонких зрізів одну частину залишали незабарвленою, а забарвлення іншої частини обмежувалося тільки метиленовим синім. До цього методу ми вдалися з метою отримання виразного диференціювання мієлінізованих нервових волокон.

### **5.1. Загальна характеристика мікроскопічної архітекtonіки мозолистого тіла людей у зрілому віці**

У цьому підрозділі викладено результати, отримані за допомогою методів пластинації орієнтовано обраних ділянок на площині мозолистого тіла. Для виготовлення пластинчатих шліфів різної товщини використовувалися пластиновані препарати неосмованих та осмованих тканин мозолистого тіла (при цьому товщина найтонших із них не

перевищувала 0,3 мм). Така процедура була продиктована бажанням отримати візуалізацію структур на різних їх розмірних рівнях – від макро-мікроскопічного до граничного розділення світлового мікроскопа, що дозволило визначити місце останніх у загальній ієрархічній системі мозолистого тіла. Необхідні відомості про способи отримання цих препаратів у основних рисах представлено в розділі «Матеріали та методи дослідження» з подальшою їх деталізацією у четвертому розділі.

Можна сказати, що початок цього дослідження є логічним продовженням змісту першого підрозділу четвертого розділу, у якому ми ознайомилися із загальною анатомічною будовою мозолистого тіла в різних ракурсах, а також спробували попередньо розкрити принцип його внутрішньої організації. Несподіваним результатом проведених нами досліджень стало те, що традиційний опис мозолистого тіла тільки у загальних формальних рисах відповідає його справжньому вигляду. Не перебільшуючи, відзначимо, що вже тільки цей факт виправдовує зроблене нами.

Передусім з'ясувалося, що дискретність його внутрішньої будови полягає в компактній асоціації в ньому комісуральних канатиків, які зовні візуалізуються неозброєним оком на його верхній (більш виражено) і нижній поверхнях у вигляді поперечних валикоподібних підвищень, відомих у літературі під назвою поперечних смуг, що не відбиває їх справжньої форми.

Не вдаючись до подробиць, які вже викладені в першому підрозділі четвертого розділу, зупинимось тільки на викладі даних, необхідних нам для подальшого більш детального аналізу мікроскопічної архітектоники мозолистого тіла. У першу чергу ми повинні враховувати, що комісуральні канатики в ньому розділені між собою тонкими прошарками сполучної тканини, які ми називаємо міжфункікулярними септами. Зараз ми не можемо говорити з упевненістю про те, чи розділяють вони суміжні канатики повністю чи частково.

Наступним орієнтовним рівнем дискретності будови мозолистого тіла є наявність у товщі комісуральних канатиків вертикальних інтерстиційних прошарків, які чергуються між собою, розділяючи усю масу нервових провідників у межах окремих канатиків на пошарові секції, названі нами пучковими або фасцикулярними порціонами мозолистого тіла. Але нам ще не відомо, що вони становлять за своїм внутрішнім змістом і в яких топологічних стосунках перебувають із іншими структурними елементами мозолистого тіла. Розібратися в цьому ми сподіваємося у процесі подальшого гістологічного аналізу.

Отже, мозолисте тіло не є суцільною одноманітною масою транзитно прямуєчих через нього з однієї півкулі в іншу нервових провідників. Зазначимо, що останні зазнають у ньому дискретного розчленовування на окремі сукупності в певному системному порядку. Однак, на наш погляд, хоча за даними літератури поданими вище відомостями вивчення питання про будову мозолистого тіла, здійснюючого найбільшу спасєчну комутацію у великому мозку людини, на цьому закінчується, воно потребує подальшого розгляду та деталізації. Так, значним недоліком слід вважати занадто поверхневий розгляд його зв'язку з іншими суміжними утвореннями, що належать до системи лімбічного мозку у вигляді бічних і присередніх смуг із боку його верхньої поверхні, а також прозорі перегородки та спайки мозкового склепіння з боку нижньої поверхні. На сучасному етапі встановлена їх приналежність до підсвідомої сфери психічної діяльності людини, тоді як власне мозолисте тіло розглядається в якості міжпівкульного зв'язку неокортексу, що є матеріальним субстратом розумової сфери. Однак, у літературі опис зв'язків між ними зводиться тільки до їх анатомічної близькості, у якій не убачається наявність органічної ув'язки між двома сферами психічної діяльності за допомогою мозолистого тіла. Тому проведений нами детальний гістологічний аналіз мозолистого тіла націлений також на з'ясування цього питання, окремому розгляду якого буде присвячений наступний розділ.

У першому наближенні (на макро-мікроскопічному рівні) ми познайомилися з описаними вище аспектами. Це знайомство здійснене за допомогою вперше використаного в практиці вивчення мозолистого тіла методу пластинації його тканин і отримання з них шліфів різної товщини із забарвленням їх метиленовим синім. Проте, як виявилось далі, не усі можливості цього методу були реалізовані. Необхідність конкретизації деяких питань змусила нас удатися до виготовлення додаткових подібних препаратів, які послужили нам перехідною ланкою між макро-мікроскопічним і мікроскопічним рівнями дослідження. Передусім вони знадобилися для уточнення характеру морфологічної дискретності мозолистого тіла, яка здійснюється за допомогою сполучнотканинних, точніше інтерстиційних, прошарків різної товщини, які є місцем розташування кровоносних мікросудин та одночасно шляхами циркуляції міжтканинної рідини (позасудинний компонент мікроциркуляції). Вважаємо за необхідне відзначити, що при розгляді виготовлених епоксидних шліфів мозолистого тіла в поздовжній площині його стовбура між бічною та присередньою смугами, на яких комісуральні канатики опиняються в поперечному розрізі, ми очікували побачити складові їх структури також у поперечному зрізі, а на поперечних зрізах стовбура мозолистого тіла, у яких комісуральні канатики опиняються в поздовжньому розрізі, ті ж структури, нам здавалось, повинні бути в поздовжній орієнтації. Насправді ж ці припущення, які ґрунтувалися на уявленні про прямолінійно транзитне пролягання в товщі мозолистого тіла нервових провідників, не знайшли підтвердження при вивченні відповідних препаратів. Дивовижним є те, що на таких шліфах у двох взаємно перпендикулярних площинах у товщі мозолистого тіла практично усі інтерстиційні прошарки мають переважно однакову орієнтацію; вони проходять його наскрізь у вертикальному напрямку, тобто від верхньої його поверхні до нижньої, як це показано на рис. 5.1, із тією тільки різницею, що на поперечних шліфах стовбура

мозолистого тіла, де комісуральні канатики знаходяться в поздовжньому розрізі, ця картина виражена меншою мірою.

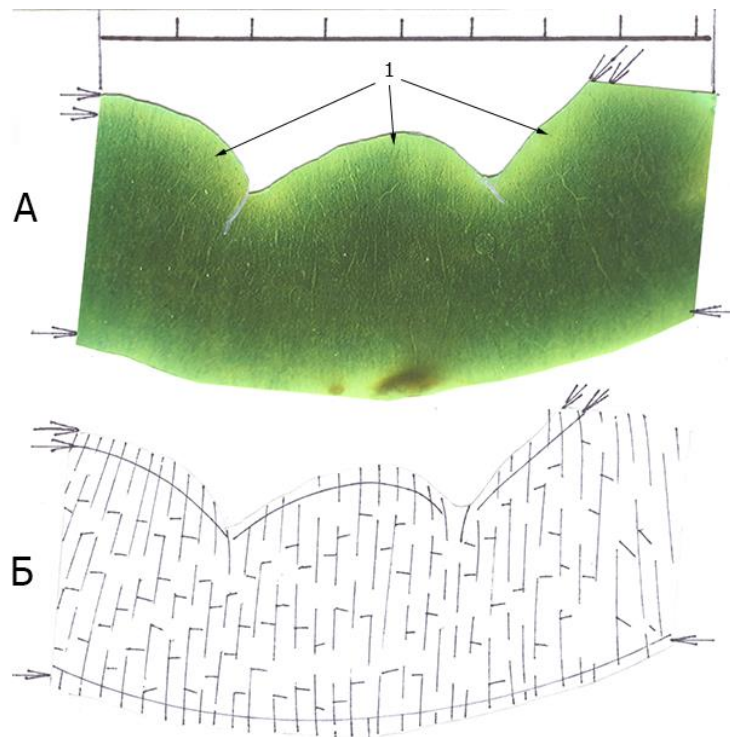


Рис. 5.1. Загальний принцип структурної організації мозолистого тіла людини. А – поздовжній епоксидний шліф стовбурового відділу мозолистого тіла (між бічною та присередньою смугами). Забарвлення метиленовим синім; об'єктив  $2^x$ . Б – схематична інтерпретація орієнтування інтерстиційних прошарків у мозолистому тілі.

1 – комісуральні канатики в поперечному зрізі. Двома стрілками вказано шар сірого покриття, а однією – шар епендими.

Звісно, виникає питання: чим обумовлений такий характер орієнтування інтерстиційних прошарків, які розділяють усю масу нервових провідників мозолистого тіла на окремі пошарові секції, названі нами фасцикулярними порціонами? Дати відповідь на нього допоможуть наявні в літературі дані про будову внутрішнього та зовнішнього поверхневих шарів головного мозку, проблеми розгляду яких ми торкнулися в першому підрозділі четвертого розділу. Для з'ясування цього питання з огляду на

мозолисте тіло, останнє слід уявити у вигляді пластинки білої речовини завтовшки приблизно 8 мм, яка розташована між двома рідинними компартментами великого мозку таким чином, що з одного боку від неї (згори) циркулює рідина підпавутинного простору, а з іншого (знизу) – спинномозкова рідина бічних шлуночків. Бар'єрними структурами між цими рідинами та речовиною мозолистого тіла відповідно є дві лімітуючі (такі, що обмежують) гліальні оболонки. Орієнтуючись на дані літератури [94], зазначимо, що на зовнішній поверхні мозолистого тіла знаходиться зовнішня лімітуюча оболонка, представлена ламелярними відростками астроглії, які складно налягають один на одного, та самими тілами фібрилярних астроцитів. Вона за допомогою тільки базальної мембрани відокремлена від розташованої поверх неї м'якої (судинної) оболонки. У зв'язку з цим напрошується питання про природу так званого сірого покриття мозолистого тіла, але, щоб не заплутувати загальну картину, до його розгляду ми повернемося пізніше.

Поки що для простоти розуміння обмежимося тим, що з протилежного боку мозолисте тіло покрите внутрішньою лімітуючою оболонкою, яка, на відміну від зовнішньої, представлена іншим типом гліальних елементів – клітинами епендими, утворюючих із боку бічних шлуночків безперервний шар.

Таким чином, уся товща мозолистого тіла виявляється замкненою між двома протилежно розташованими обмежувачими гліальними оболонками, між якими, як підказують дані літератури, є взаємно зустрічні зв'язки, що здійснюються за допомогою ламелярних відростків фібрилярних астроцитів (проникаючих у товщу мозолистого тіла згори) та епендимних клітин (пронизуючих мозолисте тіло знизу). У результаті цього уся його товща виявляється розділеною на незліченну безліч пошарових секцій, у яких знаходиться порційна безліч нервових волокон, що за загальною мікроархітектонікою співпадає з картиною, описаною нами вище (рис. 5.1).



Але це ще не все. Справа у тому, що в цьому ж порядку повинен відбуватися і розподіл у мозолистому тілі кровоносних мікросудин, оскільки відомий їх щонайтісніший зв'язок із фібрилярними астроцитами, а також відростками епендимних клітин. Зауважимо, що ті з останніх, ламелярні відростки яких створюють безпосередній зв'язок із кровоносними мікросудинами в речовині головного мозку, називаються таніцитами [94]. Слід зазначити, що в речовині головного мозку (мозолисте тіло не є винятком) всі кровоносні судини різного діаметру суцільно знаходяться в оточенні обмежуючих гліальних оболонок таким чином, що їх стінки ніде не торкаються нервових елементів; ці гліальні оболонки відомі під назвою периваскулярних.

На цьому етапі дослідження у ході подальшого більш детального вивчення мікроархітекtonіки мозолистого тіла в якості організуючого принципу повністю вистачить поданої вище спрощеної схеми взаємовідносин між кровоносними судинами, гліальними елементами та нервовими волокнами. Для цього спочатку ми візьмемо тонкі епоксидні шліфи (завтовшки приблизно 0,3 мм) його осмованої тканини з додатковим забарвленням метиленовим синім. На рис. 5.2 подана найбільш показова мікрофотографія окремої ділянки такого шліфа при невеликому збільшенні світлового мікроскопа (об'єктив  $10\times$ ). Вона виразно демонструє ті внутрішньофунікулярні прошарки, які в оглядовому масштабі представлені на рис. 5.1. Помітно, що, незважаючи на свою викривленість за довжиною від верхньої до нижньої поверхні мозолистого тіла й уривчастість у деяких місцях, такі міжфасцикулярні інтерстиційні прошарки є паралельними між собою, але при цьому різновіддаленими. У зв'язку з цим здається, що вони розділяють товщу комісуральних канатиків на нерівні пошарові секції, які ми називаємо фасцикулярними порціонами. Але придивившись більш уважно, ми бачимо, що в межах ширших із них мають місце тонші інтерстиційні прошарки, представляючі собою пунктирне трасування переривчастих пропусків серед умісту фасцикулярних порціонів (рис. 5.2).

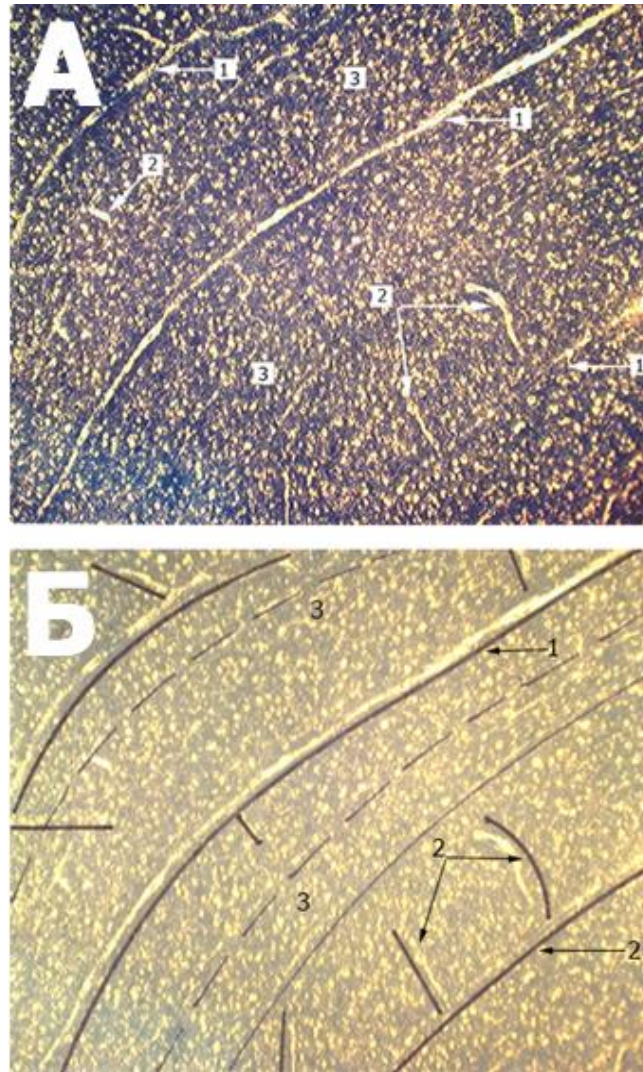


Рис. 5.2. Міелоархітектоніка комісуральних канатиків мозолистого тіла чоловіка II періоду зрілого віку (А). Знизу подана та ж неконтрастована мікрофотографія (Б), яка використана для графічного позначення траєкторій інтерстиційних прошарків серед різних за рівнем організації сукупностей нервових волокон. Епоксидний шліф, завтовшки 0,3 мм, осмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім; об'єktiv 10<sup>x</sup>.

1 – міжфасцикулярні інтерстиційні прошарки (на нижній мікрофотографії вони позначені товстими лініями); 2 – їх поперечні внутрішньофасцикулярні відрогі; 3 – інша комірчаста структура вказує на локалізацію інтерфасцикулярних олігодендроцитів серед пучків мієлінізованих нервових волокон (на нижній мікрофотографії пунктиром відзначена рядність їх розташування).

На цьому етапі дослідження інтерпретація описаної картини нам не здається однозначною. За однією версією вказані тонші внутрішньофасцикулярні прошарки можуть виявитися такими ж як і міжфасцикулярні, але тільки в іншому ракурсі розрізу. У такому разі фасцикулярні порціони будуть тоншими за шириною. Згідно з іншою версією можна вважати, що в кожному окремому фасцикулярному порціоні спостерігається його розділення на вузькі пошарові секції, які у такому разі доведеться розглядати як субфасцикулярні порціони.

Але цим декомпозиційний аналіз внутрішньої будови мозолистого тіла на мікроскопічному рівні не обмежується, оскільки виявляється, що пролягаючи зверху вниз пошарові фасцикулярні порціони зазнають розділення на сегментарні, перемінні з постійною регулярністю, одиниці через бічні відрогі міжфасцикулярних інтерстиційних прошарків. На окремих площинних розрізах епоксидних шліфів ці поперечні прошарки виявляються тільки фрагментарно, як це виглядає на рис. 5.2, у зв'язку з тим, що вони мають нерівний, заломистий характер розташування в товщі фасцикулярних порціонів. Тому поки що ми не можемо сказати, чи утворюють вони в них повні або неповні інтерстиційні поперечні перемички. У цьому питанні також належить розібратися при подальших дослідженнях. Але так чи інакше, зараз є підстави говорити, що в межах комісуральних канатиків мозолистого тіла спостерігається складно розгалужена в тривимірному просторі мережа, що складається з анастомозуючих між собою в певному порядку інтерстиційних щілинних прошарків, які розділяють усю однорідну масу нервових провідників на їх окремі впорядковані співмножини, серед яких виразно виділяються фасцикулярні порціони. Виходячи з сучасних уявлень про морфофункціональну систему мікроциркуляторних процесів у органах [83], можна стверджувати, що такі інтерстиційні прошарки є шляхами позасудинної циркуляції рідини з розчиненими в ній поживними речовинами, що здійснюють трофіку не окремо взятих нервових волокон, а певних їх сукупностей. Отже, зазначені

інтерстиційні прошарки є опосередкованим середовищем в обмінних процесах між кров'ю та нервововолокнистими порціонами, а міжтканинна рідина, що міститься в них, є фільтратом плазми крові; при чому процес її фільтрації здійснюється за допомогою обмінних кровонесних мікросудин через їх ендотеліальне вистилання. Цими загальними зауваженнями ми намічаємо питання, що безпосередньо належить до проблеми гематоенцефалічного бар'єру, яка у літературі абсолютно не конкретизована з погляду на білу речовину головного мозку.

Першочерговим завданням при вирішенні цього питання є встановлення місця розташування мікросудин капілярного типу. Виходячи з вище поданої дефініції про просторову організацію інтерстиційних прошарків, такі мікросудини не слід шукати у безпосередньому зв'язку з нервовими волокнами; вони повинні знаходитися в межах указаних прошарків. Але у зв'язку з тим, що останні мають двомірно простягнуту форму між фасцикулярними та субфасцикулярними порціонами, а кровонесні мікросудини лінійно пролягають у їх межах, вони далеко не завжди і не скрізь виявляються. І все-таки результати наших досліджень візуально засвідчують, що місцем їх розташування є міжфасцикулярні інтерстиційні прошарки, у чому можна переконатися на рис. 5.3. Слід зазначити, що ця мікрофотографія була отримана при вивченні епоксидних шліфів осмованої тканини мозолистого тіла завтовшки 0,3 мм у світлі мікроскопа, що проходить, при максимальному збільшенні (об'єктив 100<sup>x</sup> (імерсія)). Площина цього шліфа виявилася вдалою щодо поздовжнього пролягання в міжфасцикулярному прошарку кровонесної мікросудини капілярного типу, яка на мікрофотографії проходить навкіс, за діагоналлю. Зліва від неї у просвітленій ділянці знаходиться така ж мікросудина, але тільки в поперечному розрізі. Може здатися, що її розташування суперечить нашому постулату про те, що безпосередньо серед нервових волокон обмінні мікросудини відсутні. Але це тільки видимість; насправді зазначена мікросудина перебуває в межах поперечного відрігу інтерстиційного

прошарку, про що мова йшла вище. Слід враховувати, що ці прошарки мають зв'язок із міжфасцикулярними прошарками тільки в окремих місцях, і, за нашими спостереженнями, тільки там, де відбувається розгалуження кровоносних мікросудин.

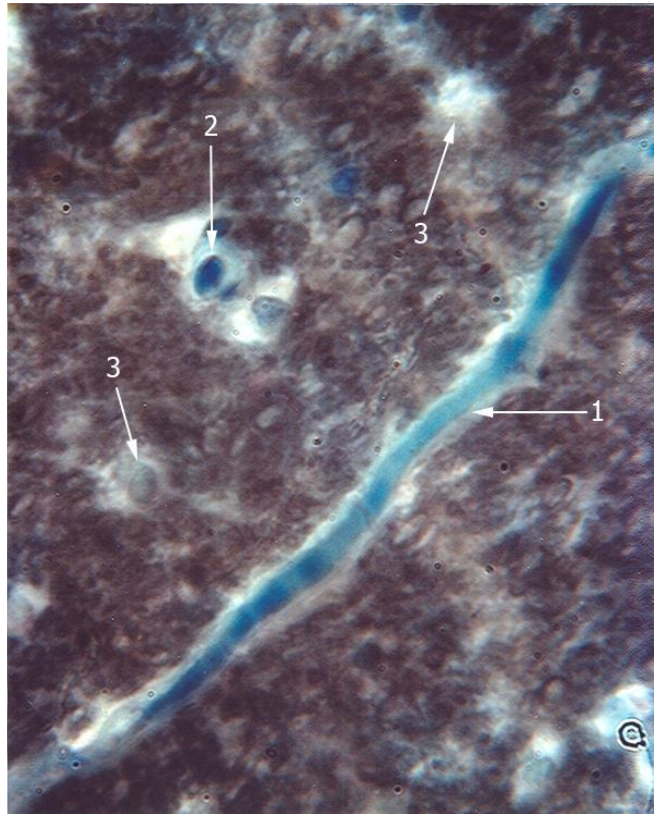


Рис 5.3. Мікроструктура фасцикулярних порціонів мозолистого тіла чоловіка II періоду зрілого віку. Епоксидний шліф, завтовшки 0,3 мм, осмованої ткани. Забарвлення метиленовим синім; об'єktiv 100<sup>x</sup> (імерсія).

1 – міжфасцикулярний прошарок інтерстиція з розташованим упродовж нього кровоносним капіляром, 2 – кровоносний капіляр у поперечному відрозі інтерстиційного прошарку, 3 – інтерфасцикулярні олігодендроцити серед мієлінізованих нервових волокон різної товщини.

На цьому ми поки що перервемо загальний опис топологічних взаємовідношень між кровоносними мікросудинами, інтерстиційними прошарками та фасцикулярними субмножинами нервових волокон у межах окремих комісуральних канатиків мозолистого тіла, щоб повернутися до

нього уже маючи в розпорядженні додаткові дані, отримані при вивченні напівтонких зрізів, і звернемося до розгляду того його вмісту, який розділений мережею інтерстиційного прошарку. Зрозуміло, що йдеться про провідні структурні елементи мозолистого тіла, якими є переважно мієлінізовані нервові волокна. Звісно, що через мікроскопічні розміри вони не візуалізуються на оглядових товстих епоксидних шліфах, але у своїй масі визначають тинкторіальні властивості тканини мозолистого тіла, які проявляються при забарвленні метиленовим синім. Розрізнити їх вдається тільки на тонких шліфах заздалегідь осмованих препаратів при середньому збільшенні світлового мікроскопа (об'єктив  $10\times$ ), що зафіксовано на уже відомій нам мікрофотографії (рис. 5.2).

Ця мікрофотографія є найбільш типовою і найбільш показовою для ознайомлення з мієлоархітектонікою мозолистого тіла. Але враження, що виникає при першому знайомстві з нею, для недосвідченого дослідника, який очікує побачити в поперечному розрізі самі нервові волокна у чіткій, розбірливій формі, може виявитися дезорієнтуючим, оскільки його погляду відкривається базофільне (із деяким проявом метахромазії) поле, змережене численними, кластерно розташованими просвітними комірками, які помилково і можна прийняти за поперечні профілі нервових волокон. Насправді ж останні займають серед них проміжне положення, перебуваючи у щільно згрупованій спільності, у якій їх межі не розрізняються. При такому невеликому збільшенні світлового мікроскопа у цих сукупностях тільки з великими зусиллями вдається розрізнити окремі нервові волокна у вигляді округлих або овальних, гранично дрібних утворень із наявністю просвіту в центрі, що зобов'язано імпрегнації осмієм їх мієлінових оболонок. Чіткіше їх можна побачити на тонких епоксидних шліфах при великих збільшеннях світлового мікроскопа (рис. 5.4 і 5.5). На цих рисунках подано по дві мікрофотографії, перша з яких належить мозолистому тілу чоловіка, а друга – жінки. Хоча вони і відрізняються тональністю та деякими фігуративними особливостями структури, проте про прояви якогось



статевого диморфізму тут не може бути й мови, оскільки ці відмінності залежать тільки від привхідних чинників при виготовленні препаратів і топографічної розбіжності спостережуваної картини. Детальніше, у подробицях ці питання належить розглянути нижче. А зараз нам потрібно з'ясувати, що собою становить комірчаста структура фасцикулярних порціонів комісуральних канатиків мозолистого тіла, яка складається з кластерно розосереджених серед сукупностей мієлінізованих нервових волокон гніздових просвітів.

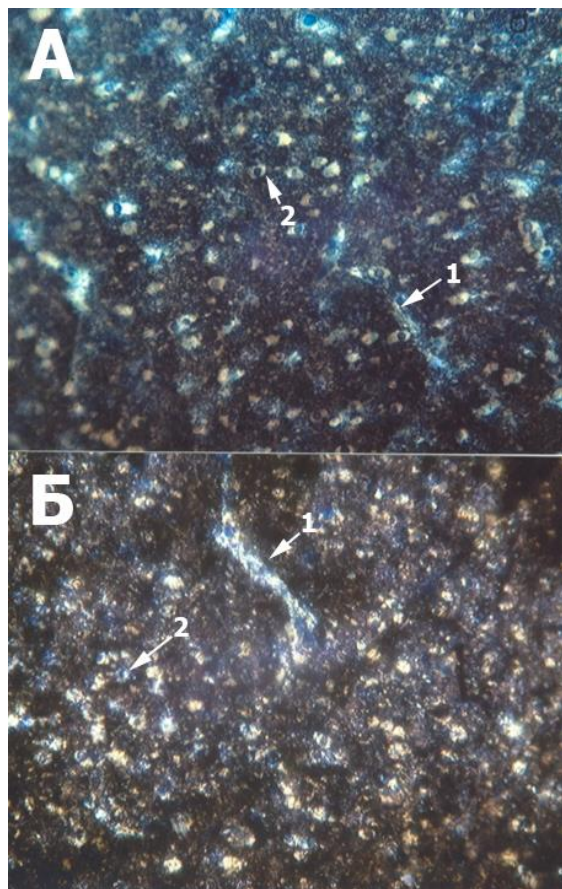


Рис. 5.4. Мієлоархітектоніка фасцикулярних порціонів мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б) II періоду зрілого віку. Епоксидні шліфи, завтовшки 0,3 мм, осмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 40<sup>x</sup>. 1 – міжфасцикулярні прошарки інтерстиція з розташованими у них кровоносними капілярами та пов'язаними із ними фібрилярними астроцитами; 2 – комірки, у яких знаходяться інтерфасцикулярні олігодендроцити серед мієлінізованих нервових волокон.

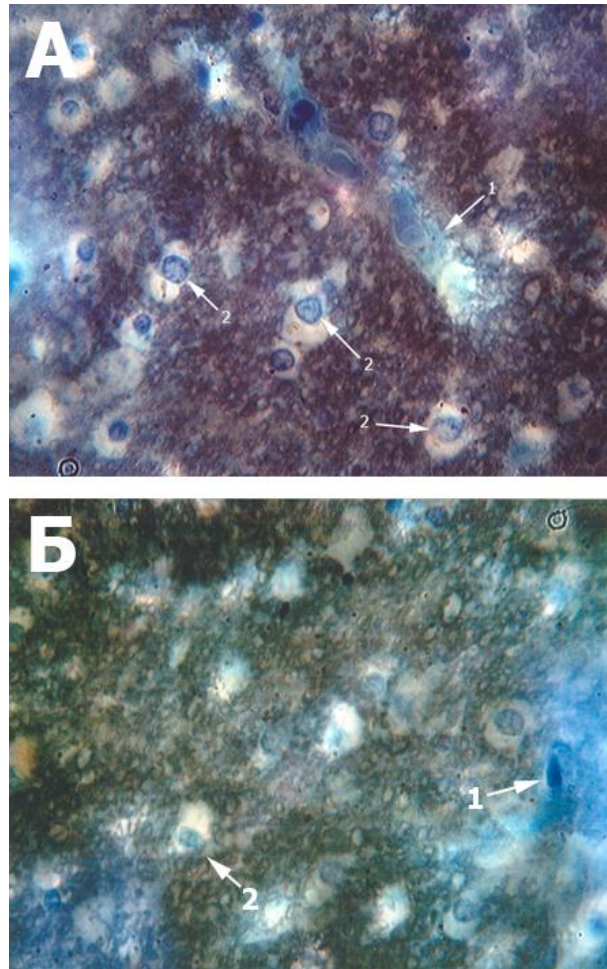


Рис. 5.5. Мієлоархітектоніка фасцикулярних порціонів мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б) II періоду зрілого віку. Епоксидні шліфи, завтовшки 0,3 мм, осмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім; об'єктив 100х (імерсія).

1 – міжфасцикулярні прошарки інтерстиція з розташованими в них кровоносними капілярами, 2 – інтерфасцикулярні олігодендроцити серед мієлінізованих нервових волокон різної товщини.

При великих збільшеннях світлового мікроскопа (при вивченні тонких епоксидних шліфів осмованих препаратів мозолистого тіла) виявляється, що ці комірочки не є порожніми: кожна з них є місцем розташування окремої клітини. У випадку, коли площина шліфа (тобто зрізу) опиняється посередині комірочки (такі комірочки серед інших є найширшими), у цих клітинах чітко видно ядро округлої форми, в якому конденсований хроматин у вигляді



вузької смужки займає пристінне положення (тобто прилягає до ядерної мембрани), а також зосереджений у центрі ядра у вигляді ядерця (рис. 5.5). При ретельному вивченні вдається встановити, що саме тіло таких клітин цю комірку займає не повністю, а розміщується так, що між клітиною та стінкою комірки залишається вузький вільний простір, який ми назвемо перицелюлярним; це є наслідком підвищеної гідратації міжтканинного простору, в якому знаходиться гелевидна речовина, що є ковалентними з'єднаннями глікозаміногліканів із протеїнами, які мають здатність зв'язувати певні кількості вільної води, при надлишку якої цей міжклітинний простір зазнає розширення. Слід зазначити, що в нормі процеси гідратації та дегідратації цієї гелеподібної речовини залежать від кількості надходження в міжтканинний (чи міжклітинний) простір рідини з розчиненими в ній поживними речовинами, що пов'язано із зниженням або підвищенням функціональної активності відповідного органу. Вважаємо, що в цьому відношенні мозолисте тіло не є винятком. У зв'язку з цим неминуче питання: що є ініціальним джерелом утворення такої рідини? Відповідь на нього продиктована проведеним раніше описом структурної організації інтерстиційних прошарків і локалізації у них обмінних мікросудин, які, на нашу думку, і здійснюють процес фільтрації плазми в інтерстицій мозолистого тіла. Але між місцем їх розташування й інтерфасцикулярними комірками, в яких розміщуються вказані вище клітини, повинні бути якісь певні опосередковані шляхи, які ми повинні розпізнати у подальшому дослідженні.

Тепер розглянемо питання про природу цих комірчасто розташованих клітин. За своєю локалізацією та деякими цитологічними ознаками ними, безумовно, будуть так звані інтерфасцикулярні олігодендроцити, які, як відомо, є найчисленнішими клітинами білої речовини головного мозку. Згідно з даними літератури найбільш характерною особливістю цих гліальних клітин є наявність у їх цитоплазмі добре розвинутого ендоплазматичного ретикулуму й апарату Гольджи, що однозначно вказує на

їх секреторні цитофізіологічні властивості, які пов'язані з продукцією необхідних речовин у процесі мієлінізації нервових волокон [101]. Враховуючи, що наявність таких органел властива для білої речовини дефінітиву мозку, вважаємо, що цей процес мієлінізації має перманентний характер, тобто він забезпечує безперервне оновлення нервових оболонок протягом усього життя. Окрім того, суттєвим компонентом їх цитоплазми є мікротрубочки, які (відзначається у літературі) подібні до таких же нервових клітин. Через велику кількість мікротрубочок у відростках олігодендроцитів їх буває важко відрізнити від дендриту нервових клітин. І якщо розглядати таку клітину окремо, то її помилково можна прийняти за нервову. Тому, можливо, деякі існуючі в літературі повідомлення про наявність у мозолистому тілі нейронів належать саме до таких випадків.

Добре відомо, що відростки цих клітин, маючи пластинчасту, ламелярну форму, є відносно нечисленними в порівнянні з іншим типом гліальних елементів у білій речовині – фібрилярними астроцитами, які прямого відношення до нервових волокон не мають. Але, будучи тісно пов'язаними з кровоносними мікросудинами, вони організаційно співвідносяться з інтерфасцикулярними олігодендроцитами. Принагідно відзначимо, що згідно з даними літератури фібрилярні астроцити складають тільки  $\frac{1}{4}$  частину усієї популяції гліальних клітин мозолистого тіла; при цьому слід враховувати і мікрогліальні елементи, дифузно розосереджені серед нервових волокон, які, будучи фагоцитарними клітинами, мабуть, покликані утилізувати «відходи» мієліну в безперервному процесі оновлення мієлінових оболонок нервових волокон, що відбувається за рахунок синтетичної діяльності інтерфасцикулярних олігодендроцитів. Як відомо, відростки останніх, маючи вигляд схожих на пелюстки тонких пластинок, які складаються з двох зближених між собою плазматичних мембран, безпосередньо здійснюють формування мієлінових оболонок шляхом багатократної обмотки навколо певної ділянки відростка нервової клітини. При цьому довжина цієї обмотки знаходиться в інтервалі між двома перехопленнями Ранв'є [118]. Сьогодні

встановлено, що один олігодендроцит бере участь у мієлінізації декількох нервових волокон. Мабуть, кількість їх відповідає кількості цитоплазматичних відростків окремого олігодендроцита. Однак, дані про їх конкретну кількість сьогодні відсутні. Враховуючи обмежене охоплення кожного олігодендроцита щодо довжини нервових волокон, слід розуміти, що в їх повній мієлінізації по довжині беруть участь численні ланцюги олігодендроцитів, рядність яких добре убачається на мікрофотографіях при малому збільшенні світлового мікроскопа (рис. 5.2).

Як бачимо, у межах фасцикулярних порціонів перебуває незлічена безліч олігодендроцитів, проте їх все ж менше, ніж нервових волокон, підрахунок яких практично немислимий. Але враховуючи, що інтерфасцикулярні олігодендроцити перебувають у чітко розрізнявальних візуально комірках і в закономірному порядку органічно пов'язані з нервовими волокнами, їх питома щільність розташування на певну одиницю площі гістологічного зрізу може служити метричним критерієм при кількісній оцінці індивідуальної та статевої відмінностей мієлоархітектоніки мозолистого тіла.

За нашими підрахунками на  $1,0 \text{ мм}^2$  площі сагітального профілю мозолистого тіла доводиться близько 1200 одиниць інтерфасцикулярних олігодендроцитів. Інакше кажучи, знаючи, що їх розміри знаходяться в інтервалі між 5,0 і 12,0 мкм, а комірки, в яких вони розміщуються, дорівнюють приблизно 10-20 мкм, буде не важко підрахувати приблизне число цих утворень на поверхні усього його сагітального зрізу. Але якщо уявити собі увесь об'єм вільної частини мозолистого тіла, ширина якої, як відомо, в середньому дорівнює  $13,0 \pm 2,5$  мм у чоловіків та  $14,4 \pm 2,7$  мм у жінок, то загальна кількість у ньому інтерфасцикулярних олігодендроцитів виявиться незліченною, і будь-які спроби щодо визначення їх абсолютної кількості, на нашу думку, будуть безрезультатними.

Додатковими орієнтовними даними для кількісної оцінки мозолистого тіла людей зрілого віку можуть служити наступні метричні показники:

- 1) товщина комісуральних канатиків – від 2,0 до 3,3 мм;
- 2) ширина міжфунікулярних сполучнотканинних перегородок – від 0,1 до 0,4 мм;
- 3) товщина фасцикулярних порціонів – від 0,2 до 0,4 мм.

Слід зазначити, що усі подані лінійні розміри тканинних структур мозолистого тіла ми визначали за допомогою мікроскопа ВХ - 41 фірми «Олімпус» із цифровою фотонасадкою та пакетом ліцензійних програм для проведення морфометричних вимірів.

При спробі визначити статевий диморфізм мозолистого тіла за цими показниками виявилось, що на макро-мікроскопічному рівні за шириною міжфунікулярних сполучнотканинних прошарків (септ) між чоловіками та жінками простежується деяка відмінність. Так, у жінок серед індивідуальної різноманітності частіше зустрічаються варіанти з ширшими просвітами між комісуральними канатиками, про що йшлося в першому підрозділі попереднього розділу. Усі інші метричні параметри через велику індивідуальну та топографічну (за складом різних комісуральних канатиків одного й того ж препарату) варіативність при оцінці статевого диморфізму мозолистого тіла є не репрезентативними. Це означає, що вивчення його на мікроскопічному рівні в такому аспекті втрачає своє значення. Проте залишається ще одна ознака, яка може виявитися дієвою, – це пайове співвідношення між нервовими волокнами різної товщини, що ми очікуємо перевірити далі.

Отже, використовуючи шліфи пластинованих в епоксидній смолі неосмованих та осмованих тканин мозолистого тіла дорослих людей, ми отримали загальне уявлення про внутрішню структурну впорядкованість його взаємовідносин між різнохарактерними за функціональним призначенням тканинними компонентами. Конкретизуючи, узагальнимо результати наших досліджень у деяких ключових висновках, одночасно намічаючи тим самим завдання подальшого дослідження.

1. У своєму дослідженні ми вдалися до принципу декомпозиційного аналізу, суть якого, як відомо, полягає в розчленовуванні цілого на окремі частини, які, перебуваючи у функціональній супідрядності між собою, характеризуватимуться різним рівневим порядком організації та убунням за розмірними межами. У мозолистому тілі до них ми відносимо: комісуральні канатики та їх субмножини у вигляді пошарових фасцикулярних порціонів.

2. Розмежування між комісуральними канатиками здійснюється за допомогою добре виражених сполучнотканинних перегородок (міжфунікулярних септ), які мають прямовисний напрямок від верхньої поверхні мозолистого тіла до нижньої. Поки що залишається не встановленим, чи є вони суцільними чи неповними. За попередніми даними міжфунікулярні перегородки є місцем розташування дрібних кровоносних судин, що здійснюють розподіл крові серед окремих фасцикулярних порціонів двох суміжних канатиків, за рахунок чого відбувається функціональна інтеграція між ними.

3. Кожен комісуральний канатик складається з великої безлічі щільно укомплектованих тонких пошарових секцій (фасцикулярних порціонів), які розмежовані щонайтоншими інтерстиційними прошарками, що мають переважно вертикальне орієнтування. Це вказує на їх опосередкований зв'язок із двома лімітуючими гліальними оболонками мозолистого тіла, зовнішньою та внутрішньою. У свою чергу, такі міжфасцикулярні прошарки, вертикальна протяжність яких співвимірна з товщиною мозолистого тіла, віддають короткі бічні відріжки, що розділяють фасцикулярні порціони на замкнені в їх межах сегменти, названі нами субфасцикулярними порціонами.

4. У загальній масі мієлінізованих нервових волокон фасцикулярних порціонів у кластерному порядку розосереджені численні, чітко обмежені комірки, у яких містяться (у кожній по одному) інтерфасцикулярні олігодендроцити, що асоціюються з окремими субфасцикулярними сукупностями нервових провідників.

5. Принципово важливим положенням вважаємо те, що інтерстиційні прошарки в мозолистому тілі у своїй сукупності є складною тривимірною мережею, конструкція якої, будучи одночасно мережеподібною системою, що здійснює позасудинну циркуляцію рідини з розчиненими в ній поживними речовинами, яка омиває окремі субфасцикулярні порціони, підпорядкована характеру розгалуження кровоносних мікросудин капілярного типу.

Враховуючи те, що серед розміщених у їх межах нервових волокон кровоносні капіляри відсутні, належить з'ясувати структуру тих шляхів, які опосередковують обмінні процеси між ними й інтерстиційними прошарками, що належить до концепції про гематоенцефалічний бар'єр.

Викладені вище положення слід розглядати тільки у вигляді загального плану, керуючись яким, нам належить уточнити та деталізувати багато питань, що стосуються структурної організації мозолистого тіла.

## **5.2. Цитотопічний аналіз мієлоархітектоніки мозолистого тіла людей зрілого віку**

Термін «цитотопічний», уведений нами уперше в практику морфологічного аналізу клітинної будови головного мозку, не є аналогом терміну «цитоархітектоніка», під яким розуміється порядок розташування в сірій речовині нервових клітин. У білій же речовині спеціалізованими клітинними елементами є тільки гліальні клітини, що відрізняються не лише цитофізіологічними властивостями, але й точно визначеним незмінним місцем у структурі мієлінізованих нервових волокон. Якщо цитофізіологічні властивості гліальних клітин білої речовини переважно відомі, то їх топологія, на нашу думку, вимагає ще деяких суттєвих уточнень. Окрім мікрогліальних елементів, що є фагоцитарними клітинами нервової тканини, до клітин, які визначають структуру білої речовини, належать, як відомо, дві

популяції макроглії – це фібрилярні астроцити й інтерфасцикулярні олігодендроцити, про які вже йшлося у нашому дослідженні. Нагадаємо, що згідно з даними літератури у складі мозолистого тіла вони знаходяться у співвідношенні 1:4 відповідно. Окрім того, встановлено, що перші з них знаходяться в тісному зв'язку з кровоносними судинами, а другі асоціюються з нервовими волокнами. Таким чином, здавалося б, що питання про їх диспозицію вирішене. Проте їх взаємозв'язок у загальній мієлоархітектоніці залишається ще не зовсім зрозумілим, а також те, як він здійснюється.

Вирішити ці питання не так легко, оскільки ми оперуємо обмеженими технічними засобами дослідження, які не дозволяють проникнути в надзвичайно складне тривимірне переплетення мікротканинних структур мозолистого тіла. На жаль, таких інтервізійних методів, які б дозволили це зробити, сучасна морфологія в розпорядженні не має (магнітно-резонансна томографія тут не спроможна). Тому ми змушені були покластися на гістологічні методи, але в сучасній модифікації, що дозволило підвищити роздільну здатність світлової мікроскопії за допомогою отримання напівтонких зрізів тканин, поміщених в епоксидну смолу. Такі зрізи зазвичай використовуються у практиці трансмісійної електронної мікроскопії, де для їх виготовлення служать ультратоми, яких звичайні гістологічні лабораторії в розпорядженні не мають. Проте для цих цілей можна пристосувати звичайний ротаційний мікротом, якщо його оснастити спеціальним фіксатором для скляних ножів [77].

Вихідним матеріалом для виготовлення серійних напівтонких зрізів служили ті пластиновані препарати мозолистого тіла, які фігурували в перших підрозділах цього та четвертого розділу. Для цього із уже вивчених товстих шліфів неосмованих і осмованих тканин мозолистого тіла прицільно сікли потрібні ділянки у вигляді прямокутних плоских шматочків розміром не більше 4x4 мм, які потім наклеювали за допомогою епоксидної смоли на торець підготовленого заздалегідь короткого епоксидного стержня, що був виготовлений шляхом полімеризації епоксидної смоли в желатиновій

капсулі. Останній із наклеєним зразком міцно фіксувався спеціальним патроном у цанговому утримувачі мікротома. Зрештою, отримані серійні зрізи завтовшки 2-3 мкм, ми забарвлювали метиленовим синім і поліхромним барвником, до складу якого, окрім метиленового синього, входить Азур-1 та основний фуксин.

Вивчення цих серійних зрізів у послідовному порядку розгляду дозволило визначити деталі одних і тих же структур за їх товщинним переходом серед інших суміжних із ними утворень. У роботі ми подаємо тільки окремі їх мікрофотографії, які у двомірному відображенні є найбільш показовими з огляду на такі синтопічні взаємозв'язки.

Але перш ніж приступити до цього аналізу, потрібно ознайомитися з тим, як виглядають вже відомі тканинні елементи мозолистого тіла на напівтонких зрізах у порівнянні з препаратами, які розглянуті в попередньому підрозділі цього розділу. Спочатку проведемо їх упізнання на напівтонких зрізах неосмованої тканини при монохромному забарвленні метиленовим синім. Слід зауважити, що у прагненні розрізнити найменші структури мозолистого тіла, якими є нервові волокна, нам знадобиться збільшення мікроскопа при об'єктиві не менше 40 крат, при якому вони у своїй масі представляють базофільні поля, розділені різними за конфігурацією інтерстиційними просвітами. Придивившись, легко розрізнити, що ці поля складаються з надзвичайно щільної маси незліченних коротких, криво та поперечно зрізаних, стержневих структур зі світлим колом, із яких у вигляді базофільних рисок виступають відростки нервових клітин, надаючи загальному, помірно базофільному фону вигляду пунктирно покресленої картини (рис. 5.6, 5.7). Цілком зрозуміло, що світлі кола, які їх обрамляють, є порожнечами колишніх мієлінових оболонок нервових волокон.



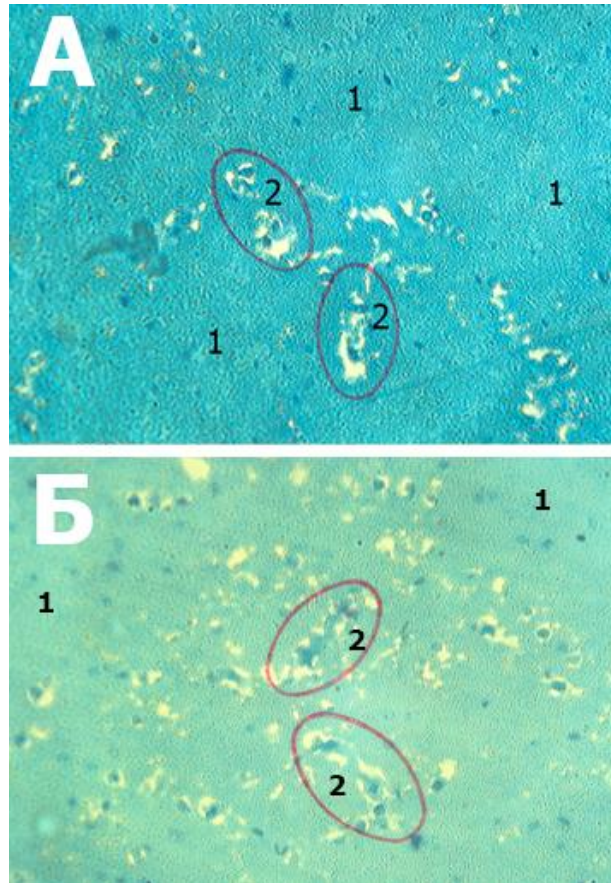


Рис. 5.6. Мікроструктура комісуральних канатиків (у поперечному розрізі) мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Напівтонкий зріз неосмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 40<sup>x</sup>.

1 – загальний зернистий фон, представлений щільним компонуванням нервових волокон, серед яких розосереджені у вигляді синіх вкраплень інтерфасцикулярні олігодендроцити; 2 – інтерстиційні прошарки, в яких знаходяться кровоносні мікросудини та фібрилярні астроцити (обведені червоними колами).

Тут доречно відзначити одну цікаву особливість, яка привернула нашу увагу при вивченні мікроскопічної структури мозолистого тіла. Вона полягає в тому, що незалежно від площини розрізу на усіх зрізах нервові волокна опиняються в дещо косому або ж поперечному профільному зрізі, й ніколи нам не доводилося їх простежувати хоч б частково в поздовжньому напрямку, у чому можна переконатися на мікрофотографіях, поданих на рис. 5.6 і 5.7.

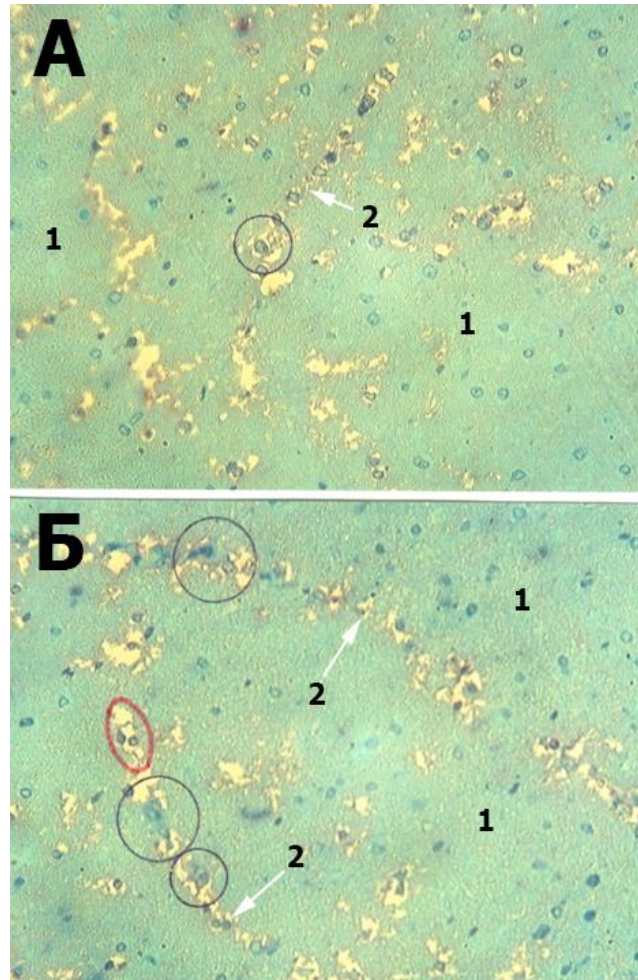


Рис. 5.7. Мікроструктура комісуральних канатиків (у поперечному розрізі) мозолистого тіла жінки зрілого віку. Напівтонкий зріз неосмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 40<sup>x</sup>.

1 – загальний зернистий фон, представлений щільним компануванням мієлінізованих нервових волокон, серед яких у вигляді синіх краплень знаходяться інтерфасцикулярні олігодендроцити; 2 – інтерстиційні прошарки з кровоносними мікросудинами та фібрилярними астроцитами, які знаходяться в них (обведені красними та чорними колами відповідно).

Принагідно відмітимо, що на кожному рисунку розміщено по дві мікрофотографії, одні з яких належать мозолистому тілу чоловіка, а другі – жінки. Але вони зовсім не покликані продемонструвати статеву відмінність між ними, оскільки на цьому рівні дослідження, як було вказано, відсутні надійні ознаки статевого диморфізму.

Як же можна пояснити таку одноманітність форми нервових волокон мозолистого тіла при різних площинних розрізах? На нашу думку, цьому можна дати, як мінімум, два пояснення. По-перше, цілком імовірно, що в межах комісуральних канатиків нервові волокна змінюють свій напрямок, перехресно переходячи з одних фасцикулярних порціонів у інші, за рахунок чого здійснюється контрлатеральна взаємодія між однойменними (симетричними) і різнойменними (асиметричними) кірковими центрами великого мозку, на що є вказівки в літературі. Слід сказати, що в цьому немає нічого виняткового, бо, як відомо, провідні шляхи центральної нервової системи на усіх рівнях перехрещуються. Якщо визнати, що мозолисте тіло в цьому відношенні не є винятком, то його однозначне картування за допомогою магнітно-резонансної томографії, чому присвячені дослідження останніх років [178, 184, 186, 213], не буде досить переконливим.

По-друге, ще однією причиною дробового виявлення нервових волокон на зрізах може бути їх звивистий, хвилеподібний характер проходження через мозолисте тіло на зразок того, як це має місце в периферичних нервах, де, на відміну від мозолистого тіла або взагалі білої речовини головного мозку, хвилеподібна звивистість нервових волокон для прямої візуалізації легко доступна. У літературі така форма нервових волокон периферичних нервів пояснюється компенсаторним пристосуванням при їх розтягуванні [118]. Так це або ні – говорити важко. Але все-таки, із цього приводу ми висловимо наступне міркування: якщо б виявилось, що в мозолистому тілі нервові волокна також мають зигзагоподібну (чи хвилеподібну) форму, то вказане пояснення стало б недоречним. І тоді з'явилася б необхідність з'ясування фізіологічної суті зазначеної морфологічної особливості. На жаль, зараз ми не маємо в розпорядженні необхідних методів, щоб це довести. Але ймовірно, висловлені нами дві версії, покликані пояснити дробове виявлення нервових волокон мозолистого тіла на будь-яких зрізах, не обов'язково є взаємовиключними – вони можуть бути поєднаними.

Але як би то не було, на будь-яких гістологічних зрізах мозолистого тіла можна упевнитися в надзвичайно щільному компануванні величезної безлічі нервових волокон, розрізнити які на оглядових мікрофотографіях за товщиною не вдасться. Помітним є те, що на їх фоні урозкид знаходяться клітинні елементи, що виділяються інтенсивністю базofilії, які у своїй більшості належать до інтерфасцикулярних олігодендроцитів (рис. 5.7). Переконатися в цьому можна при максимальному збільшенні мікроскопа за наступною цитологічною ознакою: у реакції з метиленовим синім їх цитоплазма набуває інтенсивної базofilії, що свідчить про наявність у ній гранулярного ендоплазматичного ретикулуму, який, як відомо, відповідальний за синтез речовин, необхідних для процесу оновлення мієлінових оболонок нервових волокон (рис. 5.8).

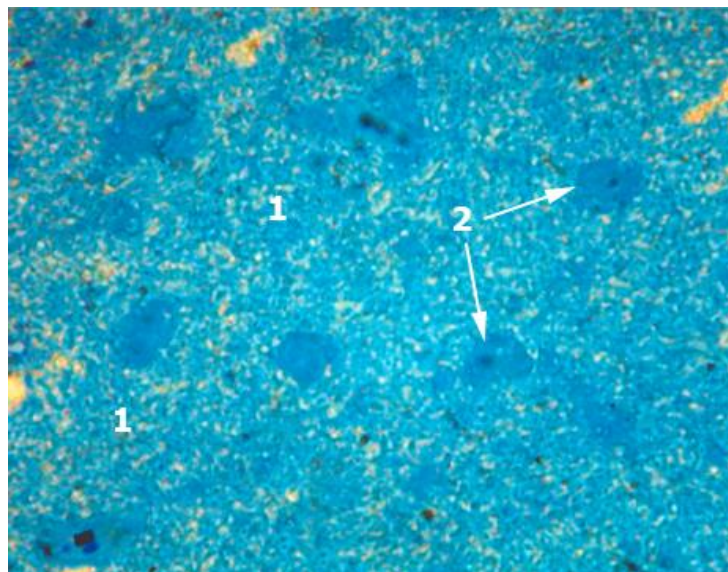


Рис. 5.8. Мікроструктура комісуральних канатиків мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Напівтонкий зріз неосмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єтив 100<sup>x</sup> (імерсія).

1 – загальний грубозернистий фон, представлений щільною компановкою мієлінізованих нервових волокон, серед яких розосереджені інтерфасцикулярні олігодендроцити (2), що відрізняються підвищеною базofilією цитоплазми.

Окрім того, на вказаних мікрофотографіях, зроблених із напівтонких зрізів неосмованих тканин мозолистого тіла, можна розрізнити відростки такої ж базofilії, які, відходячи від цих клітин, упродовжуються в пучки нервових волокон. У цьому випадку мова йде про такі ж структури, які ми розглядали в першому підрозділі цього розділу, але тільки на тонких шліфах осмованої тканини. Разюча відмінність структур на напівтонких зрізах від таких же на тонких полягає передусім у тому, що на них не розрізняються чіткі комірочки з уміщеними інтерфасцикулярними олігодендроцитами, проте самі вони стають більш чіткими. У цьому ми ще раз переконуємося при вивченні напівтонких зрізів осмованих препаратів. Пояснюється описаний ефект тим, що імпрегнація осмієм призводить до підвищення контрастності тих зон у речовині мозолистого тіла, у яких сконцентровані мієлінізовані нервові волокна; тоді як при забарвленні неосмованих зрізів метиленовим синім ця елективність втрачається через відносно рівномірний розподіл у фасцикулярних порціонах реагентної субстанції, що призводить до монохромного забарвлення зазначених структур. Деяка вибірковість серед них досягається шляхом використання поліхромного барвника, що складається з суміші основного фуксину, Азура-1 і метиленового синього, при якому усе поле, зайняте щільними сукупностями нервових волокон, набуває рожевого фону, на якому урзкид у вигляді світло-блакитнуватих, дещо прихованих плям розосереджені комірочки, що містять клітинний елемент, який розпізнається за базофільним забарвленням ядра. Видно, що інтенсивність цьому забарвленню надає хроматин, розподілення якого у вказаних клітинах є типовим для інтерфасцикулярних олігодендроцитів (рис. 5.9). Окрім того, на таких препаратах поза комірочками з олігодендроцитами серед мієлінізованих нервових волокон зустрічаються поодинокі дрібні клітини, які поза сумнівом належать до мікрогліальних елементів, тобто є нервовотканинними макрофагами, що виконують згідно з даними літератури утилізацію «відходів» мієліну в процесі оновлення мієлінових оболонок. Отже, на одному полюсі цього процесу знаходиться



синтетична (секреторна) діяльність інтерфасцикулярних олігодендроцитів, а на іншому – фагоцитарна активність мікрогліальних елементів.

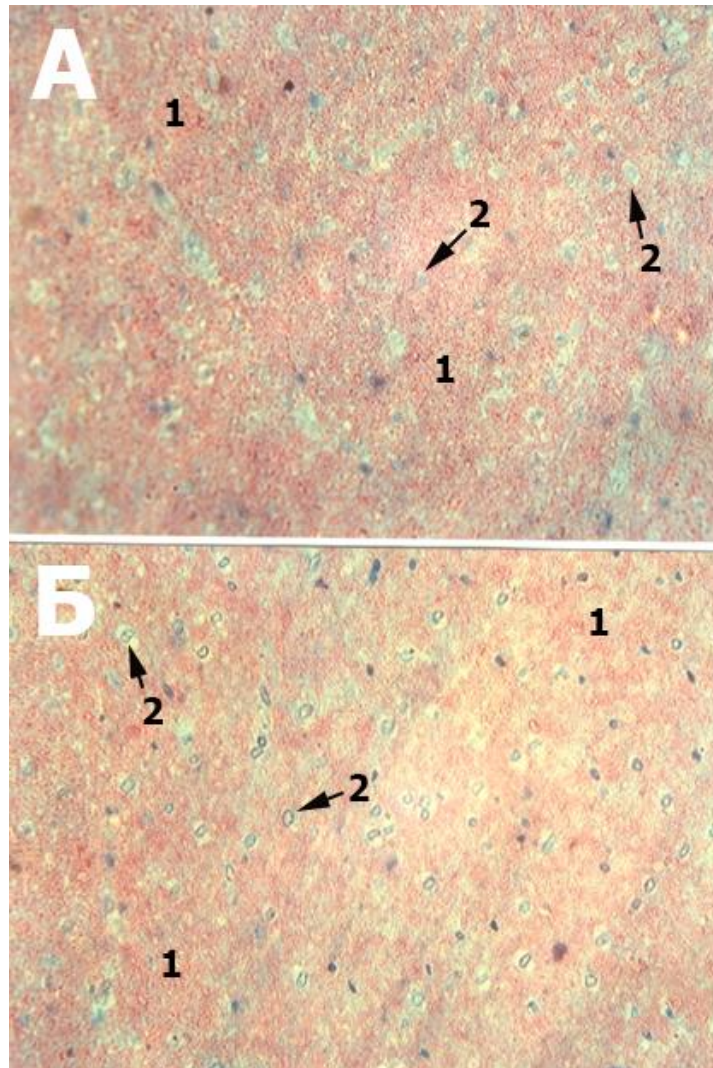


Рис. 5.9. Мікроструктура комісуральних канатиків мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б) зрілого віку. Напівтонкі зрізи неосмованої тканини. Поліхромне забарвлення (фуксин основний + Азур 1 + метиленовий синій). Об'єктив 40<sup>x</sup>.

1 – загальний зернисто-рожевий фон, представлений щільним компануванням мієлінізованих нервових волокон, серед яких у комірках розосереджені інтерфасцикулярні олігодендроцити (2).

Таким чином, використаний метод забарвлення напівтонких зрізів дозволяє упевнитися в тому, що побачена нами на препаратах осмованої

тканини мозолистого тіла картина його комірчастої структури, яка вказує на локалізацію інтерфасцикулярних олігодендроцитів, не є наслідком артефакту. Але поліхромне забарвлення напівтонких зрізів неосмованої тканини має один недолік. Справа в тому, що при ньому відбувається зафарбовування і міжфасцикулярних інтерстиційних прошарків, які у результаті цього стають слабо помітними на фоні інших структур. Такий недолік відсутній при монохромному фарбуванні зрізів метиленовим синім, при якому інтерстиційні прошарки мають вигляд різних за конфігурацією розгалужених світлих щілин (рис. 5.6 і 5.7). На поданих мікрофотографіях ці щілини є різними за ракурсом розрізу як міжфасцикулярними, так і внутрішньофасцикулярними міжтканинними прошарками, описаними в попередньому підрозділі. У них кровоносні мікросудини перебувають у тісних стосунках із іншим типом гліальних клітин – фібрилярними астроцитами. На описуваних мікрофотографіях вони обкреслені червоними та чорними колами відповідно. Цим утворенням ми повинні приділити особливу увагу, оскільки саме вони є організуючими структурами мієлоархітектоніки мозолистого тіла, на чому ми перервали аналіз у попередньому підрозділі через їх погане розрізнення на шліфах пластинованих в епоксидній смолі тканин.

Найбільш розбірливо тканинні структури мозолистого тіла візуалізуються на напівтонких зрізах осмованих препаратів, тому саме вони послужать нам об'єктами для подальшого детального аналізу мієлоархітектоніки мозолистого тіла, аж до повної реалізації роздільної здатності світлового мікроскопа. Але перш ніж зайнятися вивченням вказаних вище структур, слід ознайомитися із загальною специфікою відмінності цих зрізів від таких же, розглянутих вище, неосмованої тканини.

На рис. 5.10 показано найбільш характерну підбірку мікрофотографій оглядового плану, які у збільшенні співвимірні між собою, а також із мікрофотографіями, отриманими з тонких шліфів осмованих (рис. 5.4) і напівтонких зрізів неосмованих (рис. 5.6 і 5.7) тканин. Очевидною є

подібність із першим варіантом за рахунок чіткого прояву комірчастого розподілу серед нервових волокон інтерфасцикулярних олігодендроцитів, і приблизною – у другому через стертість цієї картини.

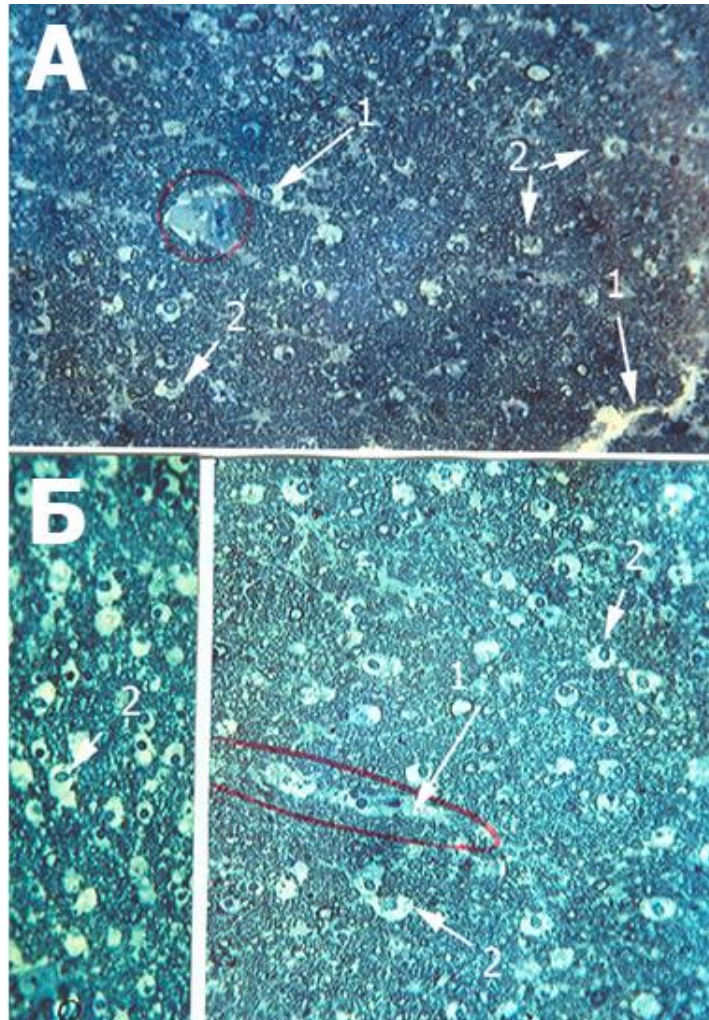


Рис. 5.10. Мікроструктура фасцикулярних порціонів мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б) зрілого віку. Напівтонкі зрізи осмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єktiv 40<sup>x</sup>. Внизу ліворуч вставка, що ілюструє поздовжню рядність розташування інтерфасцикулярних олігодендроцитів.

1 – міжфасцикулярні прошарки інтерстиція (червоним колом обкреслено місце знаходження фібрилярного астроцита); 2 – інтерфасцикулярні олігодендроцити серед мієлінізованих нервових волокон різної товщини.



Але суттєвою перевагою напівтонких зрізів осмованих тканин у порівнянні з такими ж неосмованих є чіткий, розбірливий характер виявлення у них мієлінізованих нервових волокон, який при усій надзвичайній щільності їх концентрації не тільки дозволяє окремо розрізнити ці одиниці, а й судити про їх товщину. Орієнтовно можна сказати, що у своїй масі вони переважно представлені тонкими волокнами середньої товщини. На вставці зліва нижнього знімка (рис. 5.10) вибірково показана не зовсім чітка, але все-таки спостережувана, рядність у розташуванні інтерфасцикулярних олігодендроцитів, між якими, і ув'язано з ними, знаходяться пучки нервових волокон, представлені дробово, у більшості випадків у косому розрізі. Узагалі ж на цьому рисунку розміщено мікрофотографії мозолистого тіла чоловіка (верхня мікрофотографія) і жінки (нижні мікрофотографії), проте вони, хоча й різняться інтенсивністю та тональністю забарвлення метиленовим синім, не покликані демонструвати статевий диморфізм, оскільки ці відмінності пов'язані з різними привідними чинниками у процесі виготовлення препаратів і неспівпадінням ділянок у мозолистому тілі.

На цих же мікрофотографіях фрагментарно виявляються й міжфасцикулярні прошарки інтерстиція, які містять мікросудинно-астроцитарні комплекси (один із них окреслений червоним колом). Слід зазначити, що візуалізувати разом їх вдається не завжди, оскільки все залежить від випадку попадання цих утворень на площину зрізу положення. Але перегляд зрізів за глибиною, а також численні спостереження дозволяють упевнено говорити: якщо у межах міжфасцикулярного прошарку ми бачимо тіло фібрилярного астроциту, то це обов'язково вказує на розташування поруч кровоносної мікросудини, і навпаки. Зазначене положення ілюструють мікрофотографії, розміщені на рисунках 5.11, 5.12 і 5.13. На першому з них (верхня мікрофотографія, окреслено чорним колом) показано тіло астроциту, цитоплазма якого повністю охоплює поперечний профіль кровоносного капіляра, що частково потрапив на зріз. Окрім того,

можна побачити, що від його тіла в різному напрямку відходить декілька відростків, які проникають серед пучків нервових волокон до найближчих осередків інтерфасцикулярних олігодендроцитів. При цьому на деякій радіальній відстані від нього знизу в поперечному розрізі знаходяться два кровоносні капіляри, що локалізуються в поперечних внутрішньофасцикулярних відроггах інтерстиційних прошарків, навколо яких відсутні очевидні ознаки астроцитарної оболонки.

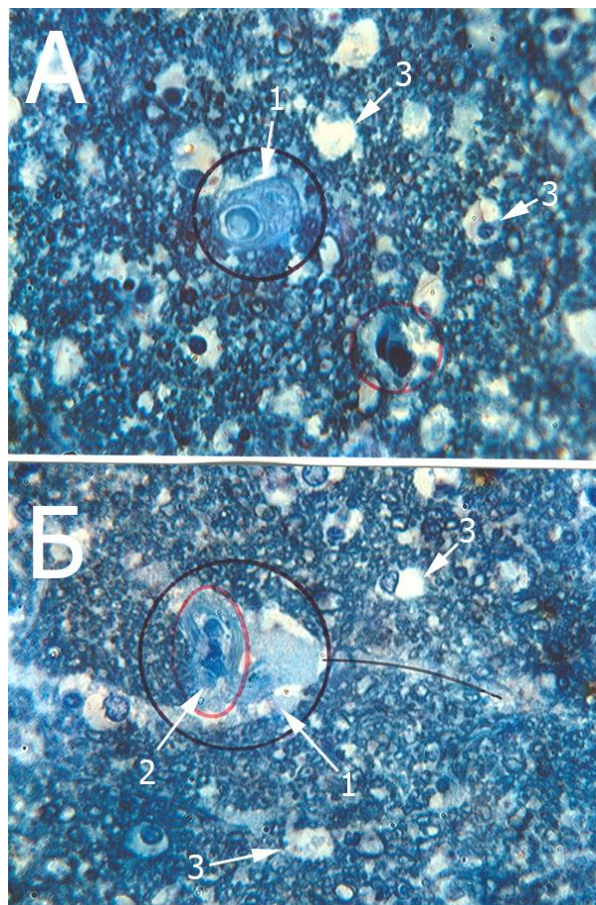


Рис. 5.11. Мікроструктура фасцикулярних порціонів мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б) зрілого віку. Напівтонкі зрізи осмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єktiv 100<sup>x</sup> (імерсія).

1 – міжфасцикулярні прошарки інтерстиція (червоними та чорними колами окреслені місця знаходження кровоносних мікросудин із прилягаючими до них тілами фібрилярних астроцитів); 2 – артеріола; 3 – інтерфасцикулярні олігодендроцити серед мієлінізованих нервових волокон різної товщини.

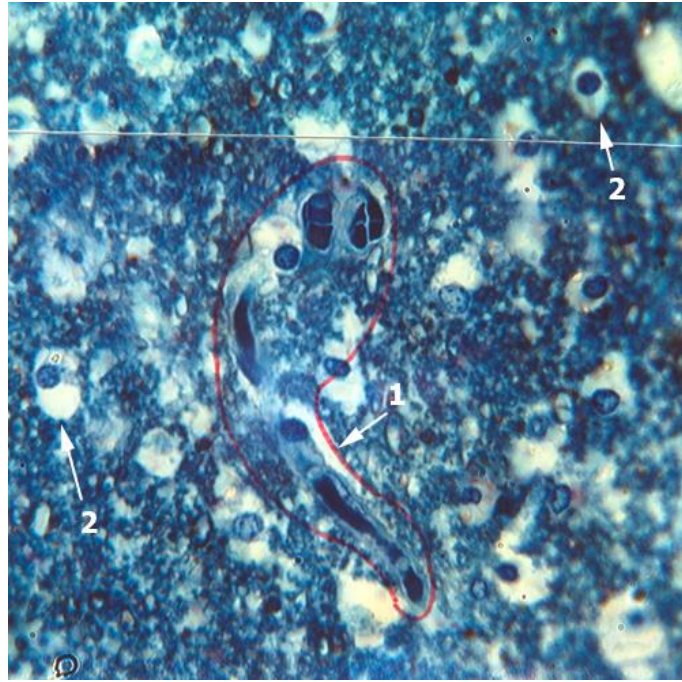


Рис. 5.12. Мікроструктура фасцикулярних порціонів мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Напівтонкий зріз осмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 100<sup>x</sup> (імерсія).

1 – кровоносний мікрососуд прекапілярного типу (окреслено червоним контуром), який знаходиться в міжфасцикулярному інтерстиції; 2 – інтерфасцикулярні олігодендроцити серед мієлінізованих нервових волокон різної товщини.

Це ставить під сумнів існуюче твердження, що периваскулярні лімітуючі оболонки у мозковій речовині скрізь суцільні, тобто такі, що повністю виключають прямий контакт судинної стінки з нервовими елементами. Це положення досить показово ілюструє нижня мікрофотографія того ж рисунка, де (майже в центрі мікрофотографії) у межах міжфасцикулярного прошарку в поперечному розрізі знаходиться кровоносна мікросудина артеріального типу, тобто артеріола (окреслена червоним колом), до стінки якої тільки з одного боку примикає тіло фібрилярного астроциту з декількома спрямованими від нього в різні боки відростками. При чому один із них проникає в поперечний внутрішньофасцикулярний прошарок, проглядаючись у ньому на відносно

великій відстані (указано чорною тонкою лінією). Звертає увагу, що протилежна стінка артеріоли від прилягаючого тіла астроциту виглядає безпосередньо контактуючою з пучком нервових волокон. Проте така видимість створюється через недостатнє розрізнення світлового мікроскопа, що не дозволяє візуалізувати мікроструктури, які знаходяться між ними. У цьому випадку передусім йдеться про базальні мембрани, які їх розділяють, і побачити які можна тільки за допомогою трансмісійного електронного мікроскопа.

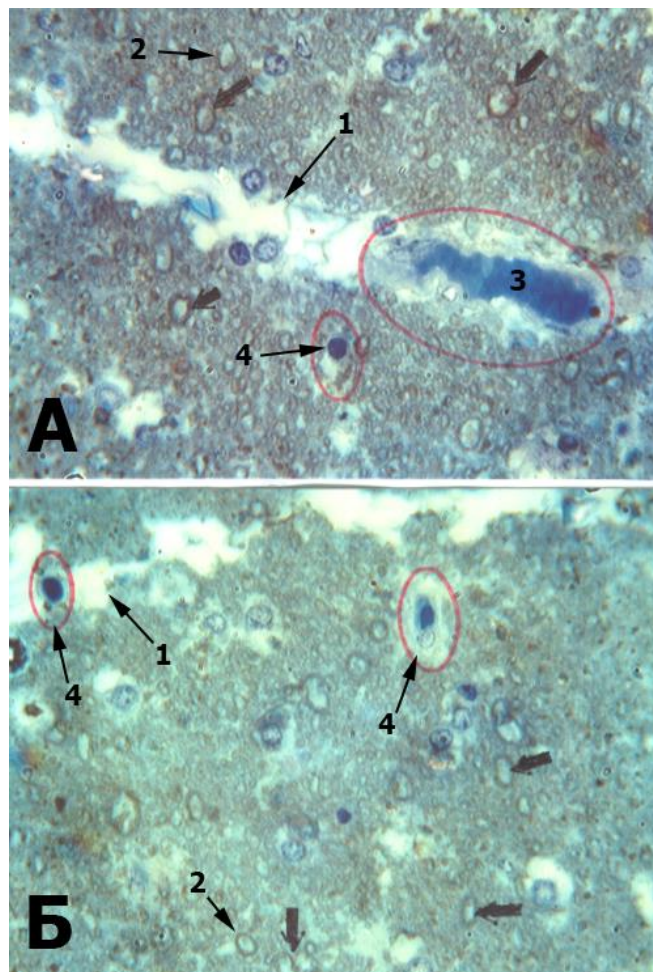


Рис. 5.13. Мікроструктура фасцикулярних порціонів мозолистого тіла чоловіка (А) та жінки (Б) зрілого віку. Напівтонкі зрізи осмованої тканини. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив  $100\times$  (імерсія).

1 – міжфасцикулярні прошарки інтерстиція; 2 – мієлінізовані нервові волокна різної товщини (стрілками вказані деякі товсті нервові волокна); 3 – артеріальна мікросудина; 4 – кровоносні мікросудини капілярного типу.



Та все ж із упевненістю можна говорити, що неодмінним атрибутом безпосереднього оточення кровоносних мікросудин у мозолистому тілі є фібрилярні астроцити, тіла яких тісно пов'язані з їх стінкою, а відростки ламелярної форми мають різнополярну орієнтацію; одні з них, за даними літератури, тягнуться стінкою цієї мікросудини, а інші проникають між пучками нервових волокон [94]. Така особливість форми фібрилярних астроцитів та їх розпростерте орієнтування між обмінними кровоносними судинами, з одного боку, і пучками нервових волокон, з іншого, значно ускладнює можливість створення чіткого уявлення про просторовий взаємозв'язок між ними в загальній мієлоархітектоніці мозолистого тіла. Розібратися в цьому питанні допоможуть наступні встановлені нами положення: 1 – згідно з нашими даними у міжфасцикулярних інтерстиційних прошарках, які мають вертикальне орієнтування між фасцикулярними порціонами комісуральних канатиків, локалізуються переважно резистивні кровоносні мікросудини (артеріоли та прекапілярні артеріоли); 2 – місцем розташування обмінних кровоносних мікросудин (кровоносних капілярів) є поперечні відрогі міжфасцикулярних прошарків, які відділяють собою пучкові сукупності нервових волокон, названі нами субфасцикулярними порціонами (наочною ілюстрацією цього положення може служити рис. 5.12 і 5.13); 3 – у територіальних межах субфасцикулярних порціонів обмінні мікросудини відсутні; 4 – місцем розташування тіл (перикаріонів) фібрилярних астроцитів є міжфасцикулярні прошарки інтерстиція, де вони через рівновіддалені проміжки тісно примикають до стінки резистивних мікросудин (артеріол і посткапілярів), утворюючи навколо них своєрідні периваскулярні муфти. У проміжку між ними стінки цих артеріальних мікросудин прикриті периваскулярними відростками фібрилярних астроцитів; 5 – інші ламелярні відростки останніх разом із кровоносними капілярами й окремо від них (!) проникають у поперечні відрогі міжфасцикулярних прошарків, де виявити їх на зрізах дуже складно.

Тепер, керуючись цими положеннями, ми повинні виконати нелегке завдання системного впорядкування складної плутанини просторових взаємозв'язків між тим відомим нам обмеженим типовим числом тканинних структур, які уміщуються в межах окремих субфасцикулярних порціонів, що повністю складаються із пучків мієлінізованих нервових волокон, упорядкованих за допомогою інтерфасцикулярних олігодендроцитів. Ще раз відзначимо, що ці порціонні сукупності повністю позбавлені кровоносних капілярів, а це означає, що трофіка уміщених у них нервових волокон здійснюється тільки за рахунок просочуваної між ними міжтканинної рідини, яка потрапляє сюди із місця розташування обмінних мікросудин як фільтрат плазми крові. Для встановлення шляхів позасудинної циркуляції цієї рідини ми обрали одну найбільш показову мікрофотографію, отриману з напівтонкого зрізу осмованої тканини мозолистого тіла без додаткового забарвлення метиленовим синім із метою усунення його тонованого впливу на основні структури (рис. 5.14).

Ця мікрофотографія, яка певною мірою може бути порівнюваною із подібною до неї, але отриманою із тонкого шліфа при малому збільшенні (рис. 5.2), ми використовуємо як двомірну мікротопографічну карту, що демонструє взаєморозташування між усіма аналізованими нами структурами. Нижче неї розміщена така ж, але не контрастована мікрофотографія, використана для графічної інтерпретації принципового характеру взаємозв'язків між ними.

При розгляді цієї мікрофотографії перш за все ми знаходимо вузлове місце у вигляді міжфасцикулярного прошарку, в якому, як нам відомо, локалізуються артеріальні мікросудини. Їх розміщення ми, як було зазначено вище, визначаємо за наявністю добре розпізнаваних тіл фібрилярних астроцитів, розташованих уздовж периваскулярної зони інтерстиційної щілини. На інтерпретуючій схемі їх зв'язок, що здійснюється за допомогою периваскулярних відростків, указаний пунктиром. Звернемо увагу, що від тіла цих астроцитів відходять бічні цитоплазматичні відростки, які

впроваджуються у середовище нервових волокон субфасцикулярного порціону. Показовим прикладом тут буде тіло середньо розташованого у ряді астроциту.

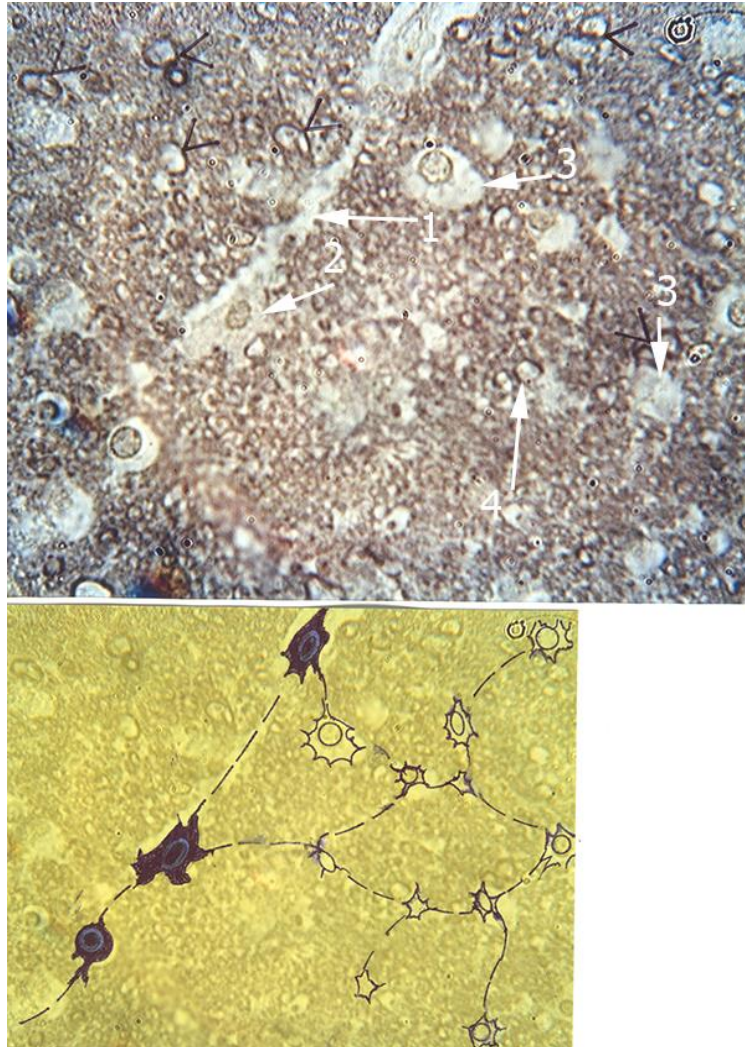


Рис. 5.14. Мікроструктура фасцикулярних порціонів мозолистого тіла жінки зрілого віку. Незабарвлений напівтонкий зріз осмованої тканини. Об'єктив  $100\times$  (імерсія). Знизу подана неконтрастована мікрофотографія, використана в якості інтерпретації топологічних відносин між фібрилярними астроцитами, інтерфасцикулярними олігодендроцитами та нервовими волокнами.

1 – міжфасцикулярні прослойки інтерстиція; 2 – фібрилярні астроцити; 3 – інтерфасцикулярні олігодендроцити; 4 – мієлінізовані нервові волокна різної товщини (стрілками позначені деякі товсті нервові волокна).

Тепер ми повинні з'ясувати, куди конкретно спрямовані зазначені відростки та з якими внутрішньофасцикулярними структурами вони пов'язані. Для цього більш уважно придивимося до форми внутрішньофасцикулярних комірок, у яких розміщуються інтерфасцикулярні олігодендроцити. Раніше ми їх вважали кластерно розташованими ізольованими утвореннями. Але численні спостереження, а також окремі вдалі знахідки на зрізах дають підстави говорити, що вони з'єднуються між собою за допомогою щонайтонших тунельних щілин, формуючих усередині субфасцикулярних порціонів свого роду стільникову мережу, окремі комірки якої (у окремих ділянках зрізів) мають полігональну форму. Не підлягає сумніву, що в таких тунельних щілинах знаходяться відростки, які в зустрічному напрямку відходять від розташованих у кутах окремих стільників інтерфасцикулярних олігодендроцитів так, як це показано на інтерпретуючій схемі (рис. 5.14). Виходячи з цього, ми вважаємо за доцільне при декомпозиційному розчленовуванні загальної мієлоархітекtonіки мозолистого тіла виділяти мінімальну субмножину нервових волокон під назвою «стільникових порціонів» із розташованими в них відростками олігодендроцитів, які погранично розділені між собою мікроскопічними тунельними щілинами. Зараз ми не можемо сказати, чи є ці відростки окремими, виконуючими тільки розмежувальну роль, чи вони також беруть участь у формуванні мієлінових оболонок тих нервових волокон, які перебувають у складі стільникових порціонів. Як би то не було, безперечним є те, що такими тунельними щілинами здійснюється просочування інтерстиційної рідини, яка надходить у них із міжфасцикулярних і поперечних внутрішньофасцикулярних прошарків, де (з чого ми розпочали наш аналіз) локалізуються кровоносні мікросудини, донори цієї рідини.

Однак, у нас поки що відсутня з'єднувальна ланка між цими інтерстиційними відсіками та розгалуженою внутрішньофасцикулярною стільниковою мережею тунельних щілин. Проте визначити її нескладно: якщо поглянути на вже вказаний рисунок (рис. 5.14), стає очевидним, що



структурно цей зв'язок здійснюється за допомогою бічних відростків периваскулярних астроцитів, які проникають через вузькі щілини в периферичну зону фасцикулярних порціонів, де вони контактують із відростками олігодендроцитів, які перебувають у крайовому положенні. Слід зазначити, що за основними цитологічними ознаками вказані інтерфасцикулярні олігодендроцити майже не відрізняються від фібрилярних астроцитів. Очевидно, між ними є якісь перехідні форми, що не може викликати принципових заперечень, якщо врахувати їх походження від спільних для них клітин-попередників – спонгіобластів (необхідно пам'ятати, що функціональне призначення клітин визначається місцем їх розташування в загальній системі міжклітинних взаємодій).

Таким чином, система, що забезпечує обмінні процеси між кров'ю та мієлінізованими нервовими волокнами мозолистого тіла, не вкладається в жорсткі межі уявлень про гематоенцефалічний бар'єр у сірій мозковій речовині, згідно з якими між кров'ю, що протікає обмінною мікросудиною, і нервовою клітиною знаходиться селективний бар'єр. Він складається з пошарово розташованих ендотелію, плазматичного астроциту та базальної мембрани, що їх розділяє. Указаний бар'єр призначений, згідно зі встановленими даними, не допускати вступ до нервової клітини шкідливих і небажаних речовин [16, 81, 94]. Це положення ми візьмемо до уваги, оскільки воно нам знадобиться при розгляді питання про особливості трофіки мієлінізованих волокон.

На противагу цьому в мозолистому тілі, згідно з нашими даними, між кровоносними мікросудинами капілярного типу та мієлінізованими нервовими волокнами знаходиться досить розпростерта суміжними окружними мікрорегіонами тунельна мережа інтерстиційних щілин, яка, стоншуючись, замикається навколо внутрішньофасцикулярних стільникових порціонів за допомогою міжтканинних комірок, що містять інтерфасцикулярні олігодендроцити. Ми вважаємо, що циркулююча цією транспортною системою інтерстиційна рідина не може проникати в товщу

самих стільникових порціонів через гранично щільну зімкнутість уміщених у них мієлінізованих волокон, що виключає вільну циркуляцію рідини між ними. Встає питання: яким же чином повинна здійснюватися їх трофіка? Відповісти на нього можна, виходячи з того, що нервово волокно складається з власне провідника, представленого в нашому випадку аксоном нервової клітини (знаходиться в корі великого мозку), і мієлінової оболонки. У зв'язку з цим слід вважати, що мієлінізовані нервові волокна мозолистого тіла (напевно й усієї білої речовини головного мозку) мають два джерела живлення, а саме: обмінні процеси нервових відростків здійснюються шляхом аксонного транспорту, спрямованого від тіла нервової клітини, тоді як постійне оновлення мієлінових оболонок повністю зобов'язане продуктивній діяльності інтерфасцикулярних олігодендроцитів, що забезпечується за рахунок наявності в їх цитоплазмі розвиненого гранулярного ендоплазматичного ретикулуму, який добре виявляється при фарбуванні базофільним барвником, що підтверджується вищевикладеними нами результатами цитологічного аналізу (рис. 5.7 і 5.8).

Таким чином, у мозолистому тілі вся транспортна система, здійснююча процеси мікроциркуляції рідини з вмістом поживних речовин, повністю спрямована на функціональне та структурне забезпечення постійності тільки мієлінових оболонок нервових волокон. У кінцевій інстанції цей процес забезпечується синтетичною діяльністю інтерфасцикулярних олігодендроцитів. З'єднувальною ланкою між ними й обмінними мікросудинами є периваскулярні (фібрилярні) астроцити, яким, мабуть, на відміну від задіяних у селективній трофіці тіл кіркових нейроцитів плазматичних астроцитів, не властиві бар'єрні функції. На нашу думку, вони є організуючими елементами, які забезпечують структурну цілісність єдиної системи мікроциркуляторних процесів. Непрямим підтвердженням цього можна вважати наявність у їх цитоплазмі, особливо у відростках, фібрилярних структур (через що вони і дістали свою назву), які, як відомо, належать до цитоскелетних утворень, що надають таким клітинам стійкої

форми. Згідно з даними С. Немечека і співавт. [94] астроглія за допомогою своїх ламелярних відростків створює в усій центральній нервовій системі просторову мережу, центральними точками якої є тіла астроцитів. Це повністю узгоджується з викладеними нами вище даними про мережевий принцип організації системи транспорту інтерстиційної рідини в мозолистому тілі з тією тільки поправкою, що в ній беруть участь не лише астроцити (фібрилярні), а й інтерфасцикулярні олігодендроцити, які перебувають між собою у нерівному кількісному співвідношенні; як ми вже відзначали вище, згідно з даними літератури, в мозолистому тілі фібрилярні астроцити складають тільки четверту частину усієї популяції макрогліальних клітин, що наочно демонструють надані нами відповідні мікрофотографії. До того ж слід додати, що в літературі є дані, згідно з якими ці гліоцитарні мережі формуються за рахунок з'єднуючих спеціалізованих структур між їх відростками, якими є міжклітинні адгезивні (десмосоми) та щілинні контакти; при чому вважається, що серед них домінують останні. Якщо це так, то можна вважати, що в такій мережі між з'єднаними клітинами здійснюється дифузне перенесення різних неорганічних іонів і низькомолекулярних органічних речовин [75]. На жаль, сьогодні нам не відомо, між якими клітинами (астроцитами чи олігодендроцитами) мають місце щілинні контакти. За логікою можна припустити, що за допомогою щілинних контактів здійснюються зв'язки між відростками інтерфасцикулярних олігодендроцитів, тоді як периваскулярні астроцити з'єднуються за допомогою десмосомів, які переважно забезпечують механічне зчеплення між контактуючими клітинами.

Після цього детального цитотопічного аналізу мієлоархітектоніки мозолистого тіла слід завдатися питанням: чи такий уже унікальний описаний вище принцип структурної організації судинно-тканинних взаємовідношень у тваринному організмі, тобто чи є він характерним тільки для білої речовини головного мозку, чи, можливо, він властивий і для інших органів? Зрозуміло, що таке формулювання питання передбачає наявність

певного джерела літератури, яке давало б підстави для цього. Дійсно, вказаний принцип структурної організації судинно-тканинних взаємовідношень на мікроскопічному рівні нагадав нам роботу Ю.П. Костиленко і співавт. [78], опубліковану під назвою «Значение адвентициальных фибробластов в структурных отношениях между сосудисто-нервными микрокомплексами и ацинусами слюнных желез». У ній автори подають дані (підкріплені електронограмами), згідно з якими в слинних залозах їх кінцеві відділи (ацинуси) розділені між собою тонкими інтерстиційними прошарками у вигляді міжацинарних щілин, серед яких виділяються вузлові зони; останні є місцем розташування обмінних кровоносних мікросудин, що супроводжуються тонкими пучками немієлінізованих нервових волокон. Характерною особливістю цього мікросудинно-нервового пучка є те, що дещо ззовні від нього знаходяться периваскулярні (адвентиційні) фібробласти, що мають своєрідну конфігурацію, яка полягає в наявності у них тонких відростків ламелярної форми. При чому одні з них, охоплюючи зовні мікросудинно-нервовий пучок, створюють для нього подібність оболонки, яку повноправно можна називати периваскулярною. Інші ж відростки цих периваскулярних фібробластів глибоко проникають в інтерстиційні щілини, що розділяють, як правило, два суміжних ацинуса.

Зрозуміло, що ці периваскулярні (адвентиційні) фібробласти ми уподібнюємо до фібрилярних (периваскулярних) астроцитів, хоча вони, як відомо, мають різне походження: перші є похідними мезенхіми, а другі – нейроектодерми. Але з цього приводу ми вже говорили, що функціональне призначення клітинних елементів залежить не від джерела їх диференціювання, а від місця у структурно-функціональній системі того або іншого органу в процесі його розвитку. Ми переконані, що подібний принцип організації мікросудинно-тканинних взаємовідношень, проміжною ланкою яких є периваскулярні клітинні елементи, властивий не лише описаним вище утворенням. Звичайно, це потребує додаткових підтверджень, яких у

літературі ми більше не знайшли. Проте відсутність даних не забороняє припускати, що такий принцип може бути універсальним.

Але в прикладі зі слинними залозами, наведеному нами, до цього периваскулярного комплексу належать і нервові провідники у вигляді мінімального пучка немієлінізованих нервових волокон, які поза сумнівом є симпатичними, здійснюючими регуляторний вплив на інтенсивність кровотоку відповідними мікросудинами залежно від секреторної активності ацинарних гландулоцитів. Звісно, виникає питання: чи мають таку ж іннервацію у своєму розпорядженні кровоносні мікросудини мозолистого тіла? У літературі з цього приводу відсутні які-небудь конкретні відомості за винятком тільки загального зауваження деяких авторів про знаходження ними в мозолистому тілі немієлінізованих волокон, але що вони собою становлять і де знаходяться – невідомо. На жаль, методи, використані нами у дослідженнях, не дають можливості це достовірно встановити. Тільки єдиний випадок, показаний на рис. 5.12, дозволяє відмітити деякі їх ознаки у вигляді звивистих волоконців біля прекапілярної артеріоли, що нагадують немієлінізовані нервові волокна.

Проводячи паралель між структурною організацією мікросудинно-тканинних взаємовідношень слинних залоз і мозолистого тіла, ми повинні відзначити, що їх подібність спостерігається тільки в периваскулярній зоні, тоді як в інших частинах вони різко відрізняються, оскільки в залозах їх представляють ацинуси, що складаються з секреторних гландулоцитів, а в мозолистому тілі – стільникові порціони, що складаються з інтерфасцикулярних олігодендроцитів і мієлінізованих нервових волокон. Але якщо на це подивитися загальніше з принципової точки зору, то ми побачимо між ними і щось спільне, оскільки як ацинарні гландулоцити, так й інтерфасцикулярні олігодендроцити мають секреторні властивості з тією лише різницею, що перші продукують початкові речовини слинної рідини, а другі – мієлін для оболонок нервових волокон. Цим ми ще раз хочемо підтвердити свою думку, що у білій речовині мозку (конкретно в

мозолистому тілі) функція інтерфасцикулярних олігодендроцитів полягає переважно в забезпеченні структурної стабільності мієлінових оболонок нервових волокон, тоді як оточені ними відростки нервових клітин функціонально підтримуються за рахунок аксонного (лонгітудинального) транспорту речовин від перикаріонів відповідних нервових клітин, які отримують поживні речовини з крові через гематоенцефалічний бар'єр. При чому слід враховувати, що васкуляризація сірої речовини у п'ять разів перевищує таку ж білої речовини.

До того ж додаткову інформацію до вищевикладеного надають отримані нами мікрофотографії напівтонких зрізів осмованої тканини мозолистого тіла, вивчення яких дозволяє внести уточнення щодо діаметру нервових волокон, що перебувають у межах фасцикулярних порціонів. На початку цього підрозділу ми зазначили, що при малих збільшеннях на них усі поля між інтерстиційними прошарками й комірками з олігодендроцитами суцільно зайняті однорідною щільною масою, яка складається з поперечно та криво зрізаних нервових волокон тонкого та середнього діаметру, відмінність між якими визначається із значними зусиллями. Більш достовірно про це можна судити за мікрофотографіями з максимальним збільшенням мікроскопа, на яких указаний діапазон значно розширюється за рахунок того, що між найтоншими та середніми за товщиною волокнами є проміжні форми, а також за рахунок наявності серед них найтовщих волокон. Проте якщо перші важко піддаються підрахунку, то останні знаходяться між ними в обмеженій кількості (на рис. 5.13 і 5.14 вони вказані стрілками).

Для того, щоб отримати якусь показову характеристику кількісного співвідношення в мозолистому тілі різних за товщиною мієлінізованих нервових волокон, ми вважаємо за доцільне, по-перше, звести це завдання до обліку тільки товстих волокон на фоні усіх інших (через надмірну складність їх підрахунку) і, по-друге, максимально звузити поле огляду в межах фасцикулярних порціонів. Такими гранично обмеженими сукупностями є стільникові порціони, оскільки саме їх слід розглядати в якості

наймінімальніших уніфікованих за будовою та кількісним складом провідникових формувань мозолистого тіла.

Слід зазначити, що в наших дослідженнях усі подані лінійні розміри тканинних структур мозолистого тіла ми визначали за допомогою мікроскопа ВХ- 41 фірми «Олімпус» із цифровою фотонасадкою та пакетом ліцензійних програм для проведення морфометричних вимірів. Наші підрахунки показали, що в межах окремих стільникових порціонів перебувають лічені одиниці товстих нервових волокон. Серед інших нервових провідників, що значно поступаються їм за діаметром, вони розподілені відносно рівномірно у кількості приблизно від 8 до 12 одиниць, діаметр яких рідко ненабагато перевищує 10 мкм. Це наполовину менше порівняно з поданими в літературі даними про діаметр найтовстих мієлінізованих нервових волокон. Такі метричні співвідношення між тонкими нервовими волокнами можуть бути властиві тільки мозолистому тілу.

Зовсім невеликий уміст товстих нервових волокон, що мають максимальну швидкість проведення нервових імпульсів у межах окремих стільникових порціонів, здається незначним у порівнянні з іншими, менш швидкісними, нервовими провідниками. Але якщо їх помножити на загальну кількість стільникових порціонів у об'ємі усього мозолистого тіла, то в сумарному кількісному значенні вони зростуть у тисячі разів, оскільки середні розміри стільникових порціонів за нашими підрахунками коливаються усього лише в межах від 120 до 200 мкм, а загальна площа сагітального профілю мозолистого тіла, як нам відомо, в середньому дорівнює  $684,7 \pm 130,0$  мм<sup>2</sup> у чоловіків та  $621,2 \pm 120,8$  мм<sup>2</sup> у жінок II періоду зрілого віку.

Ми подаємо ці цифри зовсім не з метою підрахунку абсолютної кількості товстих нервових волокон у мозолистому тілі, що практично нездійсненно, а для того, щоб стала зрозумілою їх особлива роль у транзитному обміні інформацією між контрлатеральними кірковими центрами нового плаща. У чому полягає роль цієї високошвидкісної

комісуральної системи мозолистого тіла, нам не відомо. Але можна припустити, що індивідуальні особливості вищої нервової діяльності людини якоюсь мірою залежать від кількісного складу в мозолистому тілі товстих мієлінізованих нервових волокон, які у розкид розташовуються у ньому серед переважаючих їх за кількістю інших низькошвидкісних провідників. Тут варто відзначити, що в літературі є дані, згідно яких різні відділи мозолистого тіла відрізняються складом різних за товщиною нервових волокон. Так, нервові волокна великого діаметру переважно знаходяться у валику та задній частині стовбура, тоді як тонкі провідники переважною більшістю зосереджені у передній частині стовбура, коліні та дзьобі [186, 245, 254].

Зацікавившись цим, ми зосередилися на порівняльному підрахунку товстих нервових волокон на тонких епоксидних шліфах задньої частини стовбура та коліна мозолистого тіла. Отримані результати не дають ніяких підстав говорити про суттєву відмінність між цими двома його відділами за пайовим відношенням товстих волокон до тонких, на що вказувалося вище. Цікавим видається той факт, що товсті нервові волокна, як правило, знаходяться поряд з осередками олігодендроцитів, діаметр яких варіює в межах від 10 до 20 мкм, а розмір самих олігодендроцитів не перевищує 10 мкм.

У зв'язку з цим ми не могли не розглянути питання кількісної відмінності між товстими нервовими волокнами в мозолистому тілі чоловіків і жінок. На жаль, сьогодні ми не маємо в розпорядженні достовірних статистичних даних із цього приводу. Але ретельне цілеспрямоване вивчення відповідних препаратів у вказаному напрямку схиляє нас до думки про наявність деякого кількісного переважання їх у чоловіків. Цим зауваженням ми тільки вказуємо на можливу єдину морфологічну ознаку, яка буде служити орієнтиром в подальшому пошуку статевого диморфізму мозолистого тіла на мікроскопічному рівні організації, оскільки в усьому



іншому конструктивний принцип його мієлоархітекtonіки, як уже говорилося, не має статевих відмінностей.

Проводячи структурний аналіз мієлоархітекtonіки мозолистого тіла людей зрілого віку, основні положення якого викладені вище, ми залишили поза розглядом результати, отримані нами за допомогою традиційних гістологічних методів, на що у нас були свої резони; їх ми пояснимо в наступному підрозділі цього розділу.

### **5.3. Результати вивчення мозолистого тіла за допомогою традиційних гістологічних методів**

Подані нижче дані, які слід вважати додатковими, а не альтернативними до викладених у першому та другому підрозділах цього розділу, здобуті нами за допомогою найбільш розхожих у гістологічній практиці методів отримання серійних парафінових зрізів із забарвленням їх гематоксиліном та еозином і за Ван-Гізеном.

Перший метод забарвлення використовувався з метою вибіркового диференціювання між різними тканинними структурами мозолистого тіла, тоді як другий призначався для переважного виявлення в ньому сполучнотканинних елементів. Передбачалося, що загалом вони дозволять представити внутрішню будову мозолистого тіла більш ширше. Проте, як виявилось на практиці, через тканинні особливості мозолистого тіла, а також за рахунок специфіки просочення й ущільнення їх в парафіні, отримати безперервні серії тонких зрізів зі збереженням їх повної цілісності нам не вдалося. Тому довелося обмежитися тільки вибілковими, найбільш вдалимими за якістю зрізами завтовшки не менше 10 мкм, що майже в п'ять разів товщі від напівтонких зрізів, що знижує роздільну здатність світлового мікроскопа. Слід також враховувати, що в товстих зрізах у полі зору мікроскопа виявляється пропорційно товщині більше тканинних структур через їх

пошарове накладення одна на одну. Окрім того, процес виготовлення парафінових зрізів пов'язаний із багатьма артефіціальними змінами, які виражаються в набряканні, зморщуванні або розпушуванні структур, що особливо спостерігається при вивченні мозкової тканини [52]. Із цього виходить, що найбільш адекватним методом вивчення мозкової речовини виявляється епоксидна пластинація тканин із подальшим виготовленням із отриманих блоків шліфів різної товщини та серійних напівтонких зрізів.

Та все ж, незважаючи на деякі недоліки цього методу, вивчення парафінових зрізів дало можливість отримати корисну інформацію, яка в одних випадках дозволила доповнити, а в інших – уточнити попередні результати. Але слід зазначити, що без наявності останніх, тільки за допомогою одних парафінових зрізів мозолистого тіла було б дуже проблематично розібратися в поставлених нами питаннях. До того ж додамо, що ознайомлення з його внутрішнім устроєм за парафіновими зрізами у поєднанні з результатами методів пластинації було корисним із пізнавальної точки зору, адже сучасні знання про мозолисте тіло повністю базуються на традиційних гістологічних методах.

Використані нами зрізи окремо отримані з трьох відділів мозолистого тіла (коліна, стовбура та валика) у двох взаємно перпендикулярних площинах, тобто у поздовжньому та поперечному до нього напрямку, так, як це робилося при виготовленні пластинованих шліфів, що детально описано в першому підрозділі четвертого розділу. Під час їх попереднього вивчення було встановлено, що, незважаючи на відмінність у товщині, ці відділи за своєю внутрішньою структурною організацією нічим суттєвим один від одного не відрізняються. Така тотожність їх мієлоархітектоніки дозволяє обмежитися розглядом тільки одного з них. Найбільш придатним для цього є стовбуровий відділ, оскільки він тонший за інших два, а отже, містить у собі меншу кількість однотипно асоційованих мікрокомплексів.

За рахунок того, що за товщиною в парафінових зрізах уміщено більше тканинних елементів, ніж у напівтонких зрізах, загальна картина будови

мозолистого тіла у своїх деталях у світловому мікроскопі виглядає менш розбірливою і характеризується втратою контурної чіткості між суміжними порційними сукупностями нервових волокон. Тому, щоб розібратися в ній, ми орієнтуватимемося на ті морфологічні ознаки, які дозволяють розпізнати вже відомі нам утворення. Передусім таким порівняльним зразком нам послужать напівтонкі зрізи неосмованих тканин мозолистого тіла, які дозволяють при великих збільшеннях (об'єктив 40<sup>x</sup>) візуалізувати нервові волокна у вигляді коротких поперечних і косих стержневих розрізів.

Але спочатку визначимо вихідні морфологічні орієнтири, до яких, в першу чергу, належать сполучнотканинні прошарки, що розмежовують між собою комісуральні канатики, і тому названі нами міжфунікулярними септами, описаними в першому підрозділі четвертого розділу. Одна з таких перегородок показана на рис. 5.15; видно, що вона складається з вертикально орієнтованих (від верхньої до нижньої поверхні мозолистого тіла) пучків волокнистих структур колагенової природи. Як відзначалося в попередніх підрозділах, в оточенні цих волокнистих структур у товщу мозолистого тіла проходять кровоносні судини відповідного калібру. Але при нагоді слід зазначити, що не лише вони є джерелами постачання крові в середовище його тканинних утворень. На тому ж рисунку в правому полі від міжфунікулярної септи частково виявляється в косому розрізі менший за товщиною сполучнотканинний прошарок, в якому розпізнається один із безлічі міжфасцикулярних прошарків, детально описаних у попередньому розділі цього підрозділу. На значно більшій відстані подібний прошарок видно на верхній мікрофотографії рис. 5.16, а на нижній – фрагментарно візуалізуються поперечні відріжки міжфасцикулярних прошарків, які знаходяться між субфасцикулярними порціями комісуральних канатиків. Це переважно всі утворення, за допомогою яких відбувається розподіл просторових меж між основними рівнями ієрархічної організації мозолистого тіла. Отже, парафінові зрізи дозволили отримати деякі суттєві доповнення й уточнення до вже відомої нам картини.

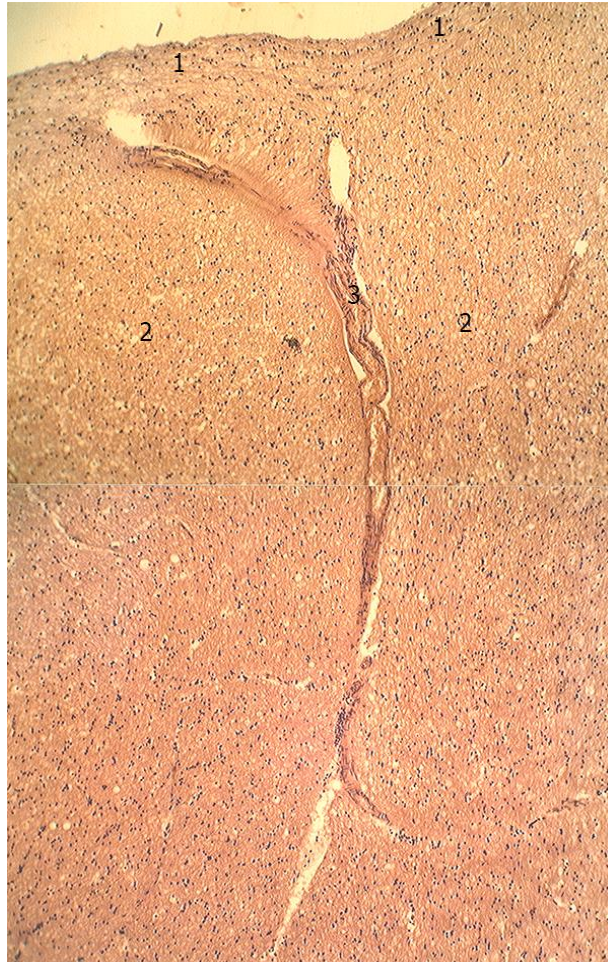


Рис. 5.15. Гістологічна будова мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Парафіновий зріз. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об'єктив 4<sup>x</sup>.

1 – валикоподібні підвищення (поздовжні смуги); 2 – комісуральні канатики; 3 – міжфунікулярна сполучнотканинна перегородка.

Передусім це стосується питання про те, де і чим починаються міжфасцикулярні прошарки. Із технічних причин з'ясування цього при вивченні його пластинованих препаратів було упущено. Цілеспрямований перегляд парафінових зрізів мозолистого тіла в його поперечному розрізі дозволив встановити, що такі прошарки мають прямий зв'язок із боку верхньої поверхні з локальними впровадженнями у його товщу зовнішньої лімітуючої гліальної оболонки, яка, як вже відзначалося, представлена ламелярними відростками, що налягають один на одного, та тілами фібрилярних астроцитів, відокремлених згори від судинної оболонки тільки базальною мембраною. Ці впровадження, що мають прямовисне

орієнтування (від верхньої до нижньої поверхні мозолистого тіла), відомі в літературі під назвою сполучнотканиннотгліальних лійок або муфт. Останні утворюють навколо кровоносних судин, які містяться в них, периваскулярну гліальну оболонку, що у загальних рисах проілюстровано на рис. 5.17.

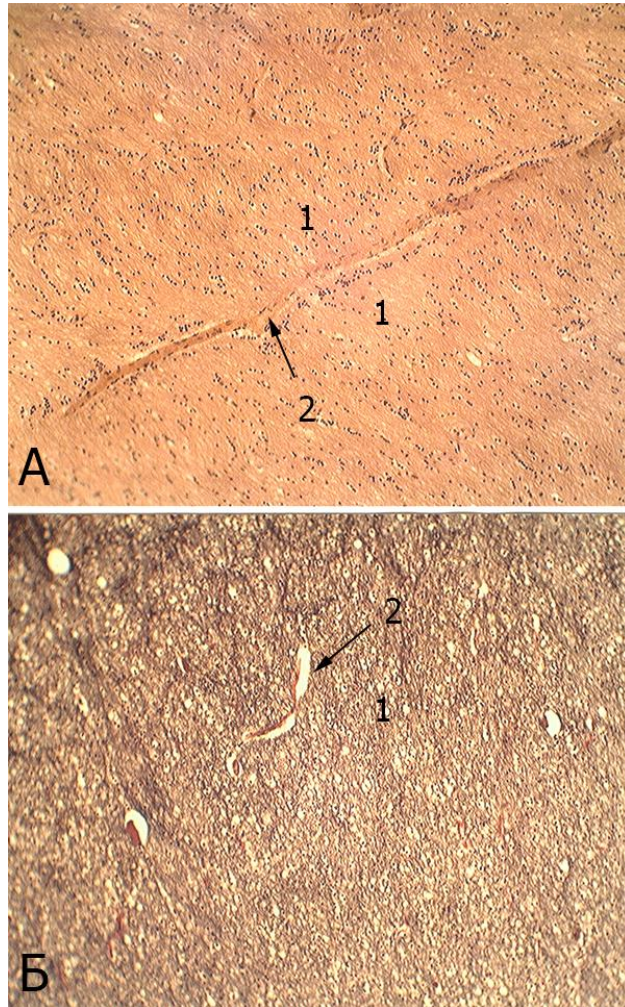


Рис. 5.16. Гістологічна будова мозолистого тіла жінки зрілого віку. Парафіновий зріз. А – забарвлення гематоксиліном та еозином, об'єktiv 4<sup>x</sup>. Б – забарвлення за Ван-Гізоном, об'єktiv 4<sup>x</sup>.

1 – фасцикулярні порціони; 2 – міжфасцикулярні сполучнотканинні прошарки.

Виходячи з цього зауважимо, що джерелами, які забезпечують трофіку мозолистого тіла, є численні артеріальні судини дрібного діаметру. Вони проникають у його товщу не лише міжфунікулярними сполучнотканинними



септами, але й із боку зовнішньої поверхні поперечних валикоподібних підвищень сполучнотканинногліальними ліями. Можна вважати, що в самій товщі мозолистого тіла між тими та іншими артеріальними мікросудинами утворюється розгалужена (інтрамуральна) анастомозуюча мережа, окремі сегменти якої знаходяться у відповідних міжфасцикулярних прошарках та їх поперечних відрогах, тобто в тому порядку, як це було описано вище.

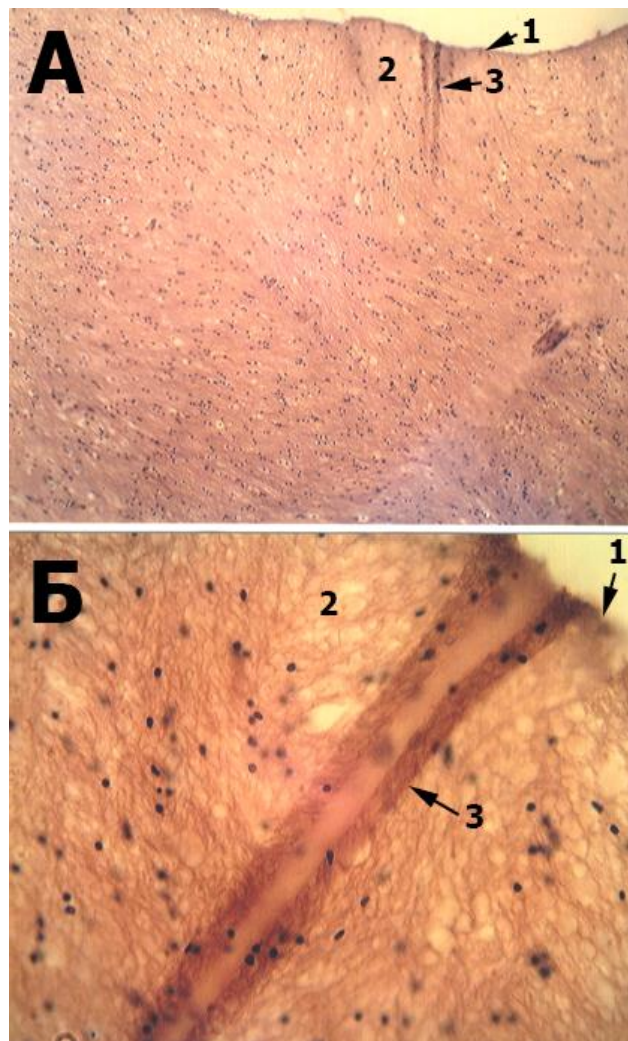


Рис. 5.17. Гістологічна будова мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Парафінові зрізи. Забарвлення гематоксиліном та еозином. А – об’єктив 4<sup>x</sup>; Б – об’єктив 40<sup>x</sup>.

1 – верхня поверхня мозолистого тіла; 2 – міелоархітектоніка фасцикулярних порціонів; 3 – сполучнотканинногліальна лійка.

Сьогодні, опираючись на дані літератури, можна з упевненістю говорити, що вказані інтрамуральні артеріальні мікросудини беруть початок від судинного сплетення м'якої оболонки, яке, у свою чергу, формується з гілок передньої та задньої анастомозуючих церебральних артерій, що пролягають парно уздовж верхньої поверхні мозолистого тіла. Шляхами ж відтоку венозної крові з мікроциркуляторного русла мозолистого тіла мають бути дрібні венозні судини, пов'язані з венозним руслом, яке локалізоване, як відомо, під мозолистим тілом і належить переважно судинно-епітеліальному покриву та судинному сплетенню третього шлуночку, звідки кров поступає у велику вену мозку. Але більш детально це питання буде розглянуто в наступному розділі дисертації.

Разом із тим вважаємо за необхідне звернутися до висловленого раніше положення про уявлення мозолистого тіла у вигляді пластинки білої речовини неоднакової товщини, розташованої між двома відсіками спинномозкової рідини таким чином, що згори від нього циркулює рідина підпавутинного простіру, тоді як його нижню поверхню омиває рідина бічних шлуночків. У принциповому відношенні це показано на рис. 5.18 і 5.19. Зрозуміло, що з обох боків власне речовина мозолистого тіла відокремлена від цих рідинних відсіків двома лімітуючими гліальними оболонками: згори його покриває зовнішня, а знизу – внутрішня. Узгодивши відомі нам дані літератури, які вже наводилися вище, із фактичними даними, отриманими за допомогою парафінових зрізів, ми маємо можливість конкретизувати їх, і тим самим доповнити часткові результати, представлені в першому підрозділі четвертого розділу.

У першу чергу це стосується зовнішньої лімітуючої оболонки головного мозку, яка в літературі з огляду на мозолисте тіло абсолютно не конкретизована. Проте можна вважати, що її структура принципово не залежить від місця локалізації на зовнішній поверхні головного мозку. І все було б просто, якби в літературі при описі верхньої поверхні мозолистого тіла не фігурувало таке утворення, як сіре покриття, яке, мабуть, назване так

через дещо темнішу його тональність в порівнянні з речовиною, що складає товщу самого мозолистого тіла. Як відзначалося в огляді літератури, відомості про нього обмежуються тільки двома зауваженнями, згідно з одним із яких воно є залишком гіпокампу, а з іншим – стоншеною корою мозку, як її перехід із протилежної поясної звивини. Напевно, саме така точка зору спричинила те, що деякі дослідники побачили наявність в мозолистому тілі нервових клітин.

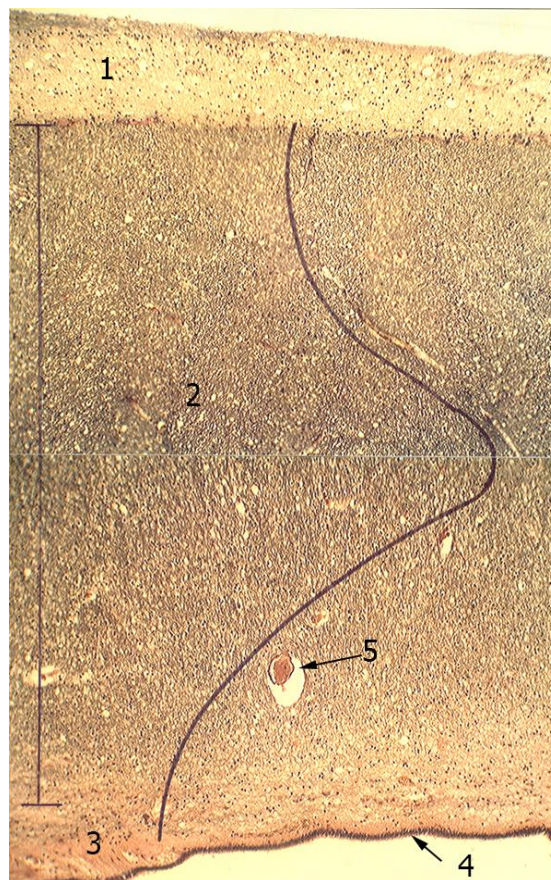


Рис. 5.18. Гістотопографія мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Парафіновий зріз у поперечному розрізі мозолистого тіла. Зabarвлення за Ван-Гізоном. Об'єктив 4<sup>x</sup>.

1 – зовнішня лімітуюча гліальна оболонка (сіре покриття); 2 – власне речовина мозолистого тіла (товщина його позначена прямою вертикальною лінією); 3 – внутрішня лімітуюча гліальна оболонка; 4 – епендимальний шар; 5 – венозні судини. Кривою лінією показана траєкторія проходження міжфасцикулярного сполучнотканинного прошарку.



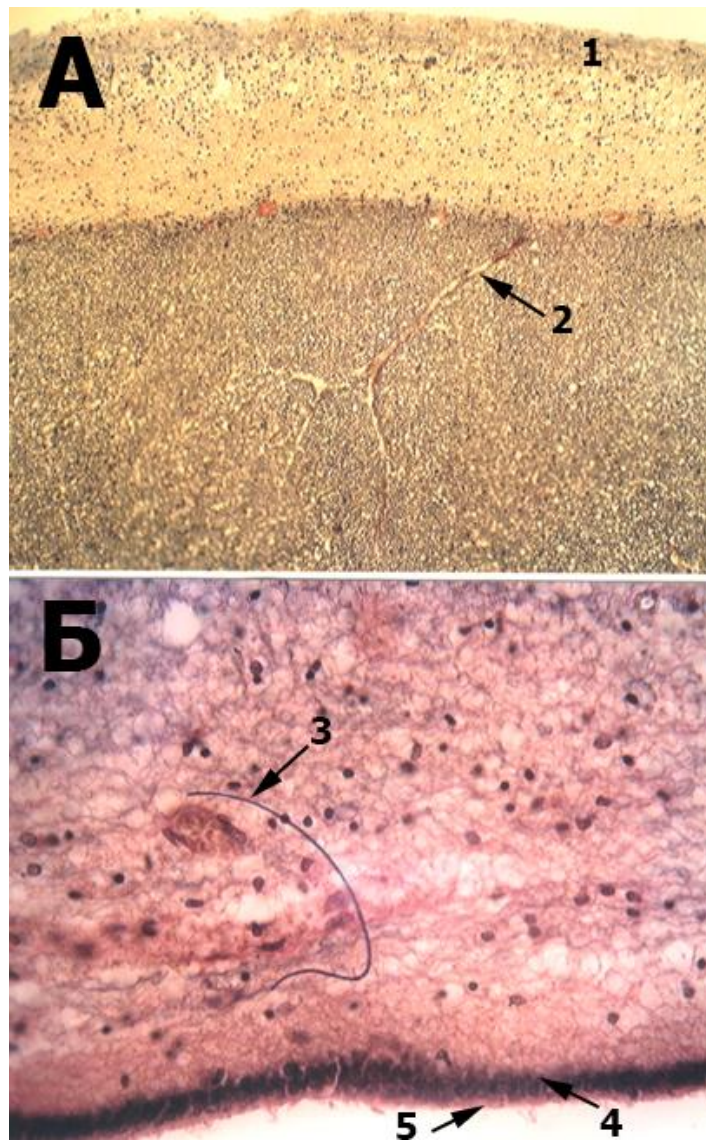


Рис. 5.19. Гістологічна будова мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Парафінові зрізи. А – забарвлення за Ван-Гізоном, об'єktiv 4<sup>x</sup>; Б – забарвлення гематоксилином та еозином, об'єktiv 40<sup>x</sup>.

1 – зовнішня лімітуюча гліальна оболонка (сіре покриття); 2 – міжфасцикулярний сполучнотканинний прошарок; 3 – венозна судина (вказано кривою лінією); 4 – внутрішня лімітуюча гліальна оболонка; 5 – епендимальний шар.

Результати наших досліджень не дають ніяких підстав для такого висновку. На тонких шліфах пластинованих препаратів (див. перший підрозділ четвертого розділу), а також парафінових зрізах ми виявляємо наявність у сірому покритті переважно тільки одного типу гліальних клітин,

які за усіма цитологічними ознаками належать до фібрилярних астроцитів. Особливо яскраво вони простежуються на парафінових зрізах, забарвлених за Ван-Гізоном (рис. 5.18 і верхня мікрофотографія рис. 5.19), на яких сіре покриття має вигляд чітко вираженого поверхневого шару, який своїм більш світлим забарвленням контрастує з належною товщею мозолистого тіла. За цими мікрофотографіями можна упевнитися, що фібрилярні астроцити, які знаходяться в ньому, зі своїми ламелярними відростками утворюють у сірому покритті прямовисну покресленість, спрямовану углиб мозолистого тіла. Вище ми показали, що в деяких місцях із його зовнішньої поверхні такі астроцити локально впроваджуються у товщу сірого покриття разом із кровоносними судинами, утворюючи навколо останніх периваскулярні гліальні оболонки, але таким чином, що між судинною стінкою та гліальною оболонкою має місце щілиноподібний периваскулярний простір, яким потенційно може просочуватися рідина підпаутинного простору. Зрозуміло, що на пряму морфологічно підтвердити це не можливо, але у нас зараз немає серйозних підстав і для заперечення зазначеного факту.

Так або інакше, але в загальному структурному відношенні ми можемо зробити висновок, що сіре покриття мозолистого тіла є нічим іншим, як зовнішньою лімітуючою гліальною оболонкою, яка тільки за допомогою базальної мембрани відокремлена від розташованої поверх неї судинної оболонки головного мозку. Саме остання є джерелом утворення кровоносних судин, проникаючих у мозолисте тіло через міжфунікулярні септи та сполучнотканинногліальні лійки з прямовисною орієнтацією у напрямку до протилежної (нижньої) його поверхні, яка покрита внутрішньою лімітуючою гліальною оболонкою (рис. 5.18, 5.19).

Згідно з даними літератури [94, 117, 118], які повністю узгоджуються з результатами наших досліджень, ця оболонка складається з шару безперервно об'єднаних в один ряд клітин епендими, що мають призматичну форму, і прилягаючого до нього субепендимального шару (нижня мікрофотографія рис. 5.19). Характерною особливістю клітин епендимного

шару, який цілком зіставляється із епітеліальними вистиланнями порожнистих органів, є наявність між ними гранично вузьких міжцелюлярних щілин і тонкого ворсинчастого обідка на їх апікальній поверхні, тобто з боку порожнини бічних шлуночків. Ми показуємо, що ті й інші утворення цілком задовільно візуалізуються на парафінових зрізах при великому збільшенні світлового мікроскопа, у чому можна переконатися на вказаній вище мікрофотографії. Наявність міжцелюлярних щілин дає підстави погодитися з думкою цитованих вище авторів, що епендимний шар має виборчу здатність проникнення через нього деяких речовин із спинномозкової рідини в речовину мозолистого тіла. Але суттєвим селективним бар'єром для цих розчинних речовин є базальна мембрана, яка відділяє клітини епендими від підлеглого субепендимального шару.

Ще одна цитологічна ознака епендимного шару, що полягає в наявності на його апікальній поверхні ворсинчастого обідка, також дає підстави для роздумів. Беручи до уваги те, що ворсистий обідок, як відомо, є величезною безліччю тісно згуртованих між собою коротких ворсинчастих виростів апікальної плазмолемі епендимоцитів, ми можемо з упевненістю говорити про їх здатність до здійснення активного трансцелюлярного транспорту якихось речовин, що вимагає енергетичних витрат. Цим пояснюється наявність у їх цитоплазмі великої кількості мітохондрій, про що свідчать дані літератури.

Цих відомостей цілком достатньо, щоб визнати: епендимний шар внутрішньої лімітуючої гліальної оболонки має два способи трансмурального перенесення розчинених речовин із спинномозкової рідини бічних шлуночків у інтерстиційне середовище мозолистого тіла. Перший із них – юкстацелюлярний – реалізується через міжклітинні щілини епендими за рахунок різниці осмотичного та гідростатичного тиску з обох її боків, тоді як другий – трансцелюлярний – є результатом активного трансмембранного перенесення розчинених речовин. Можна припустити, що перший спосіб забезпечує дифузію електролітів, тоді як другий спосіб, мабуть, призначений

здійснювати процес доставки в мозолисте тіло розчинених органічних молекул. На жаль, про суть цих процесів у його функціонуванні нам не відомо. Але є думка, що лікарські речовини, які вводяться в підпаутинний простір, досягають глибин головного мозку саме за допомогою цих механізмів.

Після такого короткого огляду парафінових зрізів мозолистого тіла, який у дещо іншому формулюванні засвідчує правильність зроблених нами при вивченні епоксидних шліфів і напівтонких зрізів висновків щодо загального принципу його організації, нам належить з точки зору традиційних гістологічних методів розібратися в міелоархітектоніці аналізованого утворення. Для цього ми звернемося спочатку до тих же мікрофотографій, які у своїй більшості вже фігурували раніше, оскільки вони мають оглядовий характер (рис. 5.15 - 5.18). При малих збільшеннях світлового мікроскопа (об'єктив 4<sup>x</sup>) на парафінових зрізах, забарвлених гематоксиліном, еозином і за Ван-Гізоном, в усіх полях, розташованих у межах фасцикулярних порціонів, спостерігається досить одноманітна картина, що складається майже з суцільної маси оксифільно забарвлених пунктирних прожилків, між якими на їх фоні розсіяна незліченна безліч дрібних базофільних часток, що мають також пунктирну форму. Попередньо не ознайомившись із справжньою природою цих утворень, їх можна в цілому прийняти за суцільну масу орієнтованих в одному напрямку (зверху вниз або навпаки) нервових волокон, що, можливо, і послужило приводом вважати мозолисте тіло суцільною масою щільно сконцентрованих нервових провідників.

Але як і в прикладі з напівтонкими зрізами парафінові препарати при великому збільшенні світлового мікроскопа (при об'єктиві 40<sup>x</sup>) в змозі розрізнити у цій масі відомі нам структури. На рис. 5.20 розміщено дві мікрофотографії у такому збільшенні, верхня з яких отримана з парафінового зрізу, забарвленого гематоксиліном та еозином, а нижня – за Ван-Гізоном.

Різниця між ними знаходиться не у тканинній відмінності структур, а в їх елективному виявленні різними за хімічними властивостями барвниками.

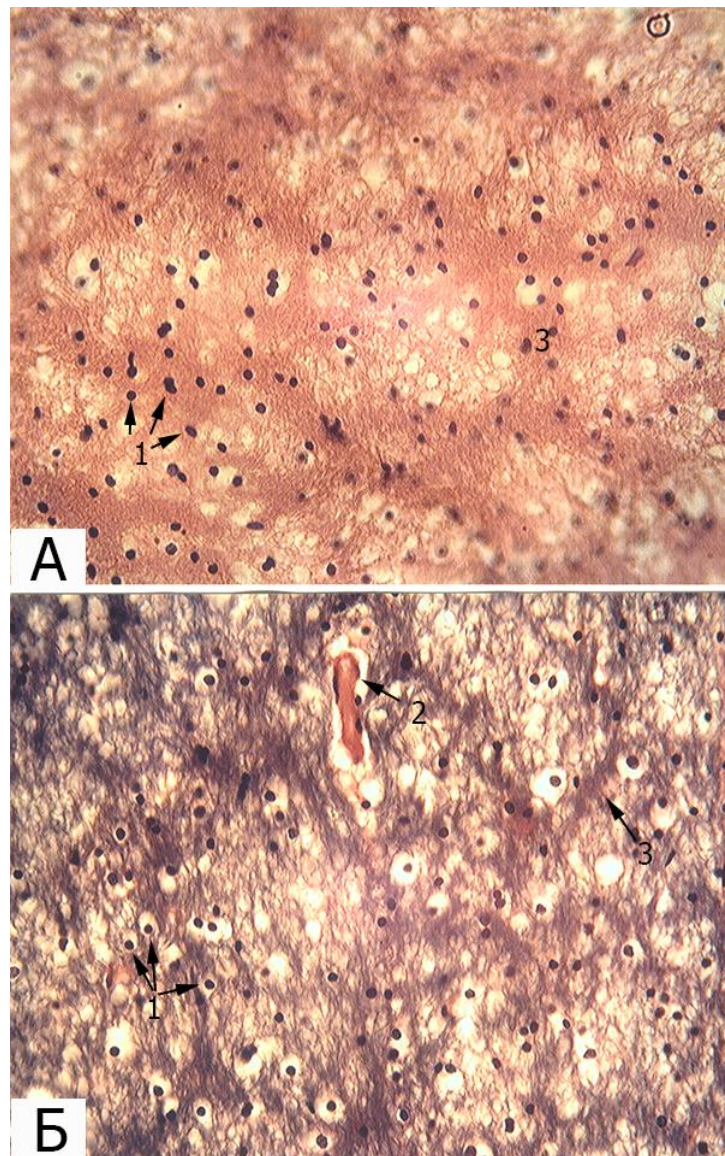


Рис. 5.20. Гістологічна будова мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Парафінові зрізи. А – забарвлення гематоксиліном та еозином; Б – забарвлення за Ван-Гізоном. Об'єктив 40<sup>x</sup>.

1 – ядра інтерфасцикулярних олігодендроцитів; 2 – кровоносна мікросудина в міжфасцикулярному сполучнотканинному прошарку; 3 – темні прожилки – межі між стільниковими порціонами, всередині яких проглядаються пучки мієлінізованих нервових волокон.



Наприклад, у першому випадку (верхня мікрофотографія) галуновий гематоксилін дає інтенсивне синє забарвлення клітинним ядрам, які за рахунок цього чітко виявляються на фоні інших структур, зафарбованих еозином у рожевий колір. Слід зазначити, що при малому збільшенні світлового мікроскопа ці клітинні ядра на загальному рожевому фоні мають вигляд рівномірно розсіяних пунктирних структур, які помилково можна прийняти за відростки нервових клітин (рис. 5.15). У порівнянні з цим залізний гематоксилін Вейгера надає тим же ядрам не такий чіткий контраст на фоні інших, більш контурованих пікрофуксином структур (нижня мікрофотографія рис. 5.20). Завдяки цьому при забарвленні за Ван-Гізоном мієлінізовані нервові волокна чіткіше візуалізуються, ніж при забарвленні гематоксиліном та еозином. Більш того, перевага забарвлення тканин мозолистого тіла за Ван-Гізоном полягає ще й у тому, що в результаті реакції з пікрофуксином негативно виявляються комірочки, у яких, як нам уже відомо, локалізуються інтерфасцикулярні олігодендроцити. У зв'язку з цим ефект, що отримується при забарвленні парафінових зрізів мозолистого тіла за Ван-Гізоном, у загальних рисах схожий із результатами вивчення тонких епоксидних шліфів його осмованих тканин (рис. 5.4, 5.5). Тому при традиційних гістологічних методах вивчення білої речовини головного мозку (зокрема мозолистого тіла) слід надавати перевагу забарвленню зрізів за Ван-Гізоном. Проте при тонкому цитологічному диференціюванні мієлоархітектоніки мозолистого тіла парафінові зрізи та їх аналоги значно поступаються використаним нами уперше методам пластинації його тканин в епоксидній смолі з подальшим виготовленням серійних напівтонких зрізів, завдяки яким була отримана основна інформація про будову мозолистого тіла на мікроскопічному рівні.

Може здатися, що вивчення парафінових зрізів принципово нічого нового до наших досліджень не привнесло. Але абсолютно несподіваним виявилось, що саме завдяки ним нам вдалося наочно візуалізувати в мозолистому тілі раніше постульовані нами наймінімальніші рівні його

структурної організації, які ми назвали стільниковими порціонами. Нагадуємо, що під ними розуміються гранично обмежені в тривимірному просторі (об'ємі мозолистого тіла) асоціації мієлінізованих нервових волокон, які розподілені комірками олігодендроцитарної мережі, що мають переважно полігональну форму. Слід зазначити, що такий висновок базувався на результатах вивчення серійних напівтонких зрізів ділянок мозолистого тіла, обмежених за глибиною перегляду, оскільки кожний окремий такий зріз (через гранично малу його товщину) не дає можливості цілісно виявити зовнішні контури зазначених стільникових комірок. На відміну від них парафінові зрізи, у товщі яких знаходиться у 5 разів більше тканинних структур, ніж у напівтонких зрізах, дозволяють заповнити цей недолік. На таких зрізах у межах фасцикулярних порціонів речовина мозолистого тіла при малих збільшеннях світлового мікроскопа, тобто при широкому огляді, набуває вигляду візерунчастої мережі, яка складається з рядів полігональних комірок, обрамлених темно забарвленими прожилками. Ілюстрацією цього є рисунки 5.21 і 5.22, на першому з яких подано мікрофотографії парафінових зрізів, забарвлених гематоксиліном та еозином, а на другому – за Ван-Гізоном. Помітно, що в другому варіанті описувана нами стільникова мережа виглядає чіткіше.

Таким чином, парафінові зрізи надали нам цілком очевидні неспростовні докази правомірності виділення в мозолистому тілі мінімальних рівнів структурно-функціональної організації нервових провідників, які ми виділяємо під назвою стільникових порціонів. Тут конкретно і здійснюються процеси, спрямовані на стабільне оновлення їх мієлінових оболонок за рахунок біосинтетичної діяльності інтерфасцикулярних олігодендроцитів, що докладно було обговорене вище.

Маючи в розпорядженні ці морфологічні дані за висновок ми пропонуємо спрощену інтерпретаційну схему просторових взаємозв'язків між основними структурними компонентами мієлоархітектоніки мозолистого тіла, представлену в графічному зображенні на рисунку 5.23.

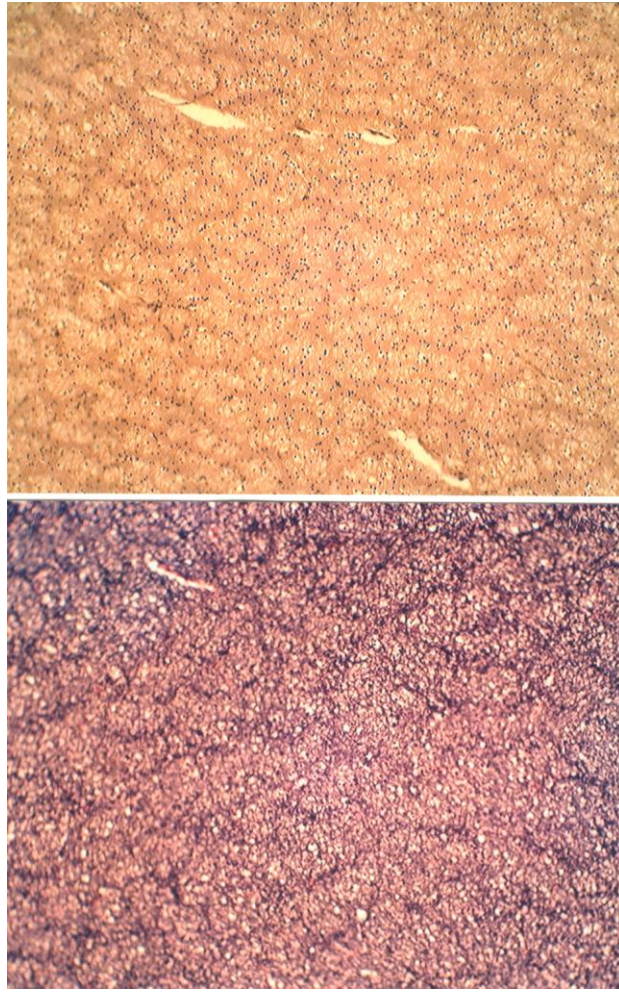


Рис. 5.21. Міелоархітектоніка мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Парафінові зрізи. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Об'єктив 4<sup>x</sup>.

Ці мікрофотографії ілюструють візерунчасту мережу, комірками якої є стільникові порціони.

На ньому верхня схема в двомірному плані ілюструє принцип топологічного зв'язку між кровоносними обмінними мікросудинами, фібрилярними астроцитами й інтерфасцикулярними олігодендроцитами, із яких останні за рахунок своїх ламелярних відростків тунельними інтерстиційними щілинами формують розгалужену стільникову мережу, у полігональних за формою комірках якої міститься мінімальна безліч мієлінізованих нервових волокон. Нижня схема того ж рисунку має за мету показати окремий стільниковий порціон у його тривимірному просторі в межах фасцикулярних порціонів мозолистого тіла.



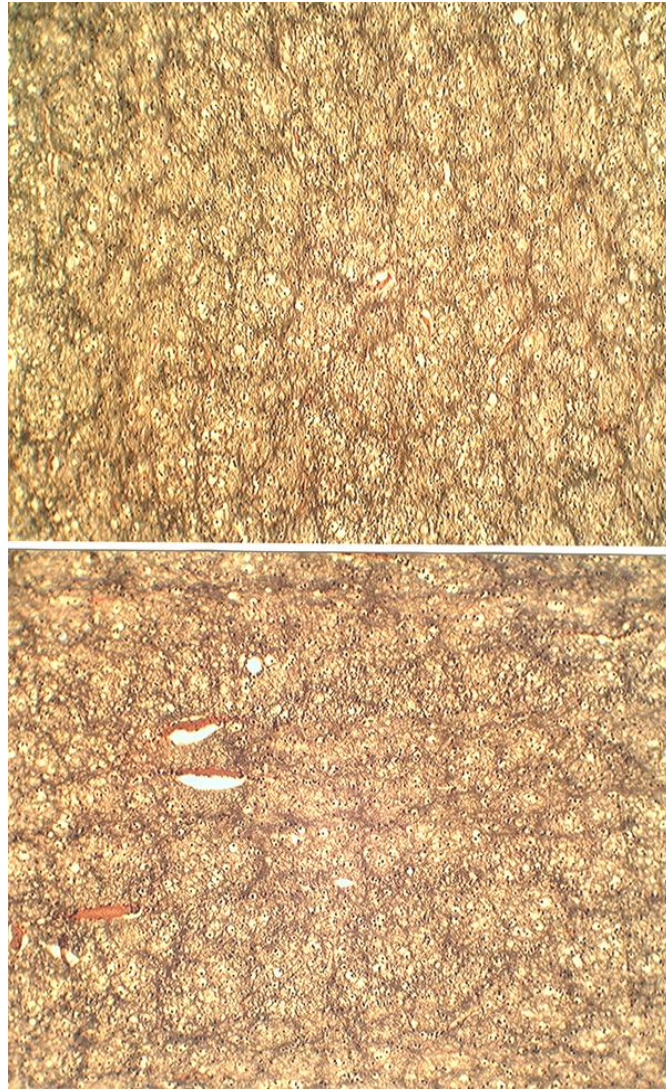


Рис. 5.22. Міелоархітектоніка мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Парафінові зрізи. Забарвлення за Ван-Гізеном. Об'єktiv 4<sup>x</sup>.

Ці мікрофотографії чіткіше ілюструють візерунчасту мережу, комірками якої є стільникові порціони.

Така графічна модель дає можливість зрозуміти, що на гістологічних зрізах форма цих утворень буде повністю залежати від площини їх розрізу. Наприклад, якщо зріз пройшов у поперечному до них напрямку, то вони виявляться у вигляді полігональної форми, тоді як в поздовжньому розрізі на зрізах ми зможемо з різною чіткістю побачити рядне розташування інтерфасцикулярних олігодендроцитів, на що ми вказували вище. Звісно, можливі й інші проміжні ракурси, при яких характерні для цих утворень контурні обриси стають нерозбірливими. Такий різнобій спостерігається при

довільному, не орієнтованому до певної площини мозолистого тіла виготовленні гістологічних зрізів. Згідно з нашими спостереженнями найбільш показовими зрізами є ті, які розрізають у мозолистому тілі уперек його комісуральні канатики.

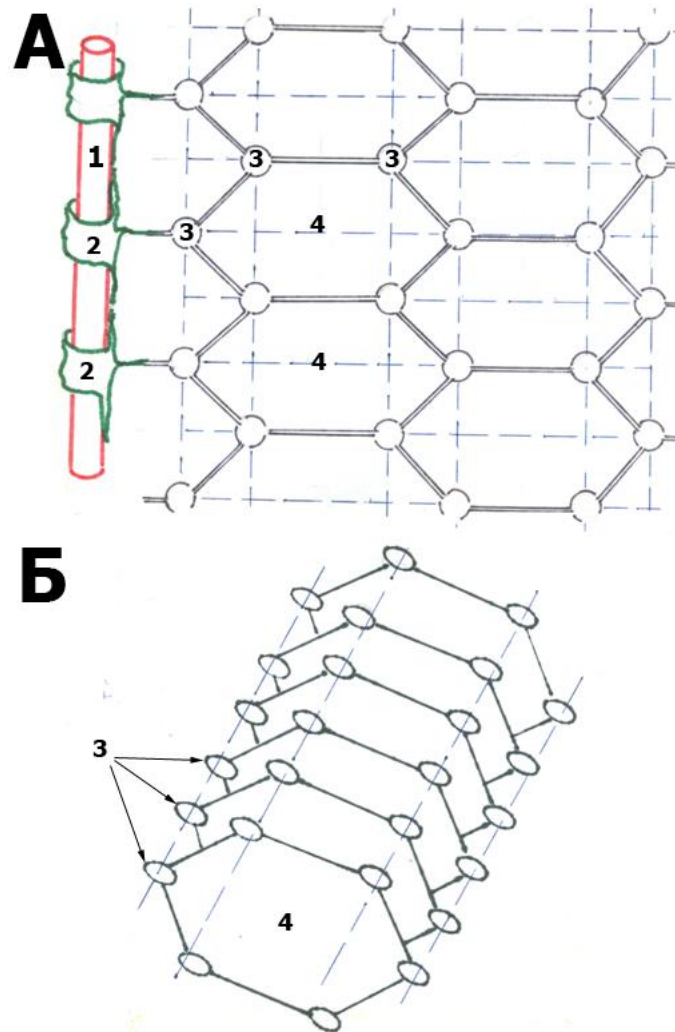


Рис. 5.23. Схематичні зображення топологічної організації мієлоархітекτονіки мозолистого тіла в зрілому віці. А – двомірна схема топологічного взаємозв'язку між основними структурними компонентами в межах фасцикулярних порціонів мозолистого тіла; Б – схематична модель тривимірної організації окремого стільникового порціона.

1 – кровоносна мікросудина капілярного типу; 2 – фібрилярні астроцити; 3 – інтерфасцикулярні олігодендроцити; 4 – тунельні інтерстиційні щілини.

Наприкінці з усього викладеного в другому і третьому підрозділах цього розділу необхідно виділити найважливіше, власне те, що претендує на пріоритетну новизну в пізнанні закономірностей структурної організації мозолистого тіла. Вона полягає в доцільних просторових взаємозв'язках між його клітинними елементами, які оптимально забезпечують трофіку й оновлення мієлінових оболонки нервового волокна, що виражається в наступних положеннях.

1. Мозолисте тіло є пластинкою ущільненої білої речовини, розташованою між двома відсіками спинномозкової рідини (рідиною підпаутинного простору та рідиною бічних шлуночків). Із обох боків його власна речовина відокремлена від цих рідинних середовищ двома лімітуючими гліальними оболонками: згори мозолисте тіло покриває зовнішня, яка відома під назвою сірого покриття, а знизу – внутрішня. Бар'єрними структурами першої оболонки є фібрилярні астроцити, а другої – епендимальні клітини.

2. Між цими лімітуючими оболонками є прями зв'язки у вигляді більш широких – міжфункікулярних і вузьких – міжфасцикулярних сполучнотканинних прошарків, у яких локалізуються кровоносні мікросудини з оточуючими їх периваскулярними астроцитами. Останні займають опосередковане положення між кровоносними мікросудинами й інтерфасцикулярними олігодендроцитами, утворюючи в межах окремих фасцикулярних порціонів (за допомогою своїх відростків) просторово розгалужену стільникову мережу.

3. У комірках цієї мережі, що мають переважно гексагональну форму, зосереджені мінімальні сукупності мієлінізованих нервових волокон, оболонки яких є продуктом секреторної діяльності розташованих у кутах таких комірок інтерфасцикулярних олігодендроцитів.

Із метою номенклатурного обліку ієрархічних рівнів організації мозолистого тіла ці мінімальні одноманітні за будовою сукупності нервових

волокон, що уміщуються в межах окремих комірок олігодендроцитарної мережі, ми виділяємо під назвою «стільникових порціонів».

4. У загальному конструктивному плані між кровоносними обмінними мікросудинами та мієлінізованими нервовими волокнами знаходиться розпростерта округлими суміжними мікрорегіонами тунельна мережа інтерстиційних щілин, яка, стоншуючись, замикається навколо стільникових порціонів. Ця інтерстиційна мережа є проміжним рідинним відсіком між кров'ю, що протікає мікросудинами, та комірками, у яких розосереджені у стільниковому порядку інтерфасцикулярні олігодендроцити.

5. У мозолистому тілі уся транспортна система, здійснююча мікроциркуляторні процеси рідини з розчиненими в ній поживними речовинами, повністю спрямована на забезпечення структурно-функціональної постійності тільки мієлінових оболонок нервових волокон за рахунок секреторної діяльності інтерфасцикулярних олігодендроцитів. У зв'язку з цим вважаємо, що самі їх провідники, тобто відростки нервових клітин, ізольовані цими оболонками, підтримуються за рахунок аксонного (лонгітудинального) транспорту, витоками якого є відповідні тіла нервових клітин, споживаючи, у свою чергу, поживні речовини з крові за допомогою гематоенцефалічного бар'єру, що має місце в сірій речовині головного мозку. Тому концепція про нього не може бути розповсюджена і на його білу речовину.

6. Є підстави вважати, що з принципової точки зору структурна організація трофічних процесів у білій речовині центральної нервової системи не відрізняється від такої ж інших органів, де опосередкованими структурами між кровоносними мікросудинами та робочими (ефекторними) клітинами є (за місцем свого розташування) не фібрилярні астроцити, а периваскулярні (адвентиційні) фібробласти.

7. У межах окремих стільникових порціонів містяться переважно тонкі волокна та волокна середньої товщини, серед яких виділяються нечисленні (від 8 до 12 одиниць) товсті провідники, діаметр яких рідко перевищує

10 мкм. Характерною їх особливістю є те, що вони розташовані, як правило, поряд із комірками олігодендроцитів, діаметр яких варіює в межах від 10 до 20 мкм, а розмір самих олігодендроцитів не перевищує 10 мкм.

8. Ретельне, цілеспрямоване вивчення відповідних препаратів схиляє нас до думки про наявність деякого кількісного переважання товстих нервових провідників у мозолистому тілі чоловіків. Цим зауваженням ми тільки вказуємо на можливу єдину морфологічну ознаку, яка буде служити орієнтиром у подальшому пошуку статевого диморфізму мозолистого тіла, оскільки в усьому іншому конструктивний принцип його мієлоархітекtonіки не має статевих відмінностей.

Результати досліджень, які представлені у даному розділі дисертації, опубліковані у таких наукових роботах:

1. Боягина О.Д. Ориентировочные метрические параметры основных структурных образований мозолистого тела человека / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 4, Т. 2 (134). – С. 184-188.

2. Боягина О.Д. Микроархитектоника мозолистого тела людей зрелого возраста / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко // Morphologia. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 12-17.

3. Боягина О.Д. Результаты изучения микроскопического строения мозолистого тела человека с помощью рутинных гистологических методов / О.Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 4 (58). – С. 74-78.

4. Боягина О.Д. Общий принцип внутренней структуры мозолистого тела людей в зрелом возрасте / О.Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2017. – № 1 (262). – Р. 82-87.

5. Боягина О.Д. Гематоцеллюлярная организация миелоархитектоники мозолистого тела человека / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2017. – Т. 17, Вип. 1 (57). – С. 221-225.

6. Боягина О.Д. Иерархические уровни морфологической организации нервных волокон в мозолистом теле человека / О.Д. Боягина // *Morphologia*. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 7-11.

7. Боягіна О.Д. Внутрішня будова мозолистого тіла людей зрілого віку / О.Д. Боягіна // Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Прикладні аспекти морфології», Тернопіль, 20-21 жовтня 2016 р. / Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України». – Тернопіль, 2016. – С. 15-17.

## РОЗДІЛ 6

### ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ УТВОРЕНЬ ЛІМБІЧНОГО МОЗКУ З МОЗОЛИСТИМ ТІЛОМ ТА ЙОГО КРОВОНОСНЕ РУСЛО

У ході вивчення мозолистого тіла корисним буде пригадати, що в літературі воно фігурує ще під однією назвою – спайки нового плаща (*commissurae neopallii*). Ця назва вказує на те, що за його допомогою здійснюється взаємний двосторонній зв'язок між різними контрлатеральними зонами (центрами) нової кори (*neocortex*), яка є матеріальною основою пізнавальної (свідомої) сфери психічної діяльності людини. Головна функція пізнавальної сфери, як відомо, полягає в оперативному аналізі (оперативна пам'ять) миттєвої інформації, що у людини визначається сімома ( $\pm 2$ ) регістрами. При цьому найбільш значимі результати такого аналізу переводяться в довготривалу пам'ять, сховищем для якої є підсвідома сфера, втілена в структурах лімбічного мозку.

Ця коротка (спрощена) передмова знадобилася нам, щоб указати на одну з найважливіших проблем сучасної нейробіології, що полягає в з'ясуванні того, як і за допомогою яких морфологічних утворень відбувається взаємодія між свідомою та підсвідомою сферами психічної діяльності людини. Оскільки ці утворення сьогодні добре відомі, а їх детальний опис був уже зроблений в огляді літератури, ми не вбачаємо за потребу тут їх перераховувати. Проте деякі з них, такі як бічні та присередні поздовжні смуги, прозора перегородка, а також тіло мозкового склепіння при вивченні мозолистого тіла не слід ігнорувати, так як вони мають із ним тісний анатомічний зв'язок.

Нагадаємо, що перші з них (поздовжні смуги) становлять собою оперізуючі верхню поверхню мозолистого тіла та спаяні з його речовиною

тонкі тяжі нервових волокон, які спереду, огинаючи його коліно, пов'язані з підмозолистою звивиною, а ззаду під валиком – досягають гіпокампальної зони у вигляді зубчастої звивини, у чому показово проглядається кільцева замкнутість структур лімбічного мозку. Індивідуальна варіативність їх форми детально описана нами в першому підрозділі четвертого розділу дисертації.

На протилежному від них боці, знизу, знаходяться два інших безпосередньо пов'язаних із мозолистим тілом утворення лімбічного мозку, які представлені тілом мозкового склепіння та прозорою перегородкою. Остання, як відомо, складається з двох розташованих у серединній площині паралельних пластинок, які з одного боку з'єднані з передньою частиною стовбура, коліном і дзьобом мозолистого тіла, а з іншого – зі стовпами мозкового склепіння. Враховуючи таке взаєморозташування, можна говорити, що мозкове склепіння через прозору перегородку опосередковано пов'язане з передніми двома третинами мозолистого тіла та своїм тілом безпосередньо консолідоване з його задньою третиною.

Цілком очевидною стає приналежність цих утворень лімбічного мозку до загальної комутаційної системи нервових провідників мозолистого тіла, про що в літературі необхідні відомості відсутні. Зрозуміло, що зараз ми не в змозі досконало розібратися в цьому надзвичайно складному переплетенні комісурально-асоціативних взаємозв'язків мозолистого тіла. Але ми можемо з'ясувати, чи включені безпосередньо в мієлоархітектоніку мозолистого тіла такі утворення лімбічного мозку, і якщо так, то як це виражається при гістологічних дослідженнях.

Загалом це питання нами було намічено в першому підрозділі четвертого розділу при розгляді макро-мікроскопічної будови мозолистого тіла на його пластинованих в епоксидній смолі препаратах. Однак, для ув'язки з результатами подальшого дослідження слід нагадати, що при забарвленні епоксидних шліфів метиленовим синім за тинкторіальними властивостями речовини мозолистого тіла з'ясувалися дві особливості зв'язку з ним поздовжніх смуг і прозорої перегородки. Виявилось, що бічні



поздовжні смуги, які в поперечному розрізі мають форму загострених горбиків, у реакції з метиленовим синім набувають такої ж за інтенсивністю базofilії, що і серединна товща мозолистого тіла. Але вони розділяються прошарком світлішої за забарвленням речовини, що дає підстави говорити про їх деяку відмежованість між собою. Проте ступінь цього розмежування нам належить ще з'ясувати.

Дещо по-іншому виглядають присередні поздовжні смуги, які зазвичай знаходяться в середній позиції поперечного зрізу мозолистого тіла. Через їх нерівномірну форму пролягання по верхній поверхні мозолистого тіла, що описано в третьому підрозділі четвертого розділу, ці утворення в поперечному ракурсі розрізу не завжди виявляються парними або рівними за висотою округлими утвореннями. Тому судження про зовнішню щільність їх зв'язку з речовиною мозолистого тіла буде не зовсім однозначним. Наприклад, на деяких шліфах пластинованих препаратів мозолистого тіла в його поперечному розрізі вони мають вигляд асиметричних за висотою, серединно розташованих горбиків, речовина яких (при забарвленні метиленовим синім) порівняно з серединною товщею самого мозолистого тіла відрізняється менш вираженою базofilією. Окрім того, між ним і присередніми смугами спостерігається слабо виражений переривчастий, світліший прожилок. У якості демонстрації сказаного та з метою ув'язки з подальшим мікроскопічним аналізом ми підібрали один із найбільш показових поперечних шліфів мозолистого тіла. Він є подібним до того, що фігурував у третьому підрозділі четвертого розділу (рис. 4.11), але відрізняється більшою структурною деталізацією (рис. 6.1).

Ці тинкторіальні відмінності між речовиною поздовжніх присередніх смуг і власне мозолистого тіла показово виявляються на парафінових зрізах при забарвленні за Ван-Гізоном (рис. 6.2). Передусім слід зазначити, що обидві речовини нерозривно спаяні між собою. Проте між ними проглядається проміжна зона у вигляді вузької смуги, що є згущенням клітинних елементів, у яких розпізнаються інтерфасцикулярні

олігодендроцити, що мають місце не лише у складі власне мозолистого тіла, але й у речовині присередніх поздовжніх смуг, тільки з тією різницею, що в останній вони знаходяться в дещо розрідженому стані, за рахунок чого в загальній масі ця речовина при забарвленні зрізів виглядає світлішою. До того ж, якщо судити за орієнтацією цих гліальних елементів, створюється уявлення, що такі клітини та супроводжувані ними нервові волокна переходять із присередніх смуг до складу мозолистого тіла. Проте у нас немає ніяких доказів заперечувати і зворотний напрямок нервових провідників, тобто із складу мозолистого тіла в поздовжні присередні смуги. На жаль, на сучасному етапі дані літератури навіть не торкаються цього питання. Тому нам доводиться обмежитися тільки констатацією того факту, що присередні смуги нерозривно спаяні з мозолистим тілом або за рахунок обміну між ними нервовими волокнами, або в результаті їх транзитного переходу з поздовжніх присередніх смуг у мозолисте тіло. Але ні в тому, ні в іншому випадку не можна встановити, яка частка провідників бере участь у цьому процесі.

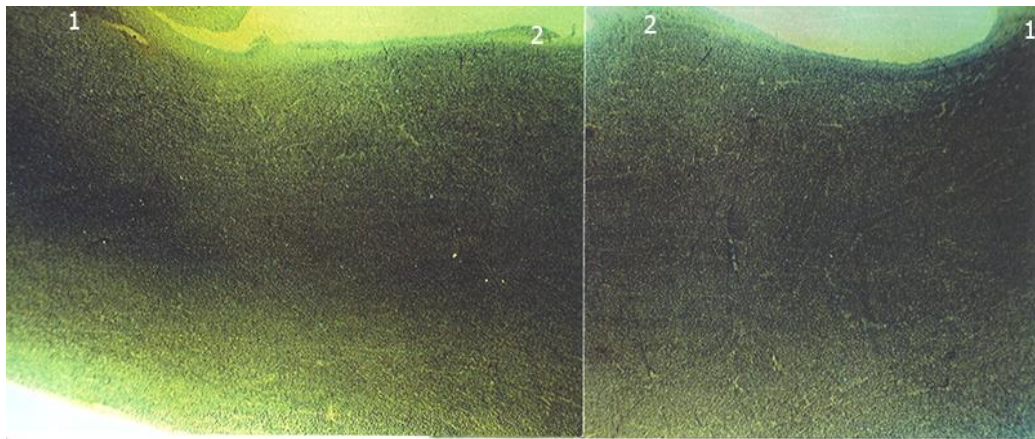


Рис. 6.1. Поперечний переріз мозолистого тіла чоловіка 56 років. Епоксидний шліф. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 4<sup>x</sup>.

1 – бічні поздовжні смуги; 2 – присередні поздовжні смуги.

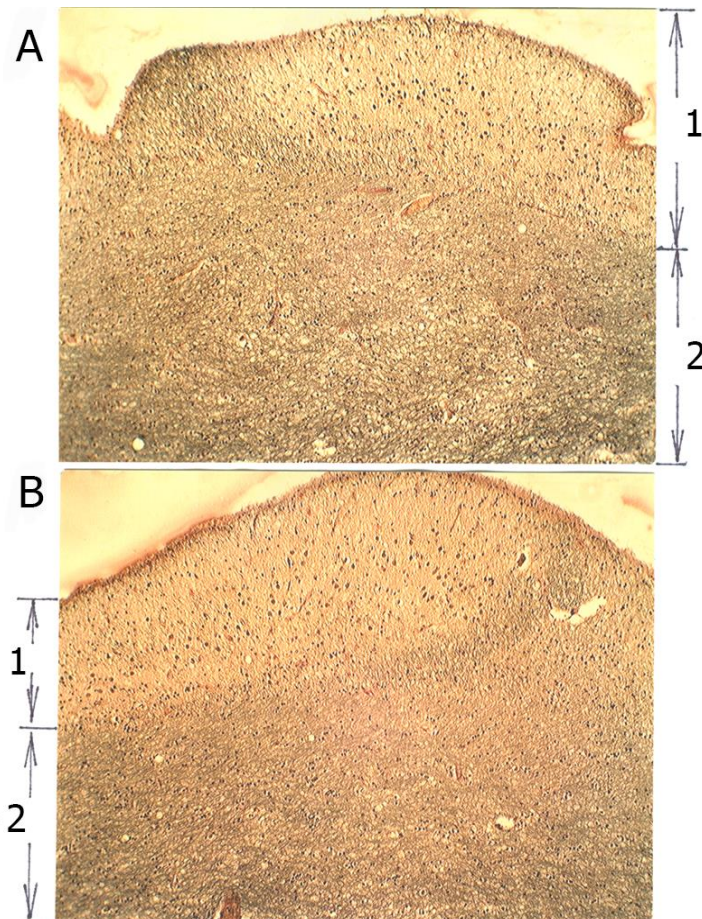


Рис. 6.2. Присередні поздовжні смуги мозолистого тіла в поперечному розрізі чоловіка (А) та жінки (Б) зрілого віку. Парафінові зрізи. Забарвлення за Ван-Гізоном. Об'єктив  $10^{\times}$ .

1 – присередні поздовжні смуги; 2 – мозолисте тіло.

Бічні поздовжні смуги на відміну від поперечних профілів присередніх смуг мають загострену форму на поперечних зрізах. Вони, як і присередні поздовжні смуги, своєю основою тісно спаяні з підлягаючою речовиною мозолистого тіла. Але на епоксидних шліфах, забарвлених метиленовим синім, бічні смуги відрізняються такою ж інтенсивною базофілією, як і серединна товща самого мозолистого тіла, а між ними знаходиться розмитий прошарок менш щільної за забарвленням речовини (рис. 6.3).

Парафінові зрізи при забарвленні гематоксиліном та еозином і за Ван-Гізоном дозволяють, по-перше, виявити, що просвітлена смуга повністю належить до меж бічних поздовжніх смуг, оскільки між ними та речовиною

власне мозолистого тіла через підвищену концентрацію в цьому місці пучків мієлінізованих нервових волокон знаходиться розмежувальна смуга ущільненої речовини (рис. 6.4). На нижній мікрофотографії зазначеного рисунка видно, що вказана погранична концентрація нервових волокон швидше за все виникає за рахунок поповнення фасцикулярних порціонів мозолистого тіла проникаючими в них із просвітленої зони бічних смуг нервовими провідниками. У свою чергу останні є нервовими волокнами, які відділяються у напрямку руху від щільної основної маси бічних поздовжніх смуг.

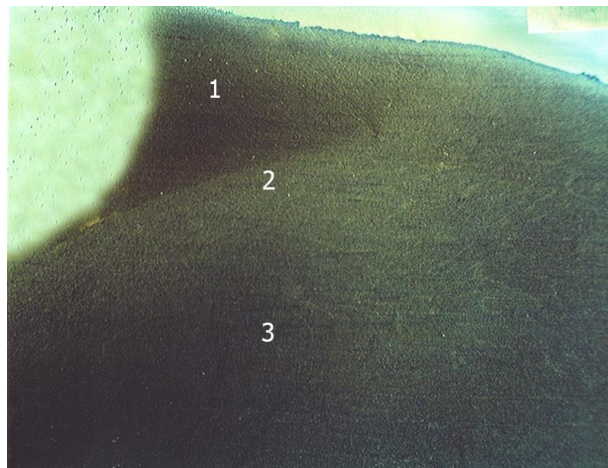


Рис. 6.3. Боковий відділ поперечного розрізу мозолистого тіла чоловіка зрілого віку. Епоксидний шліф. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 7<sup>x</sup>.

1 – бічна поздовжня смуга в поперечному розрізі; 2 – проміжна зона; 3 – речовина мозолистого тіла.

На підставі цього можна зробити передбачуваний висновок, що бічні поздовжні смуги на відміну від подібних до них присередніх уміщують значно більшу масу нервових провідників, більша частина із яких у компактному вигляді прямує транзитно лімбічним кільцем, тоді як інша їх частина, менш численна, об'єднується з масою нервових волокон комісуральних канатиків мозолистого тіла.



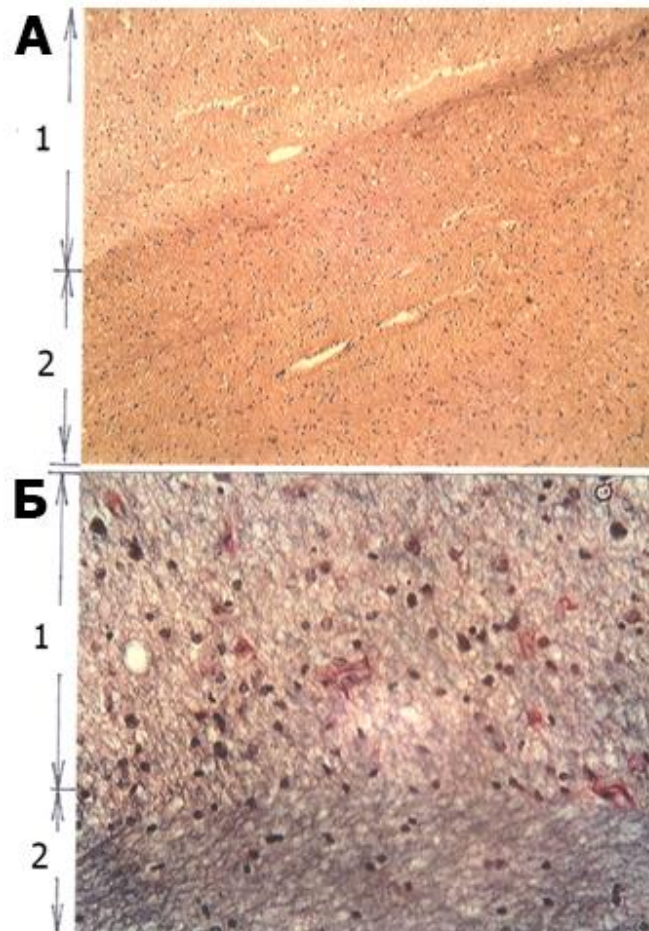


Рис. 6.4. Пограничні зони між бічними поздовжніми смугами та мозолистим тілом у поперечному розрізі. Парафінові зрізи. А – забарвлення за Ван-Гізеном, об'єktiv 10<sup>x</sup>; Б – забарвлення гематоксиліном та еозином, об'єktiv 40<sup>x</sup>.

1 – речовина бічної поздовжньої смуги; 2 – речовина мозолистого тіла.

Наприкінці слід додати, що як присередні, так і бічні поздовжні смуги покриті органічно пов'язаною з ними зовнішньою лімітуючою гліальною оболонкою, відомою в літературі під назвою сірого покриття, яке було описано в попередньому розділі. Нагадаємо, що це покриття має більш темну тональність порівняно з білою речовиною головного мозку через мінімальну кількість у ньому жироподібних речовин у вигляді мієліну.

Із усіх анатомічних утворень, безпосередньо пов'язаних із мозолистим тілом, найменше інформації в літературі є про будову та функціональне

призначення прозорої перегородки, що складається, як відомо, з двох пластинок мозкової тканини, які розділені щілиноподібним простором, заповненим спинномозковою рідиною. Вартим уваги є те, що ця перегородка знаходиться рівно по серединній площині, з'єднуючи собою приблизно передні дві третини мозолистого тіла (передню частину стовбура, коліно та дзьоб) зі зближеними між собою стовпами мозкового склепіння. Помітно ще й те, що дві її пластинки, будучи ізольованими щілиноподібним простором, чітко відбивають білатеральну симетричність півкуль великого мозку, із чого виходить, що кожна з них окремо належить відповідній його половині. Окрім того, як відзначалося в першому підрозділі четвертого розділу, ці дві пластинки (пов'язані з нижньою поверхнею мозолистого тіла по серединній лінії) відповідають за проекцією протилежним присереднім поздовжнім смугам. У зв'язку з цим створюється враження, що прозора перегородка, як би проходячи товщу мозолистого тіла, виступає на його верхній поверхні у вигляді присередніх поздовжніх смуг. Але вивчення мікроскопічної будови мозолистого тіла за допомогою епоксидних шліфів і парафінових зрізів такого факту не підтверджує, оскільки в серединній частині його речовина має однорідну з рештою маси структуру (рис. 6.1). Більше того місце прикріплення пластинок прозорої перегородки до нижньої поверхні мозолистого тіла не має ніяких ознак проникнення в нього з пластинок прозорої перегородки нервових волокон. Єдиною особливістю цієї зони є, як відзначалося в першому підрозділі четвертого розділу, наявність кровоносних судин венозного типу. Указаний факт візьмемо до уваги.

Ця обставина змусила нас удатися до додаткового, більш ретельного вивчення не лише зони фіксації прозорої перегородки до мозолистого тіла, але й будови її самої. Для цього знадобилися препарати серединного зрізу вільної частини мозолистого тіла разом із прозорою перегородкою та відповідними частинами мозкового склепіння. Один із таких препаратів представлений на рисунку 6.5 А. Він був підданий пластинації в епоксидній смолі з подальшим виготовленням шліфів у потрібних для дослідження

площинах (рис. 6.5 Б). Для оглядового ознайомлення ми взяли серединний тотальний шліф, на якому при забарвленні метиленовим синім з'являються саме мозолисте тіло, а також стовпи (частково) та тіло мозкового склепіння (рис. 6.5 В). Але спочатку розглянемо саму прозору перегородку, яка залишилася незабарвленою через її прихованість у глибині епоксидної смоли.

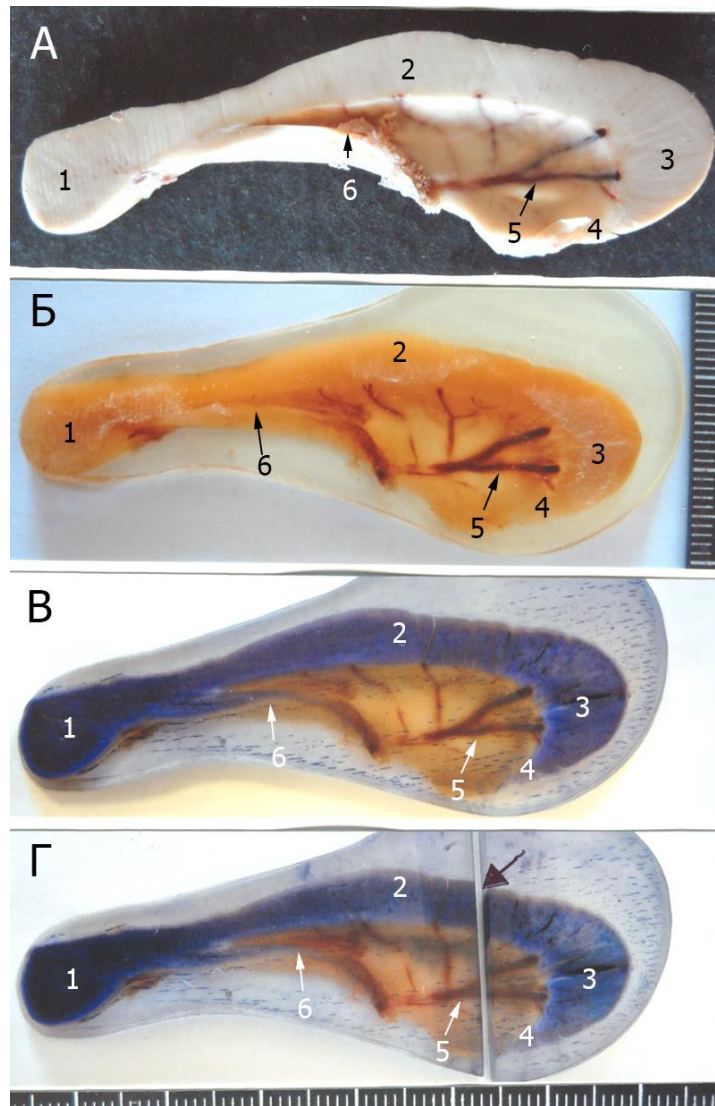


Рис. 6.5. Сагітальний зріз мозолистого тіла чоловіка 46 років. А – до епоксидної пластинації; Б – після епоксидної пластинації; В – його шліф при забарвленні метиленовим синім; Г – межа поперечного розпилу (вказана стрілкою).

1 – валик; 2 – стовбур; 3 – коліно; 4 – дзьоб; 5 – венозні судини прозорої перегородки; 6 – стовпи мозкового склепіння.

Передусім (у плані подальшого вивчення) заслуговує на увагу той факт, що при просоченні епоксидною смолою прозора перегородка в повному розумінні виправдовує свою назву, тобто стає прозорою, що свідчить про тонкість складових її пластинок, структура яких буде описана нижче. А зараз ми зробимо невеликий відступ, оскільки тут не можна не згадати про безпосередній зв'язок прозорої перегородки з відносно великими кровоносними судинами венозного типу, які за своїм розташуванням і формою належать до судин, що збирають кров безпосередньо від мозолистого тіла. На представлених препаратах можна наочно переконатися, що відтік венозної крові від мозолистого тіла здійснюється переважно за допомогою двох груп стовбурових вен, одна з яких починається від його коліна та ростральної частини, а інша виходить із товщі заднього відділу стовбура та валика мозолистого тіла, супроводжуючи стовпи мозкового склепіння (рис. 6.5). При цьому дещо ззаду від передньої спайки ті й інші вени прозорої перегородки зливаються разом. У проміжному положенні між ними знаходяться більш дрібні венозні судини, які виходять із товщі основної частини стовбура мозолистого тіла, будучи притоками передніх (ростральних) стовбурових вен. Таким чином, серед судин, пов'язаних із прозорою перегородкою та здійснюючих відтік венозної крові від мозолистого тіла, можна виділити три групи стовбурових гілок: передню або ростральну, задню або спленіальну, та групу проміжних між ними венозних судин. Вартим уваги є й те, що ці венозні судини в прозорій перегородці не супроводжуються артеріями (рис. 6.6).

Щоб оцінити цей факт у плані з'ясування організації загального кровоносного русла мозолистого тіла, необхідно визначити місце розташування джерел доставки до нього артеріальної крові. Для цього немає потреби проводити спеціальні дослідження, оскільки добре відомо, що до них належать передні мозкові артерії, які, огинаючи коліно мозолистого тіла, прямують паралельно по його верхній поверхні, відповідаючи положенню бічних поздовжніх смуг, і позаду валика (під потиличними частками півкуль)



анастомозують із гілками задніх мозкових артерій. Згідно з даними літератури ці артерії, опоясуючи зверху мозолисте тіло, не супроводжуються венозними судинами. Отже, судини, що здійснюють доставку крові до мозолистого тіла, та судини, що відводять від нього кров, виявляються на протилежних його поверхнях. Тепер завдяки нашим даним про локалізацію венозних судин у прозорій перегородці цей факт можна вважати досить аргументованим.

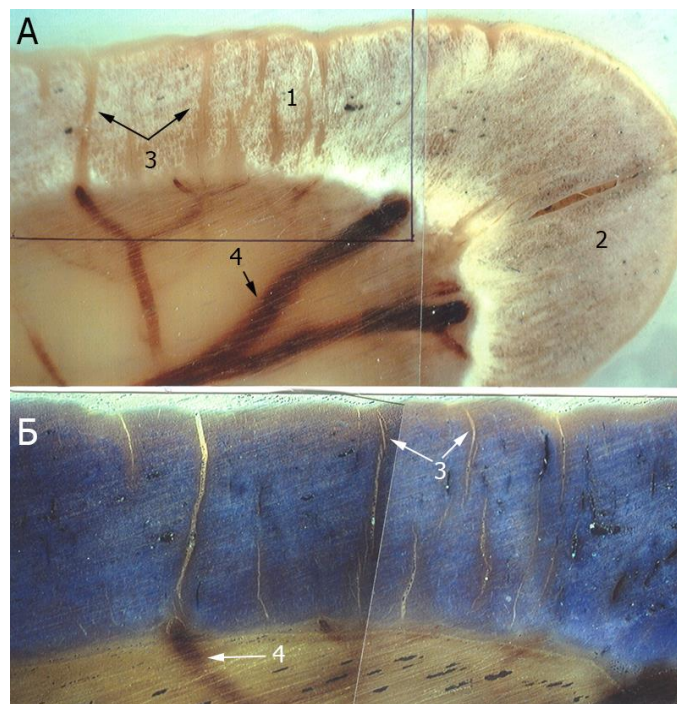


Рис. 6.6. Передній відділ препарату мозолистого тіла жінки II періоду зрілого віку. А – незабарвлений епоксидний шліф, об’єктив 2<sup>x</sup>. Прямокутно окреслено ділянку, яка представлена на нижній мікрофотографії (Б), зробленій після забарвлення препарату метиленовим синім, об’єктив 4<sup>x</sup>.

1 – передній відділ стовбура; 2 – коліно; 3 – міжфунікулярні сполучнотканинні прошарки, в яких локалізуються перфоруючі артеріоло-венулярні анастомози; 4 – венозні судини прозорої перегородки.

У огляді літератури з цього приводу ми зробили припущення, що якщо артерії розташовуються поверх мозолистого тіла, а вени – знизу, то їх гілки, проникаючі в товщу мозолистого тіла, повинні мати зустрічний напрямок,

формує у ній розгалужену мережу гемомікроциркуляторного русла, через яке циркуляція крові буде мати проточний низхідний вектор. Тепер, оперуючи отриманими нами даними про дислокацію в мозолистому тілі обмінних кровоносних мікросудин, ми можемо принципово відтворити цілісну картину функціонування конструкції його гемомікроциркуляторного русла. Проте для повноти цієї картини у нас поки що відсутні дані про проміжні ланки між резистивними й обмінними сегментами мозолистого тіла з одного боку, та венами прозорої перегородки – з іншого. Але цілеспрямоване вивчення пластинованих препаратів мозолистого тіла шляхом пошукового зішліфування дозволило їх чітко візуалізувати, що ілюструють мікрофотографії, представлені на рисунку 6.6. Ці мікрофотографії є дуже показовими передусім тим, що вони повною мірою демонструють наявність у мозолистому тілі раніше встановлених нами міжфункікулярних сполучнотканинних прошарків, що розділяють між собою комісуральні канатики. Добре видно, що на деяких ділянках показового шліфа ці міжфункікулярні прошарки пронизують усю товщину мозолистого тіла, маючи вигляд вузьких наскрізних щілин, у яких знаходяться венозні кровоносні мікросудини посткапілярного типу. Випадає нагода переконатися своїми очима, що ці мікросудини в зоні нижньої поверхні мозолистого тіла (точніше між нижніми валикоподібними підвищеннями) безпосередньо впадають у дрібні притоки венозного русла прозорої перегородки. До речі, при нагоді ми вважаємо за можливе відзначити, що надані нами відомості про кровоносне русло мозолистого тіла разом із описом венозних судин, пов'язаних із прозорою перегородкою, є нашим пріоритетом, адже в літературі про це відсутні навіть згадки. Інакше кажучи, зараз ми не маємо в розпорядженні жодних початкових даних, на які ми могли б опертися у своїй аргументації. Ми також не можемо скористатися фундаментальними, добре відомими положеннями про конструктивний принцип організації кровоносного мікроциркуляторного русла, які представлені в класичних роботах В.В. Купріянова [83], О.М. Чернуха [120], К. Каро [89] та ін. Не

вдаючись до подробиць, які для завдань нашого дослідження не важливі, ми обмежимося загальновідомими положеннями, згідно з якими у будь-якому органі гемомікроциркуляторне русло має модульний принцип організації; при цьому кожен модуль складається з асоціації мікросудин різних за функціональним призначенням. Так, входом у нього є резистивні мікросудини (судини опору), представлені артеріолами та прекапілярами, які здійснюють регуляцію надходження в модуль крові, а виходом із нього служать посткапіляри та збірні венули (ємнісні мікросудини), між якими має місце розгалужена мережа мікросудин капілярного типу, що включає послідовно сполучені ланки (канали переважного кровотоку – напівшунти) і паралельні мікросудинні комунікації («справжні капіляри»). Важливо відзначити, що в одних органах резистивні (артеріоли) та ємнісні (венули) мікросудини знаходяться поруч, а в інших – віддалено одна від одної.

Як ми показали вище, гемомікроциркуляторне русло мозолистого тіла належить до останнього варіанту, оскільки його резистивні судини (канали входу), починаючись від судинного сплетення, покриваючого верхню поверхню мозолистого тіла, проникають у нього у вигляді артеріол міжфунікулярними сполучнотканинними прошарками, про що говорилося в другому підрозділі п'ятого розділу. Найбільш значимим фактом є те, що ці артеріоли, проходячи в міжфунікулярних прошарках, продовжуються прямо у збірно-колекторні венули, які є притоками венозного русла прозорої перегородки (рис. 6.6). У таких прямих комунікаціях легко розпізнаються артеріоло-венулярні анастомози, що здійснюють шунтуючий кровотік у системі кровоносного русла мозолистого тіла. У зв'язку з тим, що вони проходять наскрізь через його товщу, ми назвали їх перфоруючими артеріоло-венулярними анастомозами. Очевидно, що довжина цих утворень повинна відповідати товщині відповідного відділу мозолистого тіла (найкоротшими вони є у його стовбурі, товщина якого перебуває в межах 7 мм) (рис. 6.6).

Цілком зрозуміло, що при такій диспозиції в мозолистому тілі каналів переважного кровотоку, усі інші мікросудини капілярного типу (прекапіляри, справжні капіляри та посткапіляри) будуть пов'язані з ними паралельно, формуючи серед фасцикулярних і субфасцикулярних порціонів мережі обмінних мікросудин, так як це було описано в другому підрозділі п'ятого розділу. На жаль, цілісно реконструювати мікросудинні мережі практично неможливо. Тому ми вимушені обмежитися тільки загальним принципом будови гемомікроциркуляторного русла мозолистого тіла.

Але у такому вигляді, як було описано вище, ця мікроциркуляторна система не в змозі здійснювати обмінні процеси серед стільникових порціонів мозолистого тіла, оскільки тільки за рахунок дилатації артеріол і розслаблення прекапілярних сфінктерів (тобто на вході в модулі мікроциркуляторного русла) тиск, необхідний для реалізації перфузії крові через мережі обмінних мікросудин, що мають великий опір для кровотоку порівняно з артеріоло-венулярними каналами (шляхами переважного кровотоку), забезпечити не можна. Для створення такого тиску потрібне (під час дилатації артеріол) підвищення опору на виході цих каналів, тобто у венозних сегментах мікроциркуляторного русла. Відомо, що такими судинами є так звані дросельні венули, які відрізняються від інших наявністю в їх стінці гладких м'язових клітин. Дійсно, такі мікросудини нами були виявлені поблизу нижньої поверхні мозолистого тіла біля місця прикріплення до неї прозорої перегородки (рис. 6.7). Після їх виявлення все стає на своє місце, і загальний принцип організації гемомікроциркуляторного русла мозолистого тіла може бути представлений спрощеною схемою (рис. 6.8). Усі питання, які стосуються його функціонування, будуть обговорені в завершальному розділі нашої дисертації.

Тепер після вимушеного відступу ми можемо повернутися до розгляду будови самої прозорої перегородки та її зв'язку з мозолистим тілом. Обмовимося тільки, що ми не ставимо перед собою завдання усебічного, детального її вивчення. Нам вистачить відомостей про те, що вона собою

представляє і чи є у неї безпосередній зв'язок з міелоархітектонікою мозолистого тіла. Ми ставимо так питання тому, що в процесі попередніх досліджень у нас виникли сумніви щодо існування останнього. Так, наприклад, при вивченні поперечних пластинованих шліфів мозолистого тіла ми не виявили якихось певних ознак, що свідчили б про проникнення нервових волокон із пластинок прозорої перегородки в його товщу.

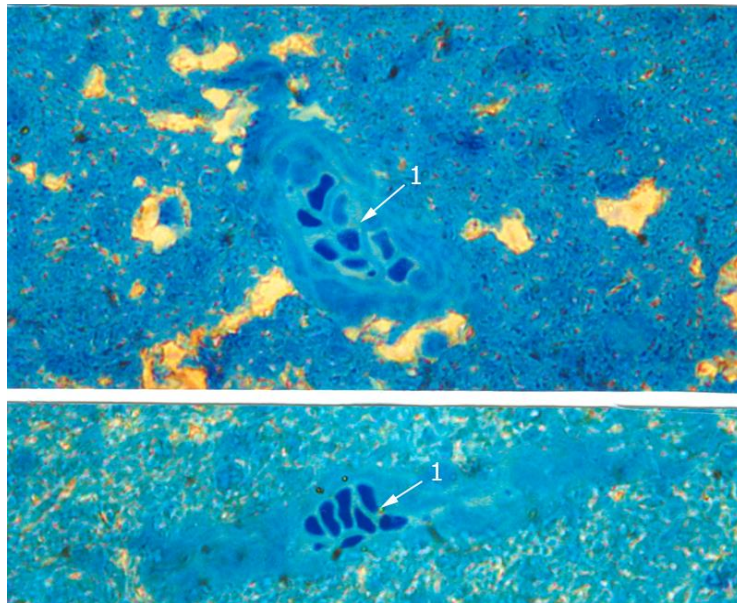


Рис. 6.7. Нижній шар мозолистого тіла жінки II періоду зрілого віку. Напівтонкі зрізи. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 40<sup>x</sup>.

1 – дросельні венули.

Із метою з'ясування цього питання ми вдалися до прицільного мікротомування, яке полягало в розтині пластинованого тотального препарату мозолистого тіла (завтовшки 3 мм) упоперек, як це показано на рисунку 6.5 Г, а потім у шліфовці та поліровці одного ребрового торця з подальшим його забарвленням метиленовим синім. Звісно, у такому шліфі прозора перегородка опинилася в поперечному розрізі, який і дає можливість вивчати мікроскопічну будову її пластинок. Але нас бентежить питання відсутності в літературі яких-небудь конкретних відомостей із цього приводу, хоча деякі автори і говорять про наявність у таких пластинках не лише нервових волокон, але й нервових клітин. Зрозуміло, що без

підтверджуючих це фактичних ілюстрацій зазначені твердження залишаються голослівними.

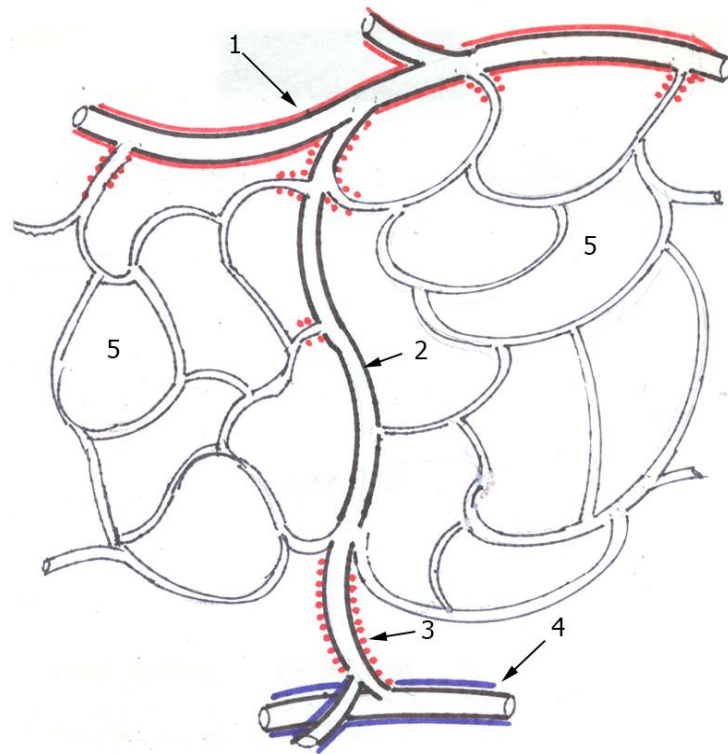


Рис. 6.8. Схема принципової будови гемомікроциркуляторного модуля мозолистого тіла.

1 – артеріальні мікросудини м'якої оболонки, що покриває верхню поверхню мозолистого тіла; 2 – перфоруючий артеріоло-венулярний анастомоз, що локалізується в межах міжфункулярного сполучнотканинного прошарку; 3 – дросельна венула; 4 – венозні судини прозорої перегородки; 5 – петлі обмінних мікросудин у міжфасцикулярних прошарках комісуральних канатиків мозолистого тіла. Червоними крапками вказані місця мікросудин, де локалізовані гладкі міоцити.

У ході вивчення наших препаратів, які завдяки своєчасній формаліновій фіксації характеризуються гарним збереженням тканинних структур, виявилось, що пластинки прозорої перегородки при забарвленні метиленовим синім порівняно з самим мозолистим тілом відрізняються слабо вираженою базофілією. При цьому кожна пластинка у нижньої поверхні

мозолистого тіла, розщеплюючись, переходить у такий же за інтенсивністю забарвлення його поверхневий шар, який, як ми знаємо з попереднього розділу, є внутрішньою лімітуючою гліальною оболонкою, що знаходиться під покривом епендими. Отже, якщо ця оболонка переходить в одну з пластинок прозорої перегородки (чи навпаки), то остання повинна бути також покрита шаром епендими, що дійсно має місце і в чому можна переконатися за мікрофотографією, представленою на рисунку 6.9. На ній у поперечному розрізі показана одна з пластинок (права) прозорої перегородки, яка із-за часткової втрати опори в нижньому відділі (при сагітальному розрізі тотального препарату) виявилася дещо викривленою, що ніяк не відбилося на її внутрішній будові.

Нагадуємо, що ми не ставили завдання детального вивчення мікроскопічної організації пластинок прозорої перегородки; для нас досить було з'ясувати, чи мають вони безпосередній зв'язок із міелоархітектонікою мозолистого тіла. Для отримання відповіді на це питання передусім необхідно встановити, чи є в пластинках прозорої перегородки нервові волокна, або, як вважають деякі автори, і нервові клітини. У результаті вивчення препаратів нам не вдалося засвідчити які-небудь ознаки, що вказували б на їх наявність. Згідно з нашими даними обидві пластинки належать до суто гліальних утворень, і кожна з них можна розглядати як дуплікатуру внутрішньої лімітуючої гліальної оболонки. Виходячи з цього уявлення, можна говорити, що кожна пластинка на нижній поверхні мозолистого тіла розщеплюється на два рівні за товщиною шари, один із яких покриває відповідну половину (праву або ліву) його нижньої поверхні, а інший, досягнувши мозолистого тіла, повертає, переходячи на внутрішню поверхню протилежної прозорої пластинки (рис. 6.10).

Таким чином, кожна пластинка прозорої перегородки за своєю будовою має подібність до «сендвіча», оскільки складається з двох епендимальних покриттів, між якими знаходиться прошарок сполучнотканинних структур із уміщеними в них венозними судинами, які



були описані вище. Залежно від їх діаметру визначається і товщина відповідної пластинки, яка коливається від 1 до 1,5 мм (рис. 6.9).

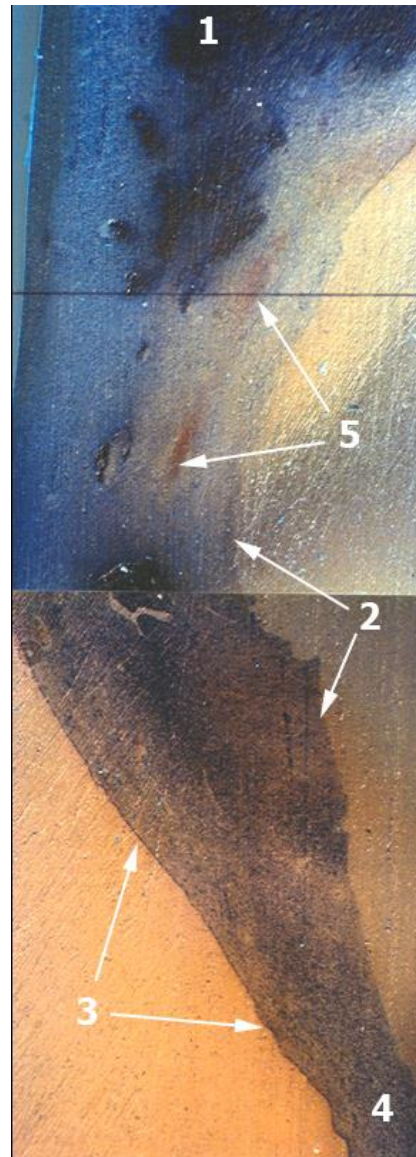


Рис. 6.9. Пластинка прозорої перегородки в поперечному розрізі. Епоксидний шліф. Забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 7<sup>x</sup>.

1 – речовина нижнього шару мозолистого тіла (пучки нервових волокон); 2 – поверхня внутрішньої лімітуючої гліальної оболонки з боку бічного шлуночка; 3 – поверхня такої ж оболонки з боку порожнини прозорої перегородки; 4 – місце їх з'єднання між собою з утворенням однієї її пластинки, яку можна розглядати як дуплікатуру внутрішньої лімітуючої оболонки; 5 – кровоносні судини.



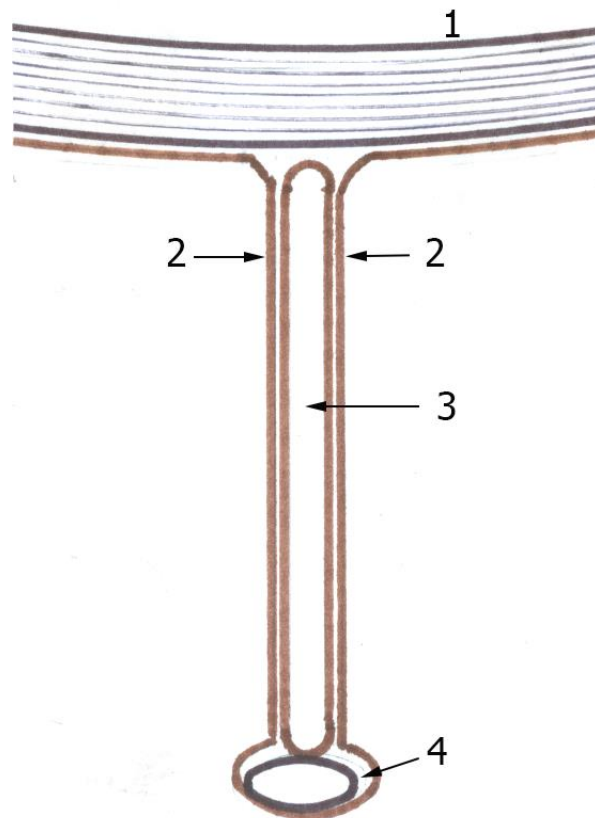


Рис. 6.10. Принципова схема, що ілюструє топологічний перехід (у фронтальному ракурсі) внутрішньої лімітуючої гліальної оболонки (окреслена коричневим кольором) у пластинки прозорої перегородки.

1 – мозолисте тіло; 2 – пластинки прозорої перегородки; 3 – порожнина прозорої перегородки; 4 – стовпи мозкового склепіння.

Виходить, що згідно з нашими даними прозора перегородка, як утворення, що має прямий зв'язок між стовпами мозкового склепіння та мозолистим тілом, не може розглядатися в якості комунікативної ланки між ними, а отже, її не правомірно вважати складовою частиною лімбічного мозку. У такому разі необхідно з'ясувати, що це за утворення. Зважаючи на дані про ембріогенез головного мозку й особливості його дефінітивної будови, можна дійти висновку, що воно не є у своєму роді унікальним, оскільки до подібних утворень належать епендимні пластинки верхньої стінки третього та нижнього паруса четвертого шлуночків, за винятком тільки того, що останні дві з них зрощені з судинною оболонкою. Загальним

же призначенням цих утворень є бар'єрна функція між суміжними вмістилищами циркулюючої спинномозкової рідини. Так, у прозорій перегородці кожна пластинка є стінкою фронтальної (передньої) частини відповідного бічного шлуночку. Унікальною особливістю є те, що між двома цими ламінарними стінками знаходиться вузький (шириною приблизно в 1 мм) щілиноподібний простір, що містить рідину, яка, звісно, повинна постійно оновлюватися. Враховуючи замкнутість такого простору, можна припустити, що процес оновлення здійснюється за рахунок подвійних фізіологічних властивостей пластинок прозорої перегородки, тобто вони повинні мати здатність до фільтрації рідини і до її реабсорбції одночасно. Ймовірно, ці механізми виконуються за допомогою перемінної зміни гідростатичного тиску крові у венозних мікросудинах пластинок прозорої перегородки. Поза сумнівом це питання заслуговує більш детального розгляду, проте воно не належить до завдань нашого дослідження.

Тепер нам залишається розглянути те, як співвідносяться між собою мозолисте тіло та мозкове склепіння. Але для більш повного розуміння цього питання не можна обійтися без основних анатомічних відомостей про останнє. Досить показовою є геометрична конфігурація мозкового склепіння, в якій виражене дугоподібне окільцювання ним утворень, розташованих між стовбуром і півкулями великого мозку, що характерне для структурної організації лімбічної системи. Загалом мозкове склепіння можна представити утворенням, що складається з двох канатикоподібних тяжів, кожен із яких здійснює асоціативний зв'язок між лімбічними утвореннями відповідної півкулі (у сфері архіпаліуму). Але в його будові мають місце і комісуральні зв'язки. Якщо конкретизувати, то ці канатикоподібні тяжі починаються стовпами від соскоподібних тіл, звідки вони крутою дугою, наближаючись до нижньої поверхні мозолистого тіла, зростаються між собою і з мозолистим тілом у його задній третині. Це місце спаєчного зрощення називається тілом мозкового склепіння. Звідси канатикоподібні тяжі розходяться під назвою ніжок, які, спрямовуючись кожна окремо у відповідні скроневі доли,

переходять до складу правого та лівого гіпокампу. Інші деталі ми опускаємо, оскільки нас цікавить тільки місце злуки тіла мозкового склепіння з мозолистим тілом.

На препаратах сагітальних зрізів мозолистого тіла чітко видно, що стовпи мозкового склепіння, дугоподібно вигинаючись, дотичною траєкторією входять у товщу мозолистого тіла на межі між стовбуром і валиком, тобто у ділянці його перешийка (рис. 6.5). Це місце зафіксоване нами на мікрофотографії, отриманій при невеликому збільшенні мікроскопа (рис. 6.11). На ній видно, що в зоні контакту між ними знаходиться рихла щілина, яка, поступово звужуючись у напрямку до валика, зникає, призводячи до повної консолідації мозкового склепіння з мозолистим тілом. Ця консолідація виражається в проникненні міжфунікулярних прошарків (септ) останнього у тіло мозкового склепіння.

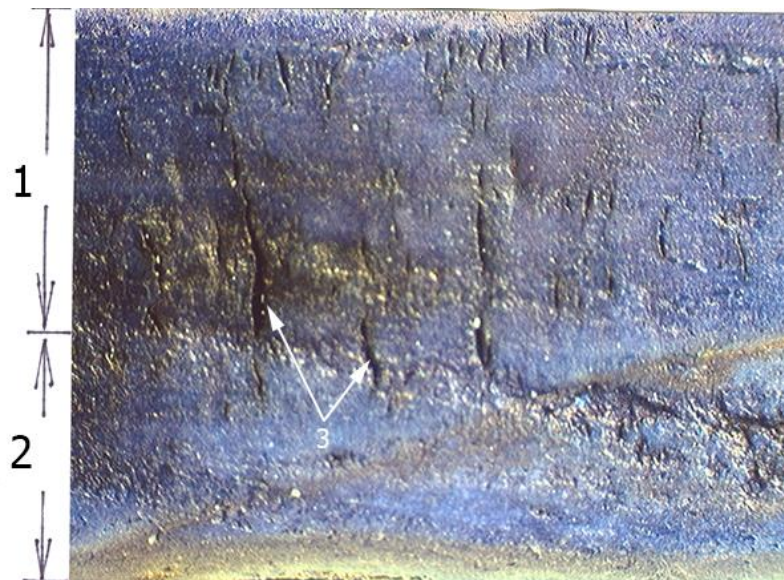


Рис. 6.11. Місце злуки тіла мозкового склепіння з мозолистим тілом. Епоксидний шліф, забарвлення метиленовим синім. Об'єктив 7<sup>x</sup>.

1 – речовина мозолистого тіла; 2 – речовина тіла мозкового склепіння;  
3 – міжфунікулярні сполучнотканинні септи мозолистого тіла.

Більш тонке розрізнення між їх структурами за лінією консолідації було отримане за допомогою парафінових зрізів (рис. 6.12). На цій

мікрофотографії добре видно лінійну межу між структурами мозолистого тіла та мозкового склепіння, яка стає помітною за рахунок різного орієнтування в них нервових волокон; якщо в мозолистому тілі вони виглядають хаотично розташованими, то мієлоархітектоніка мозкового склепіння відрізняється більшою впорядкованістю. У зв'язку з тим, що цей зріз було отримано у поздовжньому напрямі сагітального розрізу мозолистого тіла, орієнтування нервових волокон у мозковому склепінні переважно відповідає траєкторії його дотичного впровадження в мозолисте тіло. Але на межі між одним та іншим чіткого розділення в орієнтуванні їх нервових волокон немає, оскільки в цій зоні вони знаходяться в перемішаному вигляді, швидше за все через те, що частина нервових волокон переходить із мозкового склепіння до складу мозолистого тіла. Проте не можна виключити і взаємного обміну між ними.

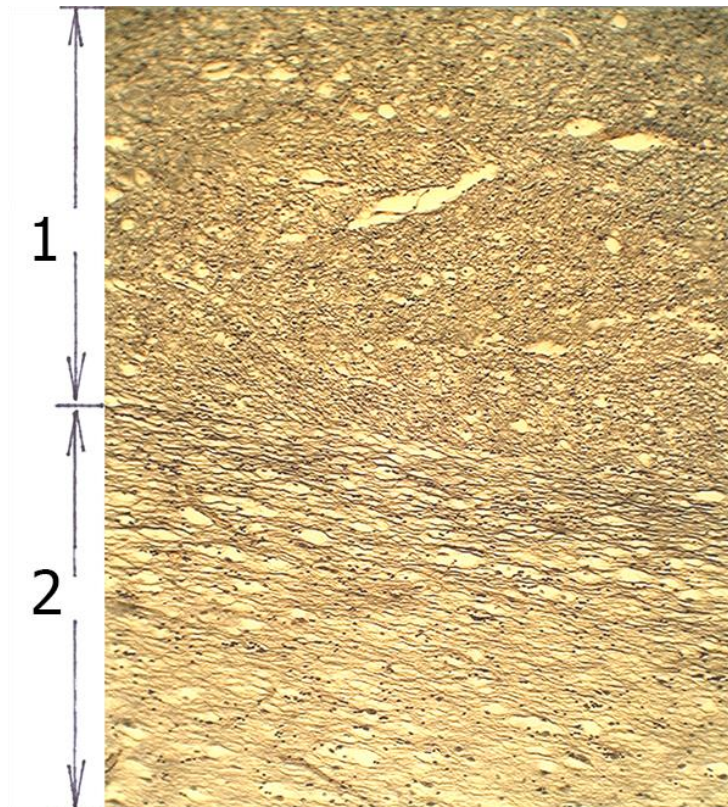


Рис. 6.12. Місце консолідації тіла мозкового склепіння з мозолистим тілом. Парафіновий зріз, забарвлення за Ван-Гізоном. Об'єktiv 10<sup>x</sup>.

1 – речовина мозолистого тіла; 2 – речовина тіла мозкового склепіння.

Таким чином, є підстави вважати, що на межі між стовбуром мозолистого тіла та його валиком, тобто у ділянці його перешийка, структурно закріплюється комутаційний взаємозв'язок між провідниковою системою лімбічного мозку та комісуральними шляхами неопаліума. Якщо припустити, що в цьому місці відбувається перехід нервових провідників із мозкового склепіння в мозолисте тіло, то швидше за все вони повинні належати нюховому і смаковому аналізаторам. Проте згідно з даними МРТ-картування такі зони реєструються в ростральному, тобто протилежному, відділі мозолистого тіла. Це питання, як і багато чого іншого, що стосується комутаційних зв'язків мозолистого тіла зі структурами лімбічного мозку, ми залишаємо відкритим, оскільки зараз усе сказане із цього приводу буде належати до сфери припущень. Однак, порушені нами проблеми повинні розглядатися у якості нового наукового напрямку в нейроморфології великого мозку людини.

На цьому ж етапі дослідження нами отримані тільки початкові дані, які суттєво поповнюють сучасні знання про особливості морфологічних зв'язків із мозолистим тілом таких, приналежних йому утворень, як поздовжні смуги, прозора перегородка та склепіння мозку. Ці дані можна узагальнити в наступних висновках.

1. Результати цілеспрямованого вивчення мієлоархітектоніки мозолистого тіла свідчать про наявність цільової транзитивної ув'язки з його комісуральними провідниками таких кондуктивних утворень лімбічного мозку, як поздовжні (присередні та бічні) смуги та мозкове склепіння. При чому поздовжні смуги консолідовані з ним по верхній поверхні, а мозкове склепіння за допомогою свого тіла спаяне з його нижнім боком на межі між стовбуровою частиною та валиком.

2. Разом із тим додатково отримані нами дані не узгоджуються з давно існуючими в літературі уявленнями про те, що до кондуктивних утворень лімбічного мозку належить прозора перегородка, яка, на нашу думку, є суто

гліальним утворенням, виконуючим роль розділювальної перегородки між передніми відділами бічних шлуночків.

3. За будовою кожен її пластинку можна розглядати як дуплікатуру внутрішньої лімітуючої гліальної оболонки при її переході з нижньої поверхні мозолистого тіла на передні стовпи мозкового склепіння. Заслуговує на увагу те, що в її сполучнотканинній стромі закладені колекторні венозні судини, у які відтікає кров із мікроциркуляторного русла мозолистого тіла.

4. Кровоносне мікроциркуляторне русло мозолистого тіла є мережею складно розгалужених у його товщі мікросудин, які розташовані на проточному шляху між артеріальним руслом судинної оболонки, що покриває верхню поверхню мозолистого тіла, та колекторними венами прозорої перегородки, що знаходяться знизу від нього.

5. Прямими шунтуючими шляхами (каналами переважного кровотоку) між ними служать перфоруючі артеріоло-венолярні анастомози, що наскрізь проходять мозолисте тіло міжфунікулярними сполучнотканинними прошарками. Характерним для них є наявність у стінці їх венозних сегментів гладких м'язових клітин, які надають їм резистивні властивості, необхідні для розвитку функціональної гіперемії в мережі обмінних мікросудин при дилатації артеріол і розслабленні прекапілярних сфінктерів. Такі венули з наявністю у стінці гладких м'язових клітин називаються в мікροангіології дросельними. У мозолистому тілі вони локалізуються в його нижньому шарі за місцем прикріплення прозорої перегородки.

6. Мережі обмінних мікросудин (прекапіляри, капіляри та посткапіляри) входять до кровотоку в паралельному порядку щодо каналів переважного кровотоку (перфоруючих артеріоло-венолярних анастомозів). Окремі петлі обмінних мікросудин цієї мережі перебувають у міжфасцикулярних прошарках та їх бічних відгалуженнях відповідних комісуральних канатиків мозолистого тіла. Розвиток у них функціональної гіперемії під час дилатації артеріол із одночасним звуженням дросельних



венул спрямовано на активацію біосинтетичної діяльності інтерфасцикулярних олігодендроцитів у процесі оновлення мієлінових оболонок нервових волокон у межах стільникових порціонів.

На нашу думку, на особливу увагу заслуговує перший висновок, який дає підстави говорити, що існуючі уявлення про мозолисте тіло тільки як про комісуральне утворення, яке реалізує взаємодію між контрлатеральними центрами нової кори, є недостатніми для повноцінного розуміння психічної діяльності людини, оскільки вони не враховують наявності серед його провідників кондуктивних елементів лімбічного мозку. Мозолисте тіло, як ми вважаємо, є більш складним за організацією вузловим колектором у системній взаємодії між свідомою та підсвідомою психічними сферами великого мозку людини.

Але цей висунений нами тезис на сучасному етапі дослідження ми не вважаємо безперечним; його ми пропонуємо з метою подальшого пошуку можливостей розробки окресленої проблеми.

Такі ж зауваження можна зробити і до висновку про природу прозорої перегородки. Адже, хоч наші дані є досить об'єктивними, ми повністю не позбавилися деякого сумніву щодо визначення її як суто гліального утворення, оскільки це абсолютно не відповідає традиційним уявленням про прозору перегородку. Але це протиріччя все ж вирішується на нашу користь, оскільки в літературі відсутні дані, що фактично підтверджують протилежну точку зору. Тим самим ми намічаємо перспективу подальшого вивчення цього утворення.

Результати досліджень, які представлені у даному розділі дисертації, опубліковані у таких наукових роботах:

1. Боягина О.Д. Строеие прозрачной перегородки и ее отношение к мозолистому телу человека / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко // *Journal of Education, Health and Sport*. – 2016. – № 6 (12). – P. 895-905.

2. Boiagina O. The features of blood supply of corpus callosum and the structure of its hemomicrocirculatory channel / O. Boiagina // *Eureca: Health Science*. – 2017. – № 1. – P. 9-16.

3. Boiagina O.D. Morphological study of communication between the longitudinal strips and the human corpus callosum / O.D. Boiagina // *International Journal of Medicine and Medical Research*. – 2017. – Vol. 3 (1). – P. 70-74.

4. Боягина О.Д. Морфологические отношения между сводом мозга и мозолистым телом человека / О.Д. Боягина, Ю.П. Костиленко // *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. – 2017. – Т. 16, № 4 (62). – С. 94-97.

5. Боягіна О.Д. Кровопостачання мозолистого тіла та будова його гемомікроциркуляторного русла / О.Д. Боягіна, Ю.П. Костиленко // *Науково-практична конференція «Прикладні аспекти морфології», присвячена пам'яті професорів-морфологів Терентьєва Г.В., Роменського О.Ю., Когана Б.Й., Шапаренка П.П., Жученка С.П., Вінниця, 21-22 вересня 2017 р. / Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова. – Вінниця, 2017. – С. 38-40.*

6. Boiagina O. Special aspects of the relationship between human corpus callosum and fornix / O. Boiagina // *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Annual Conference «Technology transfer: innovative solutions in medicine»*. – Tallinn, Estonia, 26 October 2017. – P. 6-8.



## РОЗДІЛ 7

### АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сама назва «мозолисте тіло» виправдана тільки тим, що це значне за розміром утворення головного мозку відрізняється більшою щільністю білої речовини в порівнянні з іншими його відділами, і тому не відповідає своїй справжній суті, у зв'язку з чим в історії його вивчення дослідниками робилися різні спроби мінімізувати таку невідповідність. Так, спочатку для нього була запропонована назва «велика спайка мозку», а пізніше, після уточнення сфери приналежності цього утворення, воно стало відомим під назвою «спайка нового плаща». Вважаємо, що за своєю суттю остання назва є найбільш прийнятною, оскільки вона однозначно вказує на здійснення за допомогою цієї спайки білої речовини комісурального (асоціативного) зв'язку між контрлатеральними центрами нової кори, які належать до лобових, тім'яних, потиличних і скроневих часток півкуль і не мають прямого відношення до формацій лімбічного мозку. В огляді літератури ми вказали на те, що ці частки півкуль великого мозку розташовані навколо центрально розміщеної частки (у постнатальному періоді прихованої в глибині латеральної борозни), названої острівцем, який не належить до сфери нового плаща, а отже двосторонній комісуральний зв'язок між певними зонами острівцевої кори не входить до складу мозолистого тіла. Це положення саме собою примушує замислитися над місцем острівцевих часток у сфері психічної діяльності людини, на що в літературі є тільки уривчасті вказівки. Проте тут ми обмежуємося лише цим зауваженням, оскільки прямого стосунку окреслена проблема до теми нашої дисертації не має.

Подані вище, узагалі-то відомі, дані дозволяють цілеспрямовано підійти до визначення предмета нашого дослідження – мозолистого тіла.

Однак, відомості про це утворення залишаються ще недостатньо конкретизованими, оскільки його назву можна трактувати як у широкому, так і у вузькому значенні. У широкому розумінні вона означає всю сукупність комісуральних шляхів, які своєрідно (віялоподібно) розпростерті у білій речовині півкуль великого мозку серед суто асоціативних (у межах однієї півкулі) і проєкційних трактів. Тут ми детально не зупинятимемося на їх описі, оскільки вони загальновідомі та розглянуті в нашому огляді літератури [35, 37, 79]. Говорячи про мозолисте тіло у вузькому значенні, зазвичай, розуміють проміжну між двома півкулями, щільно сконцентровану масу цих комісуральних провідників, що має відому своєрідну форму. При грубому наближенні мозолисте тіло можна представити у вигляді товстої пластинки білої речовини, розташованої між двома рідинними відсіками; з одного боку від нього (згори) циркулює спинномозкова рідина підпавутинного простору, а з іншого (знизу) – спинномозкова рідина бічних шлуночків. Відповідно до цього в мозолистому тілі виділяються дві поверхні – верхня та нижня, рельєф яких, як нами показано, заслуговує особливої уваги. Саме це утворення в цілому й слід мати на увазі під назвою «мозолисте тіло», яке у своєму повному змісті є предметом наших наукових інтересів, продиктованих украй мізерними відомостями про нього в літературі, у чому ми змогли переконатися у процесі різнобічних морфологічних досліджень, результати яких викладені в попередніх розділах нашої дисертації. У цих розділах окремо подано фактичний аналіз різних аспектів морфологічної будови мозолистого тіла людини з урахуванням її індивідуальних, статевих і вікових змін. Тепер нам потрібно провести узагальнення отриманих результатів із виділенням серед них вузлових, найбільш науково значимих положень, які претендують на якісно нове осмислення структурно-функціональної організації комісуральних провідників у складі мозолистого тіла. Для цього спочатку ми повинні мати в розпорядженні початкові, базисні дані про його будову, стійкого стану дефінітиву якої мозолисте тіло набуває у людей зрілого віку.

Передусім слід вказати на основні методичні підходи для прямого анатомічного знайомства з мозолистим тілом [27]. Найбільш доступною для візуального спостереження є його верхня поверхня, хоча для її прямого огляду доводиться видаляти значні частини лобових, тім'яних і потиличних часток. Найважчим виявляється доступ до нижньої поверхні мозолистого тіла, оскільки отримати його можна після руйнування усього стовбурового відділу головного мозку, до чого ми у своїй роботі не вдавалися, обмежуючись виділенням тотальних препаратів цього утворення з верхнього боку головного мозку. Звісно, що усі ці операції ставали можливими після попередньої фіксації мозолистого тіла в розчині формаліну. Ще одним, найбільш доступним і найбільш поширеним методом анатомічного вивчення мозолистого тіла, є розтин головного мозку міжпівкульною поздовжньою щілиною за допомогою спеціально призначеного для цього секційного ножа, внаслідок чого на медіальній поверхні кожної з півкуль доступною для безпосереднього вивчення стає відповідна половина мозолистого тіла у своїй найбільш відомій формі, що нагадує скобу, яка знаходиться між склепінчатою звивиною та ростральним відділом стовбура головного мозку. Ця форма серед дослідників відома під назвою сагітального профілю зрізу мозолистого тіла. Цілком зрозуміло, що вивчення мозолистого тіла в такому однобічному ракурсі не може претендувати на повне охоплення його будови, хоча дані, подані в літературі, обмежуються тільки зазначеним підходом. Результати наших досліджень показують, що при цьому обов'язково необхідно враховувати морфологічні особливості усієї форми мозолистого тіла, важливі риси якої відбиті в рельєфі верхньої та нижньої його поверхні. Окрім того, як виявилось, за ними можна визначити широтні межі міжпівкульного відділу мозолистого тіла. Найбільш цікавою у цьому відношенні є його верхня поверхня, особливо деякими характерними рисами свого зовнішнього рельєфу.

У літературі ці утворення добре відомі під назвою поздовжніх (присередніх і бічних) та поперечних смуг; і якби ми мали в розпорядженні

досконалі дані літератури про їх морфофункціональну сутність, опис якої, як правило, обмежується тільки загальними зауваженнями, то не було б потреби надавати їм особливої уваги [146]. Нас не могло задовольнити існуюче уявлення про те, що поздовжні смуги належать до утворень лімбічного мозку, а поперечні є зовнішнім проявом нервових волокон, які проходять у мозолистому тілі; хоча вже на підставі цього можна вважати, що останні повністю належать до складу мозолистого тіла, тоді як перші – його тільки супроводжують. Будучи формально правильним, таке занадто загальне уявлення викликає цілу низку запитань, на які в літературі відповіді відсутні. Наприклад, якою може бути відповідність між товщиною нервових волокон, що пролягають через мозолисте тіло, і поперечними смугами, ширина яких, як нами встановлено, перебуває в межах від 2 до 3,3 мм. Очевидно, що їх параметри є абсолютно не порівнюваними. Тому перед нами стає завдання знайти цьому пояснення. Щодо поздовжніх смуг, то нами встановлено, що вони, будучи пучками нервових волокон, не просто пролягають по верхній поверхні мозолистого тіла, а тісно з ним консолідовані. Звісно, у нас виникає бажання з'ясувати, якою мірою відбувається та у чому полягає така консолідація, оскільки в літературі ми не знайшли потрібного роз'яснення. До цього питання ми повернемося пізніше. А зараз у плані загального ознайомлення з анатомічною формою мозолистого тіла нагадаємо викладені в четвертому розділі відомості, де ми пропонуємо вважати крайовими межами вільної (міжпівкульної) частини мозолистого тіла бічні поздовжні смуги, що пролягають його верхньою поверхнею і за відстанню між якими можна говорити про ширину аналізованого утворення. Було встановлено, що у людей зрілого віку вона індивідуально варіює в межах від 9 до 20 мм. При цьому характер індивідуальної зміни ширини мозолистого тіла у жінок більш різноманітний порівняно з чоловіками.

Під час загального ознайомлення з нижньою поверхнею мозолистого тіла слід відзначити, що в літературі також є упущення щодо опису її зовнішнього рельєфу. Говорячи точніше, згідно з наявними анатомічними

описами вона представляється гладкою, але зв'язаною по серединній площині з прозорою перегородкою та тілом мозкового склепіння, які прийнято відносити до системи лімбічного мозку [29, 40, 148]. Цікавим є те, що прозора перегородка за лінією прикріплення до нижньої поверхні мозолистого тіла в точності співпадає проекцією з розташованою на його верхній поверхні присередньою поздовжньою смугою. Мимоволі виникає враження, що прозора перегородка, наче проходячи наскрізь мозолисте тіло, виступає на його верхній поверхні. Насправді, як ми вже знаємо, вона не має прямого відношення до внутрішньої структури мозолистого тіла. Проте лінія її прикріплення до нього є серединною відміткою на нижній поверхні мозолистого тіла, що більш ширше розпростерта вправо та вліво в порівнянні з поперечним розміром верхньої поверхні мозолистого тіла, крайовими межами якого ми домовилися вважати бічні поздовжні смуги. Повертаючись до інформації, поданої на початку абзацу, важливо відзначити, що нижня поверхня мозолистого тіла (праворуч і ліворуч від лінії прикріплення прозорої перегородки) не є гладкою, на ній цілком розбірливо проглядаються поперечно спрямовані валикоподібні підвищення, подібні до поперечних смуг верхньої поверхні. У такому саме порядку вони прямують у товщу білої речовини півкуль великого мозку, в чому вбачається сегментарний принцип будови мозолистого тіла, а отже, й усіх комісуральних асоціацій. До цього питання ми ще повернемося, а зараз у плані завершення оглядового розгляду анатомічної будови мозолистого тіла настав час ознайомитися з ним іще в одному ракурсі, в якому воно зазвичай фігурує в посібниках з анатомії та використовується дослідниками в практичних інтересах, – це його сагітальний профіль.

Спочатку слід зазначити, що його можна отримати на сагітальних зрізах між двома, як ми домовилися, бічними поздовжніми смугами. Звісно, у такому плані розгляду конфігурація мозолистого тіла буде змінюватися залежно від тих утворень верхньої та нижньої його поверхонь, форма яких змінюється в цих межах, що не враховується при МРТ-дослідженнях. Але

при розгляді загальної форми сагітального профілю мозолистого тіла на вказаний факт можна не звертати уваги.

Без урахування індивідуальної варіативності та статевого диморфізму мозолисте тіло в цьому ракурсі (як на МРТ-зображеннях, так і на посмертних препаратах) за формою нагадує своєрідну скобу з потовщеннями на кінцевих, передньому та задньому, вигинах. Загальновідомо, що переднє потовщення, фігуруючи під назвою коліна, є місцем переходу стовбурового відділу в ростральний, який має форму оберненого вниз і назад дзьоба. Вважається, що цей відділ повністю належить комісуральним зв'язкам між кірковими центрами лобових часток, і отже, відноситься до психомоторної сфери, яка уміщує рухові центри усної та письмової мови. Щодо заднього потовщення стовбура мозолистого тіла, яке називається валиком, то через нього зустрічно замикаються комісуральні зв'язки між кірковими центрами потиличних і скроневих часток, що належать переважно до зорових і слухових сприйнять відповідно, які асоційовані із зоровими центрами письмової та слуховими центрами усної мови [16, 81, 186, 187, 213]. Не так однозначно стоїть питання про проміжний відділ мозолистого тіла, який називається його стовбуром. Але на підставі наявних у літературі даних [16, 81, 186, 187, 213] можна говорити, що його передня частина, пов'язана з коліном, належить соматорухомій зоні, а задня, з боку валика, – соматосенсорній. У зв'язку з цим можна припустити наявність у стовбурі мозолистого тіла розмежування між такими різними психосоматичними зонами. На жаль, встановити такий зовнішній морфологічний орієнтир не можливо, хоча наші дослідження призводять до припущення, що умовним пунктом указанного розмежування може вважатися найбільш піднесена точка стовбурового відділу мозолистого тіла. Також даремними виявляються й усі спроби знайти якісь певні морфологічні ознаки, що вказували б на пограничні зони інших його відділів. Тому подане вище суто описове розділення мозолистого тіла на відносні з анатомічної точки зору відділи є корисним тільки в плані загального топографічного орієнтування.

І все-таки попередню інформацію про індивідуальну варіативність мозолистого тіла можна отримати шляхом простого візуального аналізу його фотозображень у відповідних вибірках МР-томограм і посмертних натуральних (анатомічних) препаратів. Незважаючи на певну суб'єктивність, результати такої якісної оцінки виявилися корисними в плані ознайомлення із загальними анатомічними рисами його сагітального профілю [22, 24, 25, 30, 32, 34, 38, 39, 85, 88, 147]. Передусім отримані уявлення про мозолисте тіло за двома різними форматними зображеннями дають підстави говорити про відсутність будь-яких суттєвих конфігураційних відмінностей у прижиттєвому та посмертному його станах, що знайшло обґрунтування в першому і другому підрозділах четвертого розділу. Також немає необхідності у подробицях повторно викладати дані про статевий диморфізм зовнішніх контурів сагітального профілю мозолистого тіла, оскільки варіанти, якими вони різняться серед чоловіків і жінок, не настільки показові, щоб служити характерними ознаками статевої відмінності. Можна сказати так: їх виявлення стає можливим тільки у випадку, коли нам відома приналежність цих варіантів до відповідної вибірки зображень. Але упевнено говорити про статеву приналежність окремо взятої навмання форми мозолистого тіла не доводиться, оскільки вона у випадковому порядку зустрічається як у чоловіків, так і у жінок. Інакше кажучи, статеві відмінності загальної конфігурації сагітального профілю мозолистого тіла приховуються у великому розсіяному різноманітті.

Це різноманіття його зовнішнього контуру (конфігурації) фенотипічно визначається за рахунок різного ізометричного поєднання у процесі онтогенезу змінної форми окремих частин мозолистого тіла (рострального відділу, коліна, стовбура та валика), а також (що найбільш характерно) за рахунок ступеня вираженості його стовбурової опуклості. За цією ознакою ми виділяємо три його типові форми: низькоопуклі, середньоопуклі та високоопуклі, які перебувають у прямій залежності від довжини мозкового черепа. Слід зазначити, що в кожній вивченій нами варіативній вибірці

чоловіків і жінок зазначені три форми мозолистого тіла розподіляються відносно рівномірно, тобто за ними також не можна судити про його статевий диморфізм. Тут доречно сказати, що якщо ступінь опуклості мозолистого тіла безпосередньо залежить від довжини мозкового черепа, то цілком можливо, що ширина його вільної частини (розміри якої подані нами вище як варіативна відстань між бічними поздовжніми смугами) знаходиться в такій же пропорційній залежності від широтного розміру черепа.

Отже, попередній аналіз конфігураційних особливостей сагітального профілю мозолистого тіла дорослих людей (чоловіків і жінок) зрілого, похилого та старечого віку, проведений на підставі МР-томограм і макрофотографій анатомічних препаратів, виявив численну різноманітність його індивідуальних варіантів із мало вираженими рисами статевого диморфізму [33]. Ми вважаємо, що тут ми маємо справу з випадковими, другорядними морфологічними ознаками, які повністю залежать від умов індивідуального розвитку, а тому не можуть бути показниками психофізіологічних властивостей людини. Це справедливо у випадку, коли форма мозолистого тіла у процесі ембріогенезу не піддалася аномальній деформації або не зазнала змін у процесі певної патології.

Проводячи порівняння двох вибірок площинних зображень сагітального профілю мозолистого тіла людей у прижиттєвому та помертньому станах, ми повинні звернути увагу на той факт, що на відміну від МР-томограм його контурні обриси на макрофотографіях анатомічних препаратів є більш чіткими, реалізуючими деталі, які недоступні для магнітно-резонансної томографії. Якщо при візуальній оцінці форми мозолистого тіла це не має суттєвого значення, то при метричному аналізі повинне позначатися на точності результатів. Приступаючи до нього ми передусім детально ознайомилися з основними, представленими в літературі способами кількісного аналізу мозолистого тіла. При чому ми з'ясували, що одні з них є занадто обмеженими у своїх можливостях [111, 145], а інші – надмірно ускладненими [189]. Для вибору оптимального способу нами був



проведений ґрунтовний геометричний аналіз сагітального профілю мозолистого тіла, який детально описано у другому та доповнено у третьому розділах дисертації. У результаті була визначена найбільш доцільна кількість лінійних дистанцій, із яких одні є загальноприйнятими, а інші (додаткові) уведені нами вперше. До останніх належать висота мозолистого тіла й окремо дві частини його стовбурового відділу під назвою переднього та заднього стегон, що дало можливість уточнити справжню довжину цього утворення в порівнянні з його укороченою поздовжньою дистанцією, яку ми називаємо «стягуючою хордою». Співвідніши між собою метричні значення цих прямолінійних дистанцій, ми добилися більш точної цифрової формалізації сагітального профілю мозолистого тіла, виразивши його форму в порівнюваних індексах, які дозволяють більш достовірно судити про індивідуальну варіативність статевого диморфізму мозолистого тіла у віковому аспекті.

Окрім того наш морфометричний аналіз відрізняється від відомих аналогів більш суттєвим доповненням, призначення якого є отримання не лише лінійних показників, але й планіметричної (двомірної) характеристики сагітального профілю мозолистого тіла, для чого сьогодні є адекватні комп'ютерні програми. Нам не зрозуміло, чому інші дослідники не скористалися такою можливістю, адже з простих міркувань цей метричний показник є найбільш інформативним, оскільки він вказує на об'єм, яким гранично обмежується певна множинна сукупність комісуральних нервових провідників.

По-перше, розбіжності за усіма метричними параметрами між МРТ-зображеннями і макрофотографіями посмертно фіксованих у формаліні препаратів мозолистого тіла мають місце, але вони є поваріантно рівновеликими, такими, що перебувають у межах середньоарифметичних відхилень. При цьому метричні дані, отримані при вимірі макрофотографій анатомічних препаратів мозолистого тіла, слід вважати більш точними, оскільки їх контури у порівнянні з МР-томограмами є чіткішими. Звичайно,

не можна виключати, що на розмірних показниках анатомічних препаратів мозолистого тіла позначилися деякі аутолітичні посмертні зміни та наслідки формалінової фіксації. Проте, судячи з результатів наших гістологічних досліджень, які викладені в п'ятому та шостому розділах, усі його тканинні структури досить гарно збереглися, у чому можна переконатися на відповідних мікрофотографіях, що ілюструють указані розділи. Отже, у нас немає ніяких підстав сумніватися в тому, що отримані нами результати морфометрії анатомічних препаратів мозолистого тіла наближаються (із певною мірою статистичної погрішності) до його справжнього розмірного значення в нормі. При цьому слід брати до уваги той факт, що мозолисте тіло при своїй природній щільності містить наймінімальнішу кількість сполучної тканини, що гранично обмежує в ньому деформативні зміни, наприклад, у процесі дегідратації при виготовленні відповідних гістологічних препаратів.

По-друге, при загальній оцінці цифрових даних морфометричного аналізу сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків і жінок II періоду зрілого віку (як у МРТ-форматі, так і за фотодокументацією анатомічних препаратів), які подані в однотипних матрицях зведених таблиць третього та перших двох підрозділів четвертого розділів, легко виявляється великий розкид індивідуальних (як лінійних, так і планіметричних) розмірних показників. Особливо слід відзначити, що цей цифровий розкид має розсіяний, іррегулярний характер розподілу за окремими віковими групами, який не має ніякої залежності від вікової хронології. Ми вважаємо, що така метрична індивідуальна варіативність на відміну від конфігураційної має бути детермінована генетичним статусом людей. Не виключено, що це якоюсь мірою пов'язане з їх психофізіологічними властивостями.

По-третє, ще одним аспектом загальної розмірної характеристики мозолистого тіла є виявлення прихованих у великому індивідуальному різноманітті метричних параметрів, які вказують на його статевий диморфізм. Після завершення аналізу морфометричних даних усього дослідженого матеріалу ми упевнилися, що отримані в цьому відношенні

результуючі висновки щодо вивчення МР-томограм чоловіків і жінок II періоду зрілого віку, які представлені в завершальній частині третього розділу, можна застосувати й для анатомічних препаратів сагітального профілю мозолистого тіла. Нагадаємо, що з усіх лінійних метричних показників достовірно інформативним є розмір його фактичної довжини, який нами обчислюється шляхом підсумовування довжин двох його стегон. Так, у чоловіків фактична довжина мозолистого тіла в середньому (близько 84 мм) приблизно на 4 мм перевищує таку ж у жінок. При цьому індивідуальна варіативність як фактичної довжини, так і окремо двох стегон мозолистого тіла більше виражена у чоловіків, із чого виходить, що у жінок його розміри є більш стабільними. Статевий диморфізм мозолистого тіла виражається також деякою нерівнозначністю між довжиною його переднього та заднього стегон; у чоловіків останнє в середньому приблизно на 4 мм довше, ніж у жінок. Звісно, що переднє стегно у них знаходиться в пропорційно зворотному відношенні. Мимоволі виникає питання: чи маємо ми право на цій підставі говорити, що у чоловіків більш розвинута соматосенсорна система, а у жінок – соматорухома? Дати відповідь на це питання можна тільки шляхом цілеспрямованих досліджень за допомогою методів магнітно-резонансної томографії у прижиттєвому стані.

Щодо інших лінійних розмірів мозолистого тіла, таких як товщина його коліна, стовбура та валика, то їх значення при характеристиці статевого диморфізму виявляються зовсім неінформативними. Непоказовими тут є і його довжинно-висотні індекси, які повністю залежать від розмірів і форми мозкового черепа. Це очевидно, якщо врахувати, що у чоловіків зустрічаються черепи жіночого типу, а у жінок – чоловічого. Тепер стає зрозумілим, що та неоднозначність, яка є в літературі з приводу статевої відмінності розмірів мозолистого тіла, породжена невідповідним меті підбором лінійних параметрів. Автори обмежуються переважно тільки поздовжнім розміром, який доповнюється товщинними розмірами його відомих відділів, що є прикладом украй спрощеного морфометричного

підходу [111, 145]. Але ми знаємо, що і надто складні математичні операції суттєво не підвищують точності результатів [189].

Та все ж, не зважаючи на усю інформативність уведеної нами одиниці лінійного розміру фактичної довжини сагітального профілю мозолистого тіла, її недостатньо, щоб судити про нього у більш повному обсязі. Адже в такому зрізі мозолисте тіло має складну за конфігурацією тілесну площу, у межах якої щільно сконцентрована величезна безліч комісуральних нервових провідників. Навряд чи підлягає запереченню, що їх кількість у кожного індивідуума генетично детермінована. Згідно з даними літератури формування мозолистого тіла відбувається шляхом послідовної зміни двох процесів, першим із яких є проростання через нього нейритів, що беруть початок від нервових клітин кори протилежних півкуль, а другим – їх мієлінізація. При чому загалом цей взаємний процес завершується до 3 року постнатального життя [67, 115, 145, 240]. Але якщо взяти до уваги дані літератури про настання стабілізації в розвитку великого мозку людини приблизно в 21 рік, то навряд чи упродовж цього часу (із 3 до 21 року) мозолисте тіло буде залишатися незмінним, адже маса головного мозку з віком (починаючи з 3 місяців після народження) збільшується переважно за рахунок прогресивного нарощування білої речовини, певна частина якої належить комісуральним зв'язкам. При цьому необхідно враховувати, що процес проліферації нервових волокон під час розвитку мозолистого тіла спочатку є дещо надмірним, що нівелюється процесом їх «проріджування» (прунінгом), який здійснюється, мабуть, за допомогою генетичних механізмів. Інакше кажучи, сьогодні в усьому цьому розібратися надзвичайно складно, оскільки у літературі залишається чимало не з'ясованих до кінця питань. Але так чи інакше, за словами деяких авторів, у мозолистому тілі дорослої людини зосереджено близько  $10^6$  мієлінізованих нервових волокон [3, 16, 81, 94, 95, 101], що ми не можемо не підтвердити, ні спростувати, оскільки на практиці, як було нами показано при гістологічних дослідженнях, підрахувати їх навіть у відносному значенні неможливо. Але

при постійній товщині та щільності концентрації цих нервових волокон, що нами описано у п'ятому розділі, можна говорити про існуючу пряму залежність між їх кількістю та площею сагітального профілю мозолистого тіла, яка, як нами встановлено, має схильність до індивідуальних і статевих змін. Окрім того, нами зареєстрована тенденція до її зменшення на переході від зрілого до похилого віку, що повинно бути пов'язано з інволютивними процесами. У деталях усе це проаналізовано в перших двох підрозділах четвертого розділу.

Узагальнюючи результати планіметричного аналізу сагітального профілю мозолистого тіла, із метою їх більш розбірливого сприйняття ми розглянемо окремо існуючі відмінності між чоловіками та жінками. Нагадаємо, що для вивчення мозолистого тіла чоловіків було використано 20 МР-томограм (у віці від 36 до 60 років) і 65 анатомічних препаратів (у віці від 22 до 73 років). Останні були розподілені за трьома віковими групами: I період зрілого віку (20 препаратів за віковою градацією від 22 до 35 років); II період зрілого віку (25 препаратів – від 37 до 60 років) і третя група – період похилого віку (20 препаратів – від 61 до 73 років).

Враховуючи в цілому вікову відповідність між вибіркою МР-томограм і анатомічних препаратів мозолистого тіла чоловіків II періоду зрілого віку та близьке значення співмірності їх планіметричних показників, ми по суті обмежимося тільки розглядом результатів останніх. Передусім при загальній оцінці результатів планіметричного аналізу сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків, ми звертаємо увагу на те, що в межах кожної вікової групи окремо реєструється великий розкид індивідуальних цифрових значень і хаотичний, іррегулярний характер їх розподілу, який абсолютно не залежить від внутрішньогрупової вікової хронології. Ця особливість розкиду планіметричних даних виявляється більш доступною для сприйняття в розподілі їх мінімальних і максимальних значень. Так, у I періоді зрілого віку мінімальне значення площі мозолистого тіла округлено дорівнює 559 мм<sup>2</sup>, тоді як максимальне – 931 мм<sup>2</sup> (середньоарифметичне значення

747,5±110,4 мм<sup>2</sup>). У II періоді зрілого віку спостерігаються дещо менші показники; якщо мінімальне значення виявляється рівним 412 мм<sup>2</sup>, то максимальне – 868 мм<sup>2</sup> (середньоарифметичне – 684,7±130 мм<sup>2</sup>). У похилому ж віці ми знаходимо їх у діапазоні між 441 і 867 мм<sup>2</sup> (середньоарифметичне значення – 650,2±121,9 мм<sup>2</sup>), що приблизно зіставляювано з попереднім періодом і помітно поступається I періоду зрілого віку, (p<0,05).

Таким чином, на підставі цих даних ми констатуємо, що між I і II періодами зрілого віку чоловіків спостерігається помітна сходинка до зменшення площі сагітального профілю мозолистого тіла. Постає питання: чи правомірно на цій підставі робити висновок про початок інволютивних процесів у мозолистому тілі на зазначеному етапі розвитку головного мозку, який вважається стабільним і найбільш продуктивним в інтелектуальному відношенні? Зараз ми вважаємо розумним утриматися від такого висновку. Цілком можливо, що пояснення цієї відмінності між планіметричними показниками мозолистого тіла I та II періодів зрілого віку слід віднести до кількісної недостатності відповідних вибірок його анатомічних препаратів, адже розмірні показники аналізованого утворення, як було відзначено вище, характеризуються великою індивідуальною різноманітністю.

Та все ж при розгляді в загальному кількісному масиві спостережень, що складають 65 препаратів у віці від 22 до 73 років, є підстави говорити про існуючу генеральну тенденцію до невеликого зменшення мозолистого тіла чоловіків із віком. Це може здатися таким, що суперечить нашому попередньому висновку про відсутність прямої залежності між віком і розмірною індивідуальною варіативністю мозолистого тіла. Проте необхідно розуміти, що в останньому випадку йдеться про внутрішньогруповий іррегулярний розкид метричних показників за віковою шкалою, у якій прихована тенденція до загальногрупової зміни. Але обговорення питання про вікову зміну мозолистого тіла на цьому не закінчується; до нього ми ще повернемося при аналізі його метричних особливостей у жінок.

Переходячи до обговорення результатів морфометричного аналізу сагітального профілю мозолистого тіла жінок нагадаємо, що він здійснений на матеріалі 20 МР-томограм (від 36 до 55 років) і 79 анатомічних препаратів, які розподілені за віковими групами таким чином, що I період зрілого віку склало 12 препаратів, II період зрілого віку – 19 препаратів, і ще два наступні періоди (похилий і старечий) представлені 24 препаратами кожен, тобто їх загальна кількість у порівнянні з препаратами чоловіків виявилася більшою за рахунок періоду старечого віку. Слід зазначити, що призначення вибірки МР-томограм мозолистого тіла (як жінок, так і чоловіків) полягало в необхідності вирішення наступних завдань:

1 – для отримання загального уявлення про форму мозолистого тіла в його прижиттєвому стані;

2 – із метою встановлення ступеня його розмірної відмінності в порівнянні з зіставляваними вибірками анатомічних препаратів (II період зрілого віку);

3 – для попереднього встановлення морфометричних ознак його статевого диморфізму в цій віковій групі.

Що ж до загальної оцінки усього масиву отриманих метричних параметрів сагітального профілю мозолистого тіла жінок віком від 26 до 90 років, то тут ми можемо обмежитися формулюванням, яке було дано раніше при відповідному аналізі мозолистого тіла чоловіків віком від 22 до 73 років. Тобто, розподіл усіх лінійних і планіметричних показників мозолистого тіла жінок характеризується іррегулярним характером, який зафіксований у випадковому розкиді мінімальних і максимальних значень, що не мають (у межах окремих вікових груп) прямої залежності від вікової градації. Це означає, що не за одним окремо взятим індивідуальним варіантом не можна говорити про його статеву приналежність.

У той же час, як було показано в другому підрозділі четвертого розділу, різниця між середньоарифметичними значеннями усіх метричних параметрів мозолистого тіла жінок II періоду зрілого віку в прижиттєвому та

посмертному станах, також як і у чоловіків, є цілком прийнятною для того, щоб мати в розпорядженні відправні дані при з'ясуванні ступеня розбіжності розмірності між мозолистим тілом чоловіка та жінки.

Цей аналіз із урахуванням усіх метричних параметрів мозолистого тіла в принципі можна здійснити, проте він виявиться не виправдано трудомістким, а у широті його охоплення загубляться ключові метричні показники статевої відмінності. Виходом із такого становища, як було вказано вище, стало використання уперше уведених нами у практику морфометрії мозолистого тіла вимірів загальної площі його сагітального профілю. Дійсно, саме цей показник перебуває в прямому співвідношенні з кількістю поперечних профілів мієлінізованих нервових волокон, які складають указану спайку білої речовини великого мозку.

Звернемося до конкретних даних. Так, якщо у чоловіків II періоду зрілого віку середнє значення загальної площі сагітального профілю анатомічних препаратів мозолистого тіла дорівнює  $684,7 \pm 130,0$  мм<sup>2</sup>, то у жінок воно відповідає  $621,2 \pm 120,8$  мм<sup>2</sup>, тобто у жінок у тому ж віковому періоді площа мозолистого тіла приблизно на 64 мм<sup>2</sup> менше від такої ж чоловіків. У зв'язку з цим правомірним буде зауваження, що така різниця не виходить за межі середньоарифметичного відхилення. Але, оскільки при планіметричному аналізі мозолистого тіла у МРТ-форматі були отримані результати, які також вказують на деяке переважання площі його сагітального профілю у чоловіків, ми маємо усі підстави погодитися з наявністю такої статевої нерівнозначності, яка, до речі сказати, відзначена й іншими дослідниками. При цьому не можна упустити і той, засвідчений у третьому розділі, факт, що зазначена різниця між загальною площею сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків і жінок більшою мірою знаходиться в прямій залежності від довжини його стовбурового відділу, ніж від інших лінійних показників. У той же час слід зазначити, що статевий диморфізм мозолистого тіла виражається також деякою нерівнозначністю між довжинними розмірами його переднього та заднього стегон: у чоловіків



останнє в середньому приблизно на 4 мм довше, ніж у жінок. На підставі цього ми припустили, що така метрична нерівнозначність між двома умовно прийнятими відділами стовбура мозолистого тіла може вказувати на наявність статевого диморфізму, який виражається в пануючій перевазі у чоловіків соматосенсорної сфери над соматомоторною; можливо, що у жінок указані співвідношення зрушені дещо у зворотному напрямку.

Говорячи про статевий диморфізм мозолистого тіла, не можна обійтися без деяких обмовлень і пояснень. Передусім необхідно взяти до уваги, що більшість авторів із цього питання мають не зовсім чітко визначену позицію. Хоча чимало з них наводять дані на користь деякого переважання розмірів мозолистого тіла у чоловіків у порівнянні з жінками, проте не усі конкретні результати, подані в роботах, є досить переконливими, щоб вважатися безсуперечними. Тут слід згадати публікації А.Н. Бирюкова [111], М. Fabri та співавт. [178, 186, 278], а також інших авторів [159, 165], у яких наявні взаємовиключні висновки. Переважно розгляд питання про статевий диморфізм обмежується вивченням вікового періоду від 5 до 25 років. При цьому відзначається, що збільшення розмірів мозолистого тіла у хлопчиків (початковою віхою є 6-8 місяців постнатального життя) відбувається на 1-2 роки пізніше, ніж у дівчаток. Таке відставання у хлопчиків пов'язують із розвитком нейронних зв'язків, що відповідають за асоціативне мислення та мовні функції. Згідно з даними E. Luders, P. M. Thompson, A. W. Toga [221] мовна міжпівкульна асиметрія неухильно зростає в період від 5 до 20 років, стабілізуючись у віці 20-25 років, після чого поступово зменшується у міру старіння організму. Але при цьому єдиним метричним критерієм при оцінці розмірів мозолистого тіла у авторів є його товщина. Звісно, виникає питання: товщина якого його відділу? Очевидно, що на підставі тільки цього єдиного значення питання про статевий диморфізм мозолистого тіла не може бути з'ясованим. Результати наших досліджень показали, що воно не вирішується і за допомогою сукупності розхожих у літературі лінійних розмірів, що і спонукало нас на початку планування роботи вдатися до більш роздільного

та максимально повного охоплення розмірних параметрів його сагітального профілю. Найбільш показовими з них виявилися уперше уведені нами розміри фактичної довжини мозолистого тіла, яка визначається за сумою довжин його двох стегон (переднього та заднього), і, особливо, його планіметричні виміри. Завдяки тільки цим нововведенням нам вдалося уперше представити повну, реальну в цифровому вираженні характеристику мозолистого тіла людей зрілого, похилого та старечого віку, а також виявити статеву відмінність його розмірів. Слід зазначити, що така відмінність більш достовірно визначається при морфометричних дослідженнях сагітального профілю анатомічних препаратів мозолистого тіла в порівнянні з такими ж МРТ-зображень, оскільки на останніх його контури є дещо розмитими. Ми вважаємо за необхідне сказати, що судячи з результатів патентно-інформаційного пошуку, а також усебічного огляду літератури, здійснені нами морфометричні дослідження такої великої кількості початкового матеріалу, що складається зі 144 анатомічних препаратів головного мозку людей, у світовій літературі аналогів не має. Використані разом із ними МР-томограми мозолистого тіла були взяті тільки для перевірки ступеня відповідності між двома його станами– прижиттєвому та посмертному, а також із метою демонстрації того, що методи магнітно-резонансної томографії при усій своїй функціональній цінності у вивченні головного мозку неспроможні розрізнити багато детальних подробиць його будови. А тому вони потребують коригування за допомогою традиційних морфологічних методів, про що йшлося в третьому підрозділі четвертого розділу і що підлягає подальшому обговоренню.

Що ж до інтерпретації факту про дещо менше за розмірами мозолисте тіло жінок у порівнянні з таким же чоловіків, то ми в цьому не вбачаємо нічого, що давало б підстави говорити про якусь якісну психофізіологічну відмінність між ними, тим паче якщо йдеться про інтелектуальну сферу. Адже цю відмінність повноправно можна поставити в пряму залежність від різниці середньої маси між головним мозком чоловіка та жінки, а, як нам

відомо, інтелектуальні здібності людини не мають прямої кореляції з об'ємом головного мозку. Хоча один аспект указаної проблеми все ж не може розглядатися так прямолінійно. Зокрема йдеться про індивідуальну варіативність загальної конфігурації та розмірів мозолистого тіла, яка, на думку деяких авторів [59, 153, 201, 202], багато в чому залежить від інтелектуальних здібностей і творчих схильностей людей. У літературі з цього приводу відзначається, що у видатних особистостей мозолисте тіло дещо більше в порівнянні зі звичайними людьми. Може воно і так, але сьогодні конкретних підтверджень цьому немає. Ми вважаємо, що зазначене положення може бути перевірене за допомогою функціональних методів магнітно-резонансної томографії.

З'ясувавши питання про індивідуальну варіативність і статевий диморфізм мозолистого тіла людей зрілого, похилого та старечого віку, нам залишається узагальнити результати, що стосуються вікового аспекту обговорюваної проблеми. Нагадаємо, що згідно з даними літератури початок розвитку мозолистого тіла датується початком 3 місяця внутрішньоутробного життя, що відповідає початку плодового періоду. Подальше формування його полягає в послідовній зміні двох процесів, першим із яких є проростання через нього нейритів, що беруть початок від нервових клітин кори протилежних півкуль. Поступове кількісне збільшення нейритів у мозолистому тілі у стані розвитку поширюється в передньо-задньому напрямку, тобто від рострального його відділу до спленіального, завершуючись вже після народження – до 3 року постнатального життя. Другий процес, який починається відразу після народження (у перинатальному періоді), полягає в мієлінізації передіснуючих у мозолистому тілі нейритів. При цьому, якщо процес кількісного наростання останніх має передньо-задній вектор, то процес їх мієлінізації відбувається у зворотному напрямі – від валика до коліна.

Найбільш інтенсивне зростання мозолистого тіла за рахунок мієлінізації волокон відзначається в інтервалі між 6-8 місяцями і 3 роками

постнатального життя. Отже, згідно з даними літератури на 3 році постнатального онтогенезу мозолисте тіло отримує повний кількісний склад мієлінізованих нервових волокон. Із цим положенням ув'язуються інші дані літератури, згідно з якими щільність нервових волокон у мозолистому тілі в дитячому віці та у дорослої людини однакова [229, 284].

Але не все тут так однозначно, як може здатися, оскільки є дані про те, що найбільш активний період розвитку мозолистого тіла відбувається в проміжку між 6 і 12 роками, при чому більш виразних значень він набуває під час статевого дозрівання. У той же час відзначається, що у віці 9-10 років (у дівчаток) і 11-12 років (у хлопчиків) розвиток задніх відділів мозолистого тіла починає домінувати над розвитком передніх відділів. Потім, у 15-16 років (у дівчат) і 17-18 років (у юнаків), спостерігається більш виражене зростання його передніх ділянок. Характерно, що з 17-18 років у представників обох статей спостерігається зменшення перешийка мозолистого тіла, ймовірно, за рахунок прунінгу (проріджування) нервових волокон, які сполучають слухові центри мови, що призводить до зменшення міжпівкульних взаємозв'язків у процесі латералізації мовних функцій.

Але як би то не було, згідно з існуючими уявленнями морфофункціональна стабілізація мозолистого тіла настає (як і головного мозку в цілому) у віці 20-25 років, після чого в ньому з'являються ознаки інволютивних процесів [47, 81, 102, 155, 206, 220, 259]. У поданому постулаті можна погодитися з положенням про час стабілізації мозолистого тіла, але не може не викликати сумнівів те, що указаний період є початком його регресу. Дійсно, у літературі відсутні які-небудь цьому підтвердження. Тому матеріал, що є в нашому розпорядженні, може допомогти внести певну ясність із цього питання, оскільки він вміщує результати вивчення мозолистого тіла саме зазначеного вікового періоду. При чому ми можемо обійтися тільки тими результатами, які були отримані при морфометрії його анатомічних препаратів.

Нагадаємо, що в дослідженні було використано 144 препарати. Із цієї кількості 65 препаратів мозолистого тіла належало чоловікам, а інші 79 – жінкам. При цьому, якщо чоловічі препарати обмежувалися трьома віковими групами (I період зрілого віку – 20 препаратів; II період зрілого віку – 25 препаратів; період похилого віку – 20 препаратів), то загальна жіноча вибірка уміщувала додатково ще і препарати періоду старечого віку. Слід зазначити, що кількісний розподіл препаратів за віковими групами був цілком достатнім для отримання орієнтовних статистичних даних.

Аналіз результатів багатofакторного морфометричного аналізу сагітального профілю анатомічних препаратів мозолистого тіла чоловіків і жінок у розгорнутому вигляді проведений у першому та другому підрозділах четвертого розділу дисертації. У розглянутому нами аспекті все зводиться до того, що в межах окремо взятих вікових груп, не залежно від статі, практично не видається можливим знайти пряму кореляцію між будь-якими метричними параметрами мозолистого тіла та віковою хронологією, що ми не раз уже відзначали. Але при міжгруповому зіставленні середньоарифметичних значень загальної площі його сагітального профілю все ж таки вдається помітити деяку тенденцію до її зменшення. Виразніше це можна побачити на діаграмах, представлених у першому та другому підрозділах четвертого розділу, при з'єднанні прямою лінією середньоарифметичних значень двох у край протилежних вікових періодів (I періоду зрілого віку та періоду похилого віку в чоловіків, I періоду зрілого віку та періоду старечого віку в жінок). Як було вже зазначено вище, невеликий ухил до зменшення загальної площі сагітального профілю мозолистого тіла у чоловіків виявляється більш переконливим, тоді як у жінок він є небеззаперечним. Справа в тому, що в похилому віці площа мозолистого тіла жінок стає найбільш максимальною, перевищуючи таку ж двох попередніх періодів (I і II періодів зрілого віку). Ми вважаємо, що причиною цього є випадкова варіативність вибірки анатомічних препаратів зазначеної вікової групи, у якій зрушення було у бік максимальних розмірів

мозолистого тіла. Таке припущення підтверджується у ході зіставлення характеру розподілу мінімальних і максимальних значень загальної площі мозолистого тіла у цій віковій групі з іншими. Якщо ж ми, ігноруючи дані аналізованої групи, з'єднаємо прямою лінією середньоарифметичні значення площі мозолистого тіла жінок I періоду зрілого віку та періоду старечого віку, то ми помітимо у них приблизно такий же інволютивний ухил, що і у чоловіків. Ми розуміємо, що в наших міркуваннях можна побачити деяку упередженість. Але вона не безпідставна в тому розумінні, що ми оперували випадковими й обмеженими у кількості вибірками об'єктів, які відрізняються великою варіативністю. Вважаємо, що з наближенням до генералізованої вибірки нами були б отримані більш переконливі результати про інволютивний ухил мозолистого тіла як у чоловіків, так і у жінок. Але порівнюючи їх між собою, відзначимо, що у чоловіків тенденція до зменшення площі сагітального профілю мозолистого тіла при старінні організму має більш явний характер і починається дещо раніше, ніж у жінок. При цьому необхідно враховувати, що такий висновок повністю узгоджується із загальновідомими даними про зменшення загальної маси головного мозку людини у міру її старіння. На жаль, ми не можемо сказати, у якому саме віці починається цей процес, але маємо підстави стверджувати, що указаний перехідний період індивідуально варіює, при чому в значних межах. Тому вказівка в літературі (із неї ми почали обговорення цього питання) на те, що процеси інволюції мозолистого тіла починаються відразу після 21-25 років, не є зовсім безпідставною.

Розібравшись у тому, як виглядає мозолисте тіло людини в одному ракурсі, доступному для вивчення на медіальній поверхні однієї півкулі головного мозку у вигляді свого сагітального зрізу, а також визначивши його метричні параметри та встановивши індивідуальну варіативність їх статевого диморфізму у віковому аспекті, ми перейдемо до обговорення результатів, отриманих при розгляді будови мозолистого тіла на макро-мікроскопічному та мікроскопічному рівні його організації.

Поданий на початку цього розділу короткий нарис про зовнішню будову мозолистого тіла повинен був показати, що це утворення не обмежується тільки комісуральними зв'язками між контрлатеральними кірковими центрами нового плаща, але й якимсь чином асоціює зв'язки з підсвідомою сферою психічної діяльності людини. Прямою вказівкою на це є такі консолідовані з ним утворення, як поздовжні смуги (присередні та бічні), мозкове склепіння та прозора перегородка, які згідно з даними літератури належать до лімбічного мозку [16, 42, 63, 95]. Тому при вивченні мозолистого тіла доводиться враховувати зазначені аспекти. Але спочатку ми повинні обговорити ті отримані нами результати, які стосуються виключно власне мозолистого тіла.

Необхідно відзначити, що на відміну від існуючих у літературі уявлень ми змогли досягти по суті більш глибокого розуміння закономірностей структурної організації мозолистого тіла, починаючи з макроскопічного рівня його вивчення. Так, уперше нам вдалося з'ясувати, що мозолисте тіло є не суцільною, одноманітною сукупністю нервових провідників, а їх багаторівневою, диференційовано впорядкованою у тривимірному просторі організацією. Виявляється, що на доступному для візуалізації неозброєним оком рівні мозолисте тіло складається з інтегрованої множини рівнозначних за структурним складом тяжевих утворень (що проходять із білої речовини однієї півкулі в іншу), які названі нами «комісуральними канатиками» [23, 28]. Саме вони надають рельєфу верхньої та нижньої поверхонь мозолистого тіла характерну поперечну покресленність, що має вигляд невисоких, почергово розміщених підвищень завтовшки від 2 до 3,5 мм. У літературі йдеться тільки про ті, які розміщуються на його верхній поверхні та мають назву поперечних смуг, що не зовсім узгоджується з їх формою, оскільки найчастіше вони нагадують собою валикоподібні підвищення, детально охарактеризовані у третьому підрозділі четвертого розділу. Тут ми тільки скажемо, що за нашими спостереженнями у жінок вони розташовуються в дещо розрідженому стані, таким чином, що між ними знаходяться більш

виражені поглиблення, проте за товщиною ці утворення не мають статевої відмінності.

Таким чином, на підставі викладеного вище ми робимо висновок, що власне мозолисте тіло складається з певної кількості комісуральних канатиків, які візуалізуються на макроскопічному рівні та можуть розглядатися в якості субкальозних одиниць першого порядку. У товщі мозолистого тіла вони розділені між собою сполучнотканинними септами, що складаються переважно з аморфної (колоїдної) речовини, яка розміщена в тонкопетлистій мережі ретикулярних волокон. Слід обов'язково відзначити, що в межах цих септальних прошарків знаходяться кровоносні судини дрібного діаметру, які, як нами встановлено, забезпечують доставку крові до мікросудинного русла суміжних комісуральних канатиків, що детально викладено у шостому розділі дисертації та буде обговорено нижче.

Тепер заслуговує на увагу те, якою мірою і в якій формі відбиваються комісуральні канатики на сагітальних профільних зрізах мозолистого тіла. Слід зазначити, що вивчення мозолистого тіла в такому ракурсі за допомогою методів магнітно-резонансної томографії не дає про це ніякої інформації; його зображення, як правило, виглядають аморфними. Інша картина спостерігається при вивченні анатомічних препаратів мозолистого тіла. На його макрофотографіях, які в достатній кількості фігурують у нашій дисертації, чітко видно, що по усій довжині сагітальний профіль мозолистого тіла виглядає таким, що складається з безлічі стовпчикових за формою члеників, висота яких співвідноситься з товщиною його відповідного відділу, тобто найкоротшими вони є у стовбуровому відділі, а найдовшими – у коліні та валику. Очевидно, що вони є комісуральними канатиками в їх поперечному розрізі. До речі, іноді вони нерозбірливо візуалізуються на деяких МР-томограмах у вигляді звивистої нерівності верхньої поверхні мозолистого тіла, будучи бічним відображенням валикоподібних підвищень, які в літературі називаються поперечними смугами, про що йшла мова вище. На нашу думку, такі зображення (деякі з них розміщені на рисунках третього



розділу дисертації) отримуються при невеликому бічному зсуві сагітального зрізу від серединної площини, що знайшло обґрунтування в третьому підрозділі четвертого розділу.

Отже, у такому ракурсі розгляду, тобто в повному сагітальному профілі, мозолисте тіло можна представити як утворення, що має сегментарний (метамерний) принцип будови. Таке представлення в певному значенні є корисним, оскільки може бути використаним у практиці магнітно-резонансної томографії, особливо у тих випадках, коли дослідження спрямоване на вивчення топічного розмежування комісуральних провідників мозолистого тіла, а отже, на досягнення повноти його функціонального картування, що останніми роками набуває все більшої актуальності [136, 142, 154, 160, 162, 170, 171, 174, 188, 190, 223-225, 231, 234, 235, 252, 262, 266, 271, 273]. Додамо від себе, що ще більшого значення цим дослідженням може надати вивчення питання, що ставить у залежність індивідуальну варіативність розмірних параметрів мозолистого тіла від психофізіологічних властивостей людини.

Логіка подальшого розгляду морфологічних засад мозолистого тіла у загальних рисах нескладна; вона продиктована принципом декомпозиційного аналізу, що передбачає умовне розчленовування складного полімерного органу на окремі співмножинні ієрархічні рівні тривимірної організації, до яких у мозолистому тілі ми відносимо субодиниці комісуральних канатиків, що розглядаються нами разом з їх допоміжними структурами під загальною назвою порціонів нервових волокон. Але правильне розуміння їх конкретної суті вимагає додаткових знань про деякі організуючі компоненти мозолистого тіла.

Для з'ясування цього уявимо собі мозолисте тіло спрощено у вигляді товстої пластинки ущільненої білої речовини, розташованої між двома відсіками спинномозкової рідини (підпаутинного простору та бічних шлуночків). Нами встановлено, що з обох боків (згори та знизу) його власна речовина відокремлена від цих рідинних середовищ двома лімітуючими (що

відмежовують) гліальними оболонками; згори його тісно покриває зовнішня, а знизу – внутрішня. У процесі дослідження ми з'ясували, що зовнішня лімітуюча гліальна оболонка в літературі фігурує під назвою сірого покриття мозолистого тіла, а отже, ніякої ідентифікації його з сірою речовиною головного мозку бути не може. Детальна структура лімітуючих гліальних оболонок показана нами у п'ятому розділі дисертації. Тут ми тільки відзначимо, що бар'єрними клітинними структурами зовнішньої оболонки є фібрилярні астроцити, а внутрішньої – епендимальні клітини [36].

Наступним конструктивним положенням є те, що фібрилярні астроцити зовнішньої лімітуючої оболонки в кластерному порядку прямовисно занурюються в товщу мозолистого тіла у напрямку до його нижньої поверхні, де вони змикаються з відростками епендимальних клітин внутрішньої лімітуючої оболонки. Принципово важливо зрозуміти, що ці взаємно спрямовані проростання двох типів гліальних клітин через товщу мозолистого тіла перебувають у тісній близькості з кровоносними судинами дрібного діаметру, утворюючи навколо них периваскулярні гліальні оболонки, про які мова попереду. Слід зазначити, що одні з них знаходяться у складі сполучнотканинних перегородок, що розділяють між собою комісуральні канатики, тоді як інші, більш численні, містяться у вузьких інтерстиційних прошарках, які пронизують у прямовисному напрямку (від верхньої поверхні мозолистого тіла до нижньої) товщу самих комісуральних канатиків. За рахунок цього останні виявляються покритими темними та світлими прожилками, що чергуються між собою та утворюють у цілому пошарову покресленість. При чому серед рядів тонких світлих смужок, що є інтерстиційними прошарками, простежуються більш виразні за товщиною та щільністю пошарові секції, у межах яких зосереджені сукупності нервових волокон. Саме їх ми називаємо фасцикулярними (пучковими) порціонами комісуральних канатиків мозолистого тіла.

При більш детальному вивченні комісуральних канатиків нами встановлено, що інтерстиційні прошарки, перебуваючи в паралельній

викривленості, виявляються різновіддаленими, через що розташовані між ними фасцикулярні порціони відрізняються змінною товщиною по своїй довжині від верхньої до нижньої поверхні мозолистого тіла. Але більш суттєвим є те, що по усій довжині останні виявляються розчленованими за допомогою бічних відрогів міжфасцикулярних інтерстиційних прошарків на сегментарні одиниці, які регулярно чергуються. Це дає нам підстави говорити, що в межах фасцикулярних порціонів має місце окрема суббезліч нервових провідників, які ми виділяємо під назвою «субфасцикулярних порціонів».

Отже, у межах комісуральних канатиків мозолистого тіла спостерігається складно розгалужена в тривимірному просторі мережа, яка складається з анастомозуючих між собою в певному порядку інтерстиційних щілинних прошарків і служить засобом комунікації для позасудинних мікроциркуляторних процесів.

Тепер звернемо увагу на той уміст, який розділений мережею вказаних вище інтерстиційних прошарків. Звичайно, йдеться про провідні структурні елементи мозолистого тіла, якими є мієлінізовані нервові волокна разом зі своїми супутніми структурами. У цілому на гістологічних препаратах при середніх збільшеннях світлового мікроскопа все, що до них належить, має вигляд базofilних полів, густо покритих численними, кластерно розташованими просвітними комірками, які помилково можна прийняти за поперечні профілі нервових волокон. Насправді в цих комірках розташовані поодинокі клітини, які за цитологічними ознаками розпізнаються як інтерфасцикулярні олігодендроцити. Відомо, що відростки таких клітин, маючи пластинчасту, ламелярну форму, безпосередньо здійснюють формування мієлінових оболонок нервових волокон [16, 94, 101]. При цьому один олігодендроцит, як відомо, бере участь у мієлінізації декількох суміжних нервових волокон, які по довжині пов'язані з численними ланцюгами зазначених гліальних клітин. Такі асоціації інтерфасцикулярних олігодендроцитів із пучками нервових волокон, що їм належать, займають

межі окремих субфасцикулярних порціонів. Але чи є вони граничним, наймінімальнішим рівнем структурної організації комісуральних канатиків мозолистого тіла? У цьому відношенні нам вдалося досягти найбільш глибокого розуміння конструктивного принципу організації провідникових асоціацій мозолистого тіла, що, можна вважати, повинно бути властивим для структурної організації усєї білої речовини центральної нервової системи. В усякому разі те, що нам належить розглянути нижче, може виявитися методологічними, універсальними засадами при більш глибокому вивченні структурної організації її провідних шляхів.

Із метою чіткого розуміння суті цього питання потрібно розібратися в основних існуючих уявленнях про будову білої речовини головного мозку. Як відомо, вона складається не лише з сукупності мієлінізованих нервових волокон, але й організуючих їх спеціалізованих клітинних елементів, якими є дві популяції макроглії, – це фібрилярні астроцити та інтерфасцикулярні олігодендроцити, цитофізіологічні властивості яких добре відомі [81, 94]. До того ж вони детально описані нами у п'ятому розділі дисертації. Згідно з даними літератури у складі мозолистого тіла ці клітинні елементи знаходяться у співвідношенні 1:4 відповідно [94, 101]. Окрім того, нам відомо, що перші з них (фібрилярні астроцити) пов'язані з кровоносними мікросудинами, утворюючи навколо них периваскулярні лімітуючі гліальні оболонки, а другі (інтерфасцикулярні олігодендроцити) безпосередньо асоційовані з нервовими волокнами в межах субфасцикулярних порціонів. Отже, ті й інші гліальні клітини рознесені двома полюсами мікроциркуляторних процесів, що забезпечують трофіку нервових волокон.

Тепер нам необхідно встановити місця розташування в мозолистому тілі основних кровоносних мікросудин. Поки що ми обмежимося тільки тими з них, які здійснюють доставку артеріальної крові до його загального гемомікроциркуляторного русла (артеріоли), а також мікросудинами капілярного типу, які забезпечують обмінні процеси в певних мікрорегіонах. Наші дослідження, результати яких викладено у п'ятому та шостому розділах

дисертації, дозволили встановити, що місцем розташування перших (артеріол) переважно є міжфунікулярні септи, тобто сполучнотканинні перегородки, які розділяють між собою комісуральні канатики, про що ми згадували вище. Що ж до мікросудин капілярного типу, то вони розосереджені в товщі комісуральних канатиків, утворюючи петлі в міжфасцикулярних інтерстиційних прошарках та їх бічних відрогів і оточуючи субфасцикулярні порціони [26, 149]. При цьому особливого значення набуває той факт, що в межах останніх, безпосередньо серед нервових волокон, кровоносні мікросудини відсутні. Слід мати на увазі, що найхарактернішою морфологічною особливістю таких порційних сукупностей є наявність у них кластерно розташованих комірок, у яких розміщуються, як було вказано вище, тіла (перикаріони) інтерфасцикулярних олігодендроцитів. Це зобов'язує розуміти, що в певному об'ємі субфасцикулярних порціонів інтерфасцикулярні олігодендроцити мають чітко впорядковане розосередження серед мінімальних сукупностей мієлінізованих нервових волокон. У зв'язку з цим нам слід було з'ясувати, по-перше, чи пов'язані такі клітини між собою, і, по-друге, як вони співвідносяться з зазначеними мінімальними сукупностями нервових волокон.

Відповідь на перше питання допомагає дати констатований нами факт про те, що комірки, в яких містяться інтерфасцикулярні олігодендроцити, з'єднуються між собою за допомогою щонайтонших тунельних інтерстиційних щілин, формуючих у субфасцикулярних порціонах своєрідну розгалужену мережу, окремі комірки якої, як було нами досконально встановлено, мають полігональну (пента- або гексагональну) форму. Є підстави вважати, що в цих тунельних інтерстиційних щілинах знаходяться відростки розташованих у кутах окремих комірок інтерфасцикулярних олігодендроцитів, що контактують між собою. Виходячи з цього, ми вважаємо за доцільне виділяти в мієлоархітектоніці мозолистого тіла наймінімальніші субмножини під назвою «стільникових порціонів», які

погранично розділені мікроскопічними тунельними щілинами. У зв'язку з тим, що в указаних зонах, як було зазначено вище, відсутні обмінні кровоносні мікросудини, ми вважаємо, що вказаними тунельними щілинами здійснюється просочування інтерстиційної рідини, яка поступає із зони міжфасцикулярних прошарків, де локалізуються її джерела (обмінні кровоносні мікросудини). До цього питання нам ще доведеться повернутися після того, як ми з'ясуємо співвідношення інтерфасцикулярних олігодендроцитів із нервовими волокнами в межах окремих стільникових порціонів.

Принципово це питання не належить до особливо складних, оскільки загальновідомо, що інтерфасцикулярні олігодендроцити своїми відростками, які мають пластинчасту (ламельарну) форму, безпосередньо здійснюють формування мієлінових оболонок нервових волокон. При чому один олігодендроцит бере участь у мієлінізації декількох суміжних нервових провідників (відростків нервових клітин), які по усій довжині пов'язані з численними ланцюгами цих гліальних клітин. Такі асоціації олігодендроцитів із пучками нервових волокон, що їм належать, займають суміжні місця серед стільникових порціонів. Ця картина нами доповнюється ще й тим, що інтерфасцикулярні олігодендроцити мають у розпорядженні відростки другого типу, які, як нами показано, розміщуються у вузьких тунельних інтерстиційних щілинах, що у вигляді мережі замикаються навколо стільникових порціонів. Тут ми звертаємо увагу, що в межах останніх нервові волокна перебувають між собою у таких тісних стосунках, що вільна циркуляція інтерстиційної рідини між ними практично виключається. Ми дійшли до цього висновку в процесі усебічного аналізу результатів, отриманих за допомогою різних комбінованих гістологічних методів, про які в подробицях йшлося в п'ятому розділі дисертації. Слід зазначити, що в літературі вказане питання у такому формулюванні не розглядається, у зв'язку з чим воно набуває ключового значення в розумінні того, яким чином здійснюється трофіка тих мінімальних сукупностей

мієлінізованих нервових волокон, які розподілені в мозолистому тілі стільниковими порціонами. Зараз ми пропонуємо гіпотезу, яку можна перевірити у подальшому за допомогою трансмісійної та скануючої мікроскопії з попереднім уведенням до організму відповідних маркерів у експерименті на тваринах. Згідно з нашим припущенням трофічні процеси нервових волокон у межах стільникових порціонів мозолистого тіла зводяться до постійного оновлення тільки їх мієлінових оболонок за рахунок синтетичної (секреторної) діяльності інтерфасцикулярних олігодендроцитів, тоді як ізольовані ними відростки нервових клітин (нейрити) функціонально підтримуються за рахунок так званого аксонного (лонгітудинального) транспорту [94, 101], що бере початок від тіл (перикаріонів) нервових клітин кори великого мозку. Нагадаємо, що трофіка останніх здійснюється за допомогою гематоенцефалічного бар'єру, який виключає прямий доступ до нервових клітин сторонніх і шкідливих речовин, будучи також перешкодою для деяких лікарських препаратів при внутрішньовенному їх уведенні. Слід пам'ятати, що цей бар'єр забезпечується за рахунок наявності розмежованих мікроструктур безпосередньо між кров'ю обмінних мікросудин і перикаріонами нервових клітин, що властиво тільки для цитоархітектоніки сірої речовини мозку: говорити ж про наявність такого бар'єра у білій речовині немає ніяких підстав. Наприклад, у мозолистому тілі між мієлінізованими волокнами стільникових порціонів й обмінними кровеносними мікросудинами, які локалізовані в міжфасцикулярних прошарках та їх бічних відроггах, знаходиться досить розпростерта по колах у тривимірному об'ємі інтерстиційна щілинна мережа, структурна постійність якої, на нашу думку, підтримується завдяки стромальним властивостям фібрилярних астроцитів із тією показовою орієнтацією, що їх тіла примикають до стінки кровеносних мікросудин, формуючи навколо них подібність оболонки (периваскулярні лімітуючі гліальні оболонки), тоді як їх відростки, спрямовані у різні боки, упродовжуються в інтерстиційні щілини субфасцикулярних порціонів, де вступають у контакт із відростками

олігодендроцитів. Таким чином, між обмінними кровоносними мікросудинами та мієлінізованими нервовими волокнами стільникових порціонів мозолистого тіла знаходиться простір, що їх розділяє, а також який за допомогою фібрилярних (периваскулярних) астроцитів та їх відростків організований у складну тривимірну мережу інтерстиційних прошарків, здійснюючу процеси позасудинної мікроциркуляції рідини з вмістом поживних речовин. Проте споживачами їх є не самі нервові волокна, а інтерфасцикулярні олігодендроцити, за рахунок чого з метою регулярного оновлення мієлінових оболонок нервових провідників ними забезпечується синтез фосфоліпідів.

Як ми бачимо, описана нами картина структурної впорядкованості обмінних процесів між кров'ю та мієлінізованими нервовими волокнами в мозолистому тілі повністю розходиться з концепцією про гематоенцефалічний бар'єр. Відмінності між ними полягають передусім у тому, що основним розділовим компонентом в останньому є макрогліальні клітини іншого типу, які називаються плазматичними астроцитами. Для них є характерним утворювати безперервні периваскулярні оболонки, що тісно примикають до стінки обмінних мікросудин, поруч із тілами нервових клітин [16, 81, 94, 101]. Зовсім інше відношення до обмінних мікросудин мають фібрилярні астроцити, які не утворюють навколо них суцільних периваскулярних оболонок, оскільки їх тіла розташовуються по довжині судини на деякій відстані одне від одного, з'єднуючись між собою тільки за рахунок своїх відростків. У загальному вигляді це нагадує своєрідне астроцитарне обплетення навколо відповідної мікросудини, у якому є пусті місця там, де ендотеліальна стінка цієї мікросудини, оточеної тільки базальною мембраною, виявляється вільно відкритою в інтерстиційний простір. Тому можна постулювати, що саме через ці «оголені» ділянки ендотеліальної стінки обмінної мікросудини здійснюється надходження у навколишній інтерстицій фільтрату плазми крові.



Зважаючи на те, що фібрилярні астроцити, окрім периваскулярних, віддають радіально орієнтовані відростки, які проникають в інтерстиційні щілини субфасцикулярних порціонів, де вступають у контакт із відростками інтерфасцикулярних олігодендроцитів, можна припускати, що роль перших (фібрилярних астроцитів) полягає в забезпеченні структурної постійності мікроциркуляторних процесів між обмінними мікросудинами й олігодендроцитами, завдяки чому стає можливою діяльність останніх у процесі оновлення мієлінових оболонок. Це положення у подробицях обґрунтовано в п'ятому розділі дисертації.

У зв'язку з цим у нас виникло питання, яке в літературі ставиться уперше: чи є така структура гематоцелюлярних відносин у тваринному організмі єдиною у своєму роді? Виявляється, що вона нам знайома, оскільки нагадує у загальних рисах таку ж структуру слинних залоз [80], у яких їх кінцеві відділи (ацинуси) розділені між собою тонкими інтерстиційними прошарками з наявністю у них вузлових зон. Вони є місцем розташування кровоносних капілярів, які супроводжуються тонкими пучками немієлінізованих нервових волокон. Характерною особливістю такого мікросудинно-нервового пучка є те, що дещо ззовні від нього знаходяться периваскулярні (адвентиційні) фібробласти, від яких відходять відростки ламелярної форми. При цьому одні з них, охоплюючи зовні мікросудинно-нервовий пучок, утворюють для нього подібність оболонки, а інші в радіальному напрямку проникають у вузькі інтерстиційні щілини, що розділяють суміжні ацинуси між собою.

Зрозуміло, що ці периваскулярні (адвентиційні) фібробласти ми уподібнюємо з фібрилярними (периваскулярними) астроцитами, хоча вони, як відомо, мають різне походження: перші є похідними мезенхіми, а другі – нейроектодерми. Але функціональне визначення клітин нерідко залежить не від джерела їх диференціювання, а від місця, яке вони займають у структурно-функціональній системі того або іншого органу. Ця наведена нами аналогія повинна звернути увагу дослідників на те, що у білій речовині

нервової системи організація гематоцелюлярних відносин у принципі не має суттєвої відмінності від такої ж інших органів [21]. Забезпечення ж трофіки нервових клітин у сірій речовині здійснюється зовсім інакше, за допомогою пристрою, який називається гематоенцефалічним бар'єром.

Наприкінці обговорення питання про структурну організацію гематоцелюлярних відносин у мозолистому тілі не зайвим буде сказати, що висунуте нами положення в змозі зіграти позитивну роль при вивченні патогенезу такого аутоімунного захворювання, як розсіяний склероз, в основі якого, як відомо, лежить демієлінізація нервових волокон [104]. Може виявитися, що мішенями у цій аутоімунній агресії є не самі мієлінові оболонки нервових волокон, а інтерфасцикулярні олігодендроцити. У будь-якому разі привнесена нами при розгляді цього питання цілеспрямованість може бути корисною.

Як ми переконалися вище, мозолисте тіло є не простою сумою доданих тканинних структур, а складною конструктивною спільністю, яка морфологічно виражається в їх особливій співвимірній просторовій організованості у відповідній об'ємній межі. Цілком природним є прагнення дізнатися, яка кількість нервових провідників була прокладена через нього в процесі ембріогенезу та ранніх стадій постнатального життя. Судячи з даних літератури, сьогодні автори точно не можуть назвати якесь їх певне число, оскільки за одними джерелами вказується на їх двохсотмільйонний склад, а за іншими – у півтора рази більше [3, 16, 81, 94]. На нашу думку, такий кількісний різнобій пояснюється тим, що по справжньому їх ніхто не підраховував і, як ми переконалися, досягти цього дуже складно, якщо не вдатися до приблизних оцінок, наприклад, до розрахунку щільності концентрації нервових волокон на одиницю площі сагітального зрізу мозолистого тіла, загальна площа якого нам відома. Але для цього необхідно знати їх товщину, точні дані про розміри якої у літературі відсутні. При чому слід враховувати, що мозолисте тіло не є суцільним масивом мієлінізованих нервових волокон, як прийнято вважати. Передусім необхідно робити

поправки на інтерстиційний простір, який, як нам вже відомо, представлений розгалуженою мережею прошарків рихлої волокнистої сполучної тканини з уміщеними в них кровонесними мікросудинами разом із фібрилярними астроцитами. Тут доречним буде звернутися до даних літератури, згідно з якими в масі мозкової речовини близько 30% припадає на долю інтерстиційного простору [16, 81, 94]. Можна вважати, що основна його частина міститься у білій речовині головного мозку. Разом із цим слід пам'ятати про численну популяцію інтерфасцикулярних олігодендроцитів, кластерно розподілених серед мієлінізованих нервових волокон так, як це було показано нами вище. За даними літератури в мозолистому тілі у порівнянні з фібрилярними астроцитами їх майже в чотири рази більше. Таким чином, грубим підрахунком виходить, що нервовим волокнам у мозолистому тілі належить не більше 60% об'єму; інші 40% припадають на частку допоміжних структур. Хоча цей підрахунок є тільки приблизним, проте він наближає нас до правильної кількісної оцінки мієлоархітектоніки мозолистого тіла. З метою отримання її дробової цифрової характеристики ми змушені обмежитися тільки орієнтовними кількісними даними про його основні структурні утворення, які були описані вище.

Передусім ще раз укажемо на макроскопічно помітні в мозолистому тілі утворення, що ми називаємо комісуральними канатиками, товщина яких, знаходячись у залежності від індивідуальної форми мозолистого тіла та їх локалізації у ньому, перебуває в межах від 2,0 до 3,3 мм. Ці утворення, як нам відомо, розділені між собою прошарками рихлої волокнистої сполучної тканини, у якій локалізуються резистивні та ємнісні мікросудини, мова про які ще попереду. Товщина таких прошарків залежить від індивідуальних і статевих відмінностей та відповідно коливається в межах від 0,1 до 0,4 мм. Нами відзначено, що у жінок вони в середньому відносно ширше.

Товщина суббезлічі комісуральних канатиків, які розглядаються під назвою фасцикулярних порціонів, має схильність сильно змінюватися, що повністю залежить від їх конфігурації у товщі комісуральних канатиків [20,

31, 80]. Тому знайти в цій різноманітності індивідуальні або статеві риси не виявляється можливим. Вдається тільки встановити, що мінімальна товщина таких пошарових фасцикулярних порціонів приблизно дорівнює 0,2 мм, а максимальна – у 3 рази більше. Будучи тісно зближеними між собою, вони розділені вузькими інтерстиційними прошарками, ширина яких перебуває в межах від 5,0 до 15,0 мкм. Нагадаємо, що в них локалізовані кровоносні мікросудини капілярного типу.

Нами було показано, що усі поля фасцикулярних порціонів густо помережені численними, кластерно розташованими, світлими комірками, які помилково можна прийняти за поперечні профілі мієлінізованих нервових волокон. Насправді вони є вмістилищем для інтерфасцикулярних олігодендроцитів. Ці комірки мають неправильну еліпсоїдну форму, у зв'язку з чим розміри їх профільних контурів варіюють від 10,0 до 20,0 мкм. При чому за об'ємом вони є дещо більшими від розміщених у них олігодендроцитів, розміри яких знаходяться в межах від 5,0 до 12,0 мкм. За нашими підрахунками на 1 мм<sup>2</sup> площі мозолистого тіла їх доводиться більше тисячі одиниць. Але якщо уявити собі увесь об'єм вільної частини мозолистого тіла (у проміжку між півкулями великого мозку), то обчислити усю кількість інтерфасцикулярних олігодендроцитів у ньому практично неможливо, та й у цьому немає ніякої нагальної потреби.

Тепер приділимо увагу морфометричній характеристиці основоположних утворень мозолистого тіла – мієлінізованих нервових волокон. Згідно із загальноприйнятими уявленнями такого типу нервові провідники в нервовій системі широко варіюють за товщиною у межах від 4 до 20 мкм, відповідаючи прямопропорційно швидкості проведення нервового імпульсу [81, 94, 101]. Але за даними літератури нам не відомо, чи має місце такий діапазон у мозолистому тілі. Нагадаємо, що згідно з нашими даними усі вони розподілені стільниковими порціонами, що є наймінімальнішими їх сукупностями. При цьому встановлено, що в межах окремих стільникових порціонів вони поєднують у собі весь різнокаліберний

набір мієлінізованих нервових волокон, серед яких знаходяться тільки лічені одиниці (приблизно від 8 до 12) порівняно товстих провідників, діаметр яких рідко перевищує 10 мкм. Таким чином, виявляється, що в мозолистому тілі вони є найбільш швидкими провідниками серед інших, більш численних нервових волокон середнього та малого діаметру, які входять до складу окремих стільникових порціонів. При цьому ми вказуємо на той цікавий факт, що найтовщі волокна в стільникових порціонах, як правило, знаходяться поряд із комірками олігодендроцитів, діаметр яких, нагадаємо, варіює в межах від 10 до 20 мкм, а розмір самих олігодендроцитів у середньому дорівнює 10 мкм, що зіставляно з товщиною найтовщого в мозолистому тілі нервового волокна.

Ми навели ці цифри зовсім не з метою підрахунку абсолютної кількості відносно товстих нервових волокон у мозолистому тілі, що практично нездійсненно, а щоб задуматися над тим, яку роль вони виконують у транзитному обміні між контрлатеральними кірковими центрами нового плаща. У чому полягає роль цієї високошвидкісної комісуральної системи мозолистого тіла, нам не відомо. Але можна припустити, що індивідуальні особливості вищої нервової діяльності людини якоюсь мірою залежать від кількісного складу в ньому відносно товстих нервових волокон.

У цьому відношенні ми також не могли не завдатися питанням про кількісну різницю між товстими нервовими волокнами у мозолистому тілі чоловіків і жінок. На жаль, сьогодні ми не маємо у розпорядженні достовірних статистичних даних із цього приводу. Але результати наших багаточисленних спостережень схиляють нас до думки про існування деякого їх кількісного переважання у чоловіків. Цим зауваженням ми тільки вказуємо на єдину можливу морфологічну ознаку, яка може бути орієнтиром у перспективному пошуку статевого диморфізму мозолистого тіла на мікроскопічному рівні організації, оскільки у всьому іншому конструктивний принцип його мієлоархітекτονіки не має статевих відмінностей.

Тепер, оперуючи достатніми даними про особливості структурної організації мозолистого тіла в тих морфологічних деталях, які можуть служити топографічними орієнтирами, ми зможемо краще зрозуміти особливості кровопостачання та принцип будови його гемомікроциркуляторного русла. У літературі про це є тільки уривчасті та непрямі дані, які не дають цілісного уявлення. Але все ж таки без них нам не обійтися.

Відомо, що до магістральних джерел доставки крові до мозолистого тіла належать дві передні (права та ліва) мозкові артерії, які в старих анатомічних посібниках називаються артеріями мозолистого тіла, оскільки вони, розташовуючись паралельно, огинають його коліно та прямують далі верхньою поверхнею його стовбура в крайових поглибленнях, що знаходяться на границі з поясною звивиною; доходячи до межі з потиличними частками півкуль великого мозку, вони анастомозують із гілками задніх мозкових артерій. Таким чином, по верхній поверхні мозолистого тіла за допомогою непарної базилярної артерії дугоподібно пролягає подвійний артеріальний анастомоз між внутрішніми сонними та хребетними артеріями [10, 102].

Ще менше відомостей ми маємо в розпорядженні про судини, що здійснюють венозний відтік від мозолистого тіла. Судячи з даних літератури, передні артерії головного мозку, опоясуючи мозолисте тіло, в анастомозі з задніми притоками, не супроводжуються відповідними венами, що взагалі-то властиве для глибокого (внутрішнього) кровоносного русла головного мозку [10, 102]. Якщо так, то вени, що відводять кров від мозолистого тіла, повинні знаходитися під ним у суміжних ділянках, до яких належать глибокі підкіркові вени. Витоками їх є пограничні вени (вени зорового горба та смугастого тіла) і вени судинного сплетення, які зливаються під валиком мозолистого тіла, утворюючи ліву і праву внутрішні вени мозку. Останні, як відомо, з'єднуючись між собою, утворюють велику вену мозку, яка впадає в пряму венозну пазуху [10, 67]. Непрямою вказівкою на те, що це венозне

русло є колектором для крові, що відтікає від мозолистого тіла, може бути зауваження Г.Ф. Іванова [67] про те, що кожна з внутрішніх мозкових вен сполучається з нижньою та задньою венами мозолистого тіла, про які в літературі ми не знайшли більше ніяких відомостей.

Якщо взяти за дійсне положення про те, що артерії, які належать мозолистому тілу, знаходяться поверх нього, а вени – переважно знизу, то їх гілки, проникаючи в його товщу, повинні мати зустрічний напрям, формуючи у ньому розгалужену мережу загального гемомікроциркуляторного русла, про яке в літературі немає навіть згадок.

До вищевикладеного слід додати, що, як відомо, кровоносні судини, які мають безпосереднє відношення до трофіки головного мозку, містяться в стромі м'якої (судинної) оболонки, тісно пов'язаної з поверхневим шаром його речовини. Зрозуміло, що мозолисте тіло в цьому відношенні не буде винятком, хоча в літературі безпосередні вказівки на це відсутні. Проте при вивченні його кровоносного русла ми повинні мати на увазі, що вказані вище магістральні артерії не є прямими джерелами забезпечення трофіки мозолистого тіла; опосередкованою ланкою між ними є судинне сплетення м'якої мозкової оболонки. Але все-таки вектор потоку крові буде спрямований у товщу мозолистого тіла з боку його верхньої поверхні.

Отже, тепер є підстави говорити, що нам відоме місце розташування джерел доставки артеріальної крові до мозолистого тіла, орієнтовно ми можемо сказати, де знаходяться венозні судини, у які від нього відтікає кров, але нам абсолютно не відомо, що собою уявляє проміжна між ними ланка – кровоносне мікроциркуляторне русло.

Розпочнемо з того відомого нам принципового положення, що магістральні артерії, які доставляють кров до мозолистого тіла, знаходяться поверх нього, а вени – знизу. При такій дислокації артеріальних і венозних сегментів кровоносного русла циркуляція крові через мозолисте тіло, очевидно, має проточний низхідний вектор, якому буде підпорядковуватися конструктивний принцип його гемомікроциркуляторного русла. Якщо

розглядати останнє з позицій основних положень сучасної мікроангіології, то входом у нього прийнято вважати артеріальні мікросудини, або артеріоли, а виходом – венозні мікросудини, або збірні та колекторні венули. Між ними в паралельному та послідовному порядку включені мережі, що складаються з резистивних (прекапіляри), обмінних (справжні капіляри) та ємнісних (посткапіляри) мікросудин. Окрім того, у загальному гемомікроциркуляторному руслі передбачені канали переважного кровотоку у вигляді артеріоло-венулярних анастомозів, що мають вигляд дворівневих ланок, – напівшунтів і шунтів, за допомогою яких здійснюється пряма циркуляція крові в обхід окремих модульних асоціацій обмінних мікросудин [83, 120].

Ці загальновідомі дані ми надали тому, що в принципі фактичне вирішення нашого завдання полягає у визначенні локалізації в мозолистому тілі вказаних вище функціональних сегментів його гемомікроциркуляторного русла. Дотримуючись заданої послідовності, передусім звернемося до отриманих нами даних про локалізацію ініціальних мікросудин, що доставляють до нього кров.

У цьому відношенні численні спостереження та факти однозначно свідчать, що такі артеріальні мікросудини, починаючись від судинного сплетення, що покриває верхню поверхню мозолистого тіла, проникають у нього у вигляді артеріол міжфунікулярними сполучнотканинними септами, які, як нам відомо, розділяють між собою комісуральні канатики. Встановлено, що в нижньому шарі мозолистого тіла ці артеріоли прямо продовжуються у венозні мікросудини, які можна віднести до збірних венул. У таких прямих комунікаціях розпізнаються артеріоло-венулярні анастомози, що здійснюють шунтуючий кровотік у системі гемомікроциркуляторного русла мозолистого тіла. При цьому найдистальніші відрізки збірних венул впадають у більш ширші колекторні венули, які мають деякі специфічні особливості, про що буде сказано нижче. Із огляду на те, що зазначені прямі



мікросудинні комунікації проходять наскрізь товщу мозолистого тіла, ми називаємо їх перфоруючими артеріоло-венулярними анастомозами.

Уперше нам вдалося встановити, що відтік венозної крові від мозолистого тіла здійснюється переважно двома групами вен прозорої перегородки, одна з яких починається від його коліна та ростральної частини, а інша відходить від заднього відділу його стовбура і валика, супроводжуючи стовпи мозкового склепіння. При цьому дещо назад від передньої спайки ті й інші вени прозорої перегородки зливаються разом. Цікавим є те, що саме в указаному позиційному відношенні ці венозні судини є в реєстрі анатомічної номенклатури під назвою передніх і задніх вен прозорої перегородки, проте ні в одному анатомічному посібнику їх не проілюстровано. Тому наші препарати можуть заповнити цей недолік. Але важливішим є те, що нам вдалося об'єктивно конкретизувати локалізацію тієї, точно невизначеної в літературі венозної ланки, у яку безпосередньо відтікає кров від мозолистого тіла. До того ж слід додати, що в загальній системі кровопостачання мозолистого тіла, з одного боку магістральні артерії, а з іншого – вени прозорої перегородки, не мають у супроводі судин протилежного типу.

Цілком зрозуміло, що при такій диспозиції каналів переважного кровотоку (перфоруючих артеріоло-венулярних анастомозів) у мозолистому тілі, усі інші мікросудини капілярного типу (прекапіляри, справжні капіляри та посткапіляри) будуть пов'язані з ними в паралельному порядку тривимірної організації, формуючи серед фасцикулярних і субфасцикулярних порціонів нервових волокон модульні мережі обмінних мікросудин. Але у такому вигляді ця мікроциркуляторна система не в змозі забезпечувати обмінні процеси серед окремих сукупностей мієлінізованих нервових волокон, бо тільки за рахунок дилатації артеріол і розслаблення прекапілярних сфінктерів (тобто на вході в мікроциркуляторні модулі) не може бути забезпечений необхідний тиск для здійснення перфузії крові через мережі обмінних мікросудин, що мають великий опір для кровотоку в порівнянні з шунтуючими каналами. Для того, щоб це стало можливим,

потрібно (при дилатації артеріол і прекапілярних сфінктерів) підвищення опору на виході зазначених каналів, тобто у венозних сегментах мікроциркуляторного русла. Із мікроангіології відомо, що такими судинами є так звані дросельні венули, які відрізняються від інших наявністю в їх стінці гладких м'язових клітин. Дійсно, ці мікросудини були нами виявлені поблизу нижньої поверхні мозолистого тіла біля місця прикріплення до неї прозорої перегородки. Вище такі мікросудини були нами названі колекторними венулами, які є притоками вен прозорої перегородки.

Таким чином, гемомікроциркуляторне русло мозолистого тіла є складно розгалуженою у його товщі мережею резистивних, обмінних та емнісних мікросудин, розташованих на шляху між артеріальним руслом, яке знаходиться поверх нього, і локалізованими знизу від нього венами прозорої перегородки. Прямими шунтуючими шляхами між ними служать перфоруючі артеріоло-венулярні анастомози, що проходять мозолисте тіло наскрізь міжфунікулярними сполучнотканинними прошарками. Характерним для них є наявність у стінці їх венозних сегментів гладких міоцитів, які надають їм резистивних властивостей, необхідних для розвитку функціональної гіперемії в мережі обмінних мікросудин при дилатації артеріол і розслабленні прекапілярних сфінктерів.

У мозолистому тілі мережі обмінних мікросудин (справжні капіляри та посткапіляри) включені до кровотоку в паралельному порядку щодо перфоруючих артеріоло-венулярних анастомозів. Окремі петлі обмінних мікросудин цієї мережі займають місце в міжфасцикулярних інтерстиційних прошарках комісуральних канатиків мозолистого тіла. Розвиток у них функціональної гіперемії у момент дилатації артеріол із одночасним розширенням дросельних венул, на нашу думку, повинен бути спрямованим на активацію біосинтетичної діяльності інтерфасцикулярних олігодендроцитів у процесі оновлення мієлінових оболонок нервових волокон.

Ми вважаємо, що усі ці дані можуть виявитися корисними при інтерпретації результатів магнітно-резонансної томографії та інших функціональних досліджень мозолистого тіла.

Після цього ґрунтовного ознайомлення з тим, що є власне мозолистим тілом, у розумінні його як найбільшої спайки білої речовини між двома півкулями великого мозку, ми повинні перейти до обговорення результатів вивчення утворень, які мають із ним тісний анатомічний зв'язок. Перед нами взагалі-то стояло завдання з'ясувати, чи консолідовані ці утворення в комісуральну систему мозолистого тіла, чи вони по відношенню до нього є тільки супутніми. Така постановка питання пояснюється відсутністю відповіді на нього в літературі. Добре відомо, що цими утвореннями є поздовжні смуги, склепіння мозку та прозора перегородка, які згідно з існуючими уявленнями належать лімбічному мозку, а отже відносяться до підсвідомої сфери, тоді як саме мозолисте тіло розглядається в якості ланки, здійснюючої суто свідомі асоціації.

Із причин, які стануть зрозумілими нижче, ми розпочнемо розгляд цих утворень із прозорої перегородки, що складається, як відомо, з двох тонких пластинок мозкової тканини, розділених щілиноподібним простором, заповненим спинномозковою рідиною [16, 44, 64]. Звертає увагу, що ця перегородка знаходиться рівно по серединній площині, сполучаючи собою приблизно дві третини мозолистого тіла (передню частину його стовбура, коліно та дзьоб) зі зближеними між собою стовпами мозкового склепіння. Характерно, що дві її пластинки, будучи ізольованими щілиноподібним простором, чітко відбивають білатеральну симетрію великого мозку, із чого виходить, що кожна з них окремо належить відповідній його половині (півкулі), будучи частиною медіальної стінки бічного шлуночку.

Як було відзначено вище, пластинки прозорої перегородки належать до кондуктивних утворень лімбічного мозку. У зв'язку з цим прийнято вважати, що вони складаються з пучків мієлінізованих нервових волокон, серед яких деякі автори убачають наявність нервових клітин, що не має жодного

фактичного підтвердження. Окрім того, залишається абсолютно невідомо про те, в чому полягає анатомічний зв'язок прозорої перегородки з нижньою поверхнею мозолистого тіла, із якою вона пов'язана по серединній площині, що проектується на його верхню поверхню лінією пролягання нею присередніх поздовжніх смуг.

Уперше застосувавши нетрадиційні методи морфологічного вивчення утворень головного мозку, які конкретно полягають в епоксидній пластинації препаратів мозолистого тіла з прилеглими до нього утвореннями, ми змогли аргументовано поставити під сумнів спроможність існуючих уявлень про прозору перегородку, як про кондуктивне утворення в системі лімбічного мозку через відсутність у складі її пластинок мієлінізованих нервових волокон і, тим більше, нервових клітин. У шостому розділі нашої дисертації детально викладені морфологічні докази на користь того, що це утворення має суто гліальну природу, будучи безпосередньо пов'язаним із внутрішньою лімітуючою гліальною оболонкою, яка покриває мозолисте тіло з боку його нижньої поверхні. Ми вважаємо, що в головному мозку воно не є унікальним; до подібних утворень, наприклад, належать епендимні пластинки верхньої стінки третього та нижнього паруса четвертого шлуночка, за винятком тільки того, що останні дві зрощені з судинною оболонкою. Загальним же призначенням цих утворень є функція розмежування між суміжними компартментами циркулюючої спинномозкової рідини. Так, у прозорій перегородці кожна пластинка є стінкою фронтальної (передньої) частини відповідного бічного шлуночку.

Ставлячи під сумнів приналежність прозорої перегородки до комунікаційних утворень лімбічного мозку, для чого у нас є вагомі підстави, ми все ж вважаємо, що це питання сьогодні потребує перевірки, здійснення якої можливе за допомогою більш тонких гістологічних методів, включаючи електронну мікроскопію. Інакше кажучи, зазначене питання є предметом майбутніх досліджень.

Наприкінці нагадаємо, що в пластинках прозорої перегородки, кожна з яких є дуплікатурою епендимної (внутрішньої лімітуючої гліальної) оболонки, знаходяться венозні судини, що є колекторними ланками для крові, яка відтікає від мозолистого тіла, і без яких не можна зрозуміти особливостей його кровопостачання.

Таким чином, із усіх утворень, пов'язаних із мозолистим тілом, залишаються два типи – поздовжні смуги та склепіння мозку. Нагадаємо, що перші з них (поздовжні смуги) є тонкими тяжами нервових волокон, які опоясують верхню поверхню мозолистого тіла та спереду пов'язані з підмозолистою звивиною, а ззаду, під валиком, досягають гіпокампальної зони у вигляді зубчастої звивини, у чому показово видима кільцева замкнутість у структурі лімбічного мозку (кільце Пейпеца [16]). Виходячи з цього видається дійсним те, що ці утворення якимсь чином мають бути пов'язані з загальною комісуральною системою провідників власне мозолистого тіла. Однак, сьогодні в літературі з нейроморфології окреслене питання (у такій постановці) навіть не розглядається, що не може не викликати здивування, якщо врахувати його важливість для розуміння опосередкованих ланок в асоціативній взаємодії між свідомою та підсвідомою психічними сферами.

Розгляд цих утворень у такому аспекті нами було почато в третьому підрозділі четвертого розділу, де звернена увага на форму верхньої поверхні мозолистого тіла, для якої характерна наявність двох видів підвищень, відомих у літературі під назвою поперечних і поздовжніх смуг. Передусім нами було доведено, що невдало названі поперечні смуги насправді є зовнішнім випинанням комісуральних канатиків, із яких складається мозолисте тіло. Саме їх валикоподібними підвищеннями, хвилеподібно згинаючись, пролягають поздовжні смуги, дві з яких у контрлатеральній позиції займають пограничне положення між вільною частиною мозолистого тіла та медіальною поверхнею поясної звивини. Не вдаючись до подробиць, звернемо увагу тільки на одну характерну ознаку, яка прямо вказує на те, що

зазначені поздовжні смуги (присередні та бічні) не просто пролягають верхньою поверхнею мозолистого тіла, але мають із ним тісний зв'язок. На це вказують місцеві занурення поздовжніх смуг у товщу мозолистого тіла, які періодично зустрічаються по його довжині, у поглибленнях між поперечними валикоподібними підвищеннями, що надає їм вигляду шовних рядків. Але при усій переконливості зазначеного анатомічного факту його ще не вистачає для повної упевненості в наявності комутаційних зв'язків між цими утвореннями та комісуральними провідниками самого мозолистого тіла. З метою перевірки об'єктивності такого судження ми провели пробні гістологічні дослідження, результати яких викладено та проаналізовано в шостому розділі дисертації. Їх виявилось досить для того, щоб переконатися в існуванні переміщеного розташування мієлінізованих нервових волокон у місцях тісного з'єднання поздовжніх смуг із речовиною мозолистого тіла. Необхідно тільки відмітити, що між присередніми та бічними поздовжніми смугами є відмінності в структурі цих перехідних зон. Але в тих та інших місцях на підставі тільки однієї гістологічної картини не можна судити про справжній комутаційний напрямок нервових провідників. Тому нам доводиться обмежитися тільки загальним висновком, що поздовжні смуги знаходяться в нерозривному зв'язку з мозолистим тілом або за рахунок обопільного обміну між нервовими волокнами, або в результаті їх транзитного переходу з поздовжніх смуг у мозолисте тіло.

Цього цілком вистачить для доказу недостатньої повноти існуючих уявлень про мозолисте тіло, як про суто спасічне утворення між контрлатеральними кірковими зонами нового плаща. Результати нашого дослідження дозволяють говорити, що за допомогою нього структурно закріплені зв'язки між свідомою та підсвідомою сферами головного мозку. Може виявитися, що поздовжні смуги, які опоясують мозолисте тіло його верхньою поверхнею, мають опосередковане відношення до гіпокампальної ділянки, що належить до давньої формації плаща. При цьому не виключається, що нервові волокна, які знаходяться у складі поздовжніх смуг,

можуть мати проекції на клітини кори склепінчастої звивини, яка вважається сферою палеопаліуму. Якщо це так, то описана взаємодія між давньою та старою корою, ймовірно, може здійснюватися за допомогою бічних поздовжніх смуг. Окрім того, у нас немає ніяких підстав заперечувати, що певна доля провідників із тих та інших поздовжніх смуг входить до складу комісуральних канатиків мозолистого тіла, досягаючи таким чином кіркових центрів нового плаща.

Але ця гіпотетична схема ще неповна; ми повинні розширити її за рахунок включення в такому ж аспекті зв'язку мозолистого тіла зі склепінням мозку, яке своїм тілом знаходиться з ним у спайці. Коротко нагадаємо, що мозкове склепіння починається двома зімкнутими між собою стовпами від соскоподібних тіл (біля сірого горба), потім вони об'єднуються в тіло, яке зростається з нижньою поверхнею мозолистого тіла (ззаду від середини його стовбурового відділу), звідки ці утворення (під назвою ніжок) розходяться, спрямовуючись у передні полюси скроневи часток, де потрапляють у склад правого та лівого гіпокампу [16, 67, 81, 95, 210]. У такій формі виражається подвійне призначення мозкового склепіння: з одного боку, воно здійснює асоціативний зв'язок у межах однієї половини лімбічних структур, а з іншого – за допомогою гіпокампальної спайки (чи спайки склепіння) забезпечує комісуральну асоціацію між протилежними половинами давнього плаща. Але цим, мабуть, не обмежується кондуктивна роль мозкового склепіння. Враховуючи, що його злита частина під назвою тіла зрощена з мозолистим тілом, виникає здогадка про наявність у цьому місці комутаційних зв'язків між ним і комісуральними провідниками мозолистого тіла. Але у той же час не можна виключити, що такий зв'язок є усього лише місцем опорної фіксації мозкового склепіння з мозолистим тілом на зразок прозорої перегородки, яка, до речі, тільки зв'язує стовпи мозкового склепіння з нижньою поверхнею мозолистого тіла.

Знову ж таки цю дилему ми змогли вирішити за допомогою гістологічних методів дослідження. Передусім ми звертаємо увагу на те, що

стовпи мозкового склепіння, дугоподібно вигинаючись, дотичною траєкторією входять у товщу мозолистого тіла на межі між стовбуром і валиком, тобто у ділянці його перешийка (цьому місцю відповідає тіло мозкового склепіння). При чому в зоні контакту між ними знаходиться розрихлена щілина, яка, поступово звужуючись у напрямку до валика, зникає, призводячи до повної консолідації мозкового склепіння з мозолистим тілом. У цьому виразно простежується орієнтована спрямованість стовпів мозкового склепіння (через його тіло) в товщу спленіального відділу мозолистого тіла. До того ж слід додати, що орієнтація нервових волокон у мозковому склепінні переважно відповідає траєкторії його дотичного упровадження в мозолисте тіло. Але в зоні повної консолідації між ними цей точний порядок орієнтації порушується в результаті їх перемішування з нервовими волокнами комісуральних канатиків мозолистого тіла. Розібратися в цій плутанині однакових за формою мієлінізованих нервових волокон неможливо. Але є очевидним, що в ділянці валика мозолистого тіла має місце структурно закріплений взаємозв'язок між провідниковою системою лімбічного мозку та комісуральними шляхами неопаліума.

Це положення примусило нас згадати отримані останніми роками за допомогою функціональної магнітно-резонансної томографії результати досліджень [186], що показують модально-специфічний розподіл у мозолистому тілі осередків активації, викликані різними видами стимулів. Так, на поданій авторами схемі у спленіальному відділі (у ділянці валика) мозолистого тіла зареєстровані осередки смакової стимуляції, що взагалі-то не узгоджується зі сталими уявленнями, згідно з якими у валику сходяться волокна потиличних і задніх відділів скроневих часток, що не належать до зон смакового аналізатора. Як відомо, його кірковий центр локалізований у гачку склепінчастої звивини, яка повністю відноситься до лімбічного мозку. Разом із тим подібні пункти чутливої модальності реєструються авторами й у ділянці коліна мозолистого тіла, рострально від яких розташовані провідники нюхового аналізатора. На нашу думку, зазначені провідники поступають у



мозолисте тіло окремо у складі поздовжніх смуг і мозкового склепіння. Але ми не хочемо сказати, що тільки цим обмежується транзитна роль таких утворень. Враховуючи їх анатомічну транспозиційність щодо мозолистого тіла, слід вважати, що їх призначення у трансмітерних взаємодіях між різними сферами психічної діяльності людини значно складніше. На жаль, сьогодні ми змушені обмежитися тільки загальними міркуваннями, намітивши тим самим перспективу подальших досліджень.

Таким чином, нами було вирішено основні, поставлені в цій роботі завдання. У результаті отримані різнобічні дані, які суттєво розширюють і поглиблюють наші знання про мозолисте тіло, як найбільшу спайку білої речовини кінцевого мозку, що здійснює асоціативну взаємодію між контрлатеральними центрами кори нового плаща. Однак, ми повинні сказати, що далеко не усі аспекти, що стосуються морфології та функції мозолистого тіла, були з'ясовані. Проте основні з них у нашій роботі намічено і, окрім того, указано напрямки та способи їх вирішення з подальшою перспективою. До найбільш важливих із них належать наступні.

1. Питання про особливості формування мозолистого тіла на ранніх етапах постнатального життя людини. Вирішенню цього питання може сприяти порівняно-морфологічне вивчення його у деяких ссавців.

2. На підставі встановленого нами факту про те, що мозолисте тіло є полімерним утворенням, яке складається з сукупності окремих комісуральних канатиків, перспективним представляється завдання проведення їх поіменної ідентифікації з диференціюванням за модальною специфічністю. Його вирішення дозволить здійснити більш конкретне картування комісуральних зв'язків у мозолистому тілі.

3. Залишається невирішеним питання про існування якогось певного зв'язку між індивідуальною варіативністю форми та розмірів мозолистого тіла з психофізіологічними властивостями й інтелектом людей. Звісно, що це питання може бути вивчене за допомогою функціональних методів магнітно-резонансної томографії.

4. Поки що на гіпотетичному рівні залишається висунене нами положення про те, що в мозолистому тілі трофічні процеси спрямовані переважно на оновлення за допомогою інтерфасцикулярних олігодендроцитів мієлінових оболонок нервових волокон і що вони не мають зв'язку з концепцією про гематоенцефалічний бар'єр. Для повного підтвердження цього положення необхідні додаткові дослідження із застосуванням методів трансмісійної електронної мікроскопії після введення у кровоносне русло головного мозку піддослідних тварин спеціальних маркерів. Але навіть без цих досліджень положення про структурне забезпечення трофічних процесів мієлінізованих нервових волокон мозолистого тіла є плідним при вивченні багатьох аспектів норми та патології усїєї білої речовини центральної нервової системи.

5. Разом із цим великою прогалиною у нейроморфології залишається питання про суть анатомічного зв'язку мозолистого тіла з тими утвореннями, які традиційно прийнято відносити до сфери лімбічного мозку, – поздовжніми смугами, тілом мозкового склепіння та прозорою перегородкою. Нами уперше поставлена під сумнів правомірність приналежності прозорої перегородки до комунікативних утворень лімбічного мозку та, у той же час, акцентована увага на інших утвореннях, які згідно з нашими даними мають органічний зв'язок із комісуральними провідниками мозолистого тіла. Проте, враховуючи надзвичайну важливість порушеної у роботі нейрофізіологічної проблеми, наші дані тільки намічають шлях подальших досліджень, результати яких повинні підтвердити думку, що мозолисте тіло є не просто комутаційним вузлом у системі взаємодії між контрлатеральними кірковими центрами нового плаща, що розглядається в якості матеріальної основи свідомої діяльності, але і служить опосередкованим утворенням між старими (лімбічний мозок) та новими формаціями великого мозку людини.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі викладено теоретичне узагальнення і нове рішення наукової проблеми щодо індивідуальної варіативності статевого диморфізму мозолистого тіла людей, а також закономірностей його багаторівневої морфологічної організації, що лежить в основі комісуральних зв'язків між контрлатеральними центрами великих півкуль.

Суттєвим доповненням до цього стало встановлення структурного тісного зв'язку міелоархітекτονіки мозолистого тіла з супутніми його утвореннями, які традиційно належать до системи лімбічного мозку (поздовжні смуги та склепіння мозку).

1. Необхідна інформація про анатомічну будову мозолистого тіла отримується при вивченні його у трибічному ракурсі – згори (з боку субарахноїдального простору), знизу (з боку бічних шлуночків) і в міжпівкульному серединному розрізі.

В останньому ракурсі зовнішній периметр його поперечного профілю при геометричному аналізі необхідно розглядати у вигляді замкнутого кола, що є плавним (лекальним) сполученням кривих із різним радіусом.

Простий візуальний аналіз (без застосування вимірювальних пристроїв) МРТ-зображень і макрофотографій анатомічних препаратів сагітального профілю мозолистого тіла чоловіків і жінок зрілого, похилого та старечого віку дозволяє виявити велике різноманіття його зовнішньої конфігурації, що є результатом поєднання (комбінаторики) форми основних відділів (коліна, стовбура та валика) цього утворення. Найбільш виразна конфігурація мозолистого тіла виявляється за ступенем опуклості його стовбурового відділу. За цією ознакою виділяються низькоопуклі, середньоопуклі та високоопуклі його форми, розмір яких безпосередньо залежить від поздовжнього розміру мозкового черепа.

2. Більш об'єктивна оцінка індивідуальної варіативності статевого диморфізму мозолистого тіла у віковому аспекті за МРТ-зображеннями й

анатомічними препаратами досягнута завдяки вдосконаленому алгоритму морфометричних методів за допомогою коректного геометричного підходу до аналізу складних планіметричних фігур. Цей підхід передбачає використання не лише відомих дробових лінійних (довжинних і товщинних) параметрів мозолистого тіла, але й цілісне метричне охоплення усієї площі його сагітального профілю з одночасним виміром довжини окружного периметра.

У процесі вивчення результатів цього метричного аналізу виявилось, що такі лінійні параметри, як значення товщини коліна, стовбура та валика мозолистого тіла, при визначенні його статевого диморфізму є малоінформативними. Тому, враховуючи, що сагітальний профіль мозолистого тіла має вигнуту догори форму, ми розширили поняття про його довжину двома розмірними значеннями; перше, традиційно прийняте, ми називаємо його довжиною по «стягуючій хорді», а друге, як значення, що наближає до визначення абсолютної довжини мозолистого тіла, яка обчислюється нами як сума довжин двох його стегон, під якими розуміють передню і задню частини його стовбурового відділу.

3. При вивченні індивідуального різноманіття статевого диморфізму мозолистого тіла у віковому аспекті найбільш показовими в цифровому вираженні метричними параметрами є: 1 – його довжина по стягуючій хорді; 2 – довжина переднього та заднього стегон окремо; 3 – сумарна їх довжина та 4 – загальна площа його сагітального профілю. Причому, останній параметр (планіметричний) серед них ми вважаємо найбільш прийнятним, оскільки він вказує на ті розмірні межі, у яких сконцентрована уся сукупність нервових провідників.

Результати, отримані при морфометрії мозолистого тіла чоловіків і жінок II періоду зрілого віку (від 36 до 60 років та від 36 до 56 років відповідно) у прижиттєвому (за даними МР-томографії) та посмертному (за макрофотографіями анатомічних препаратів) станах за названими вище параметрами дещо різняться між собою. Проте їх середньоарифметичні

значення є цілком порівнюваними. При конкретному цифровому вираженні цих відмінностей ми використаємо знак нерівності ( $\neq$ ) між ними в такому порядку: середньоарифметичне значення за МРТ  $\neq$  середньоарифметичне значення за анатомічними препаратами.

4. Довжина мозолистого тіла по стягуючій хорді у чоловіків у середньому дорівнює  $72,8 \pm 4,4 \neq 74,5 \pm 7,5$  мм. У жінок цей показник дещо менший –  $68,0 \pm 3,3 \neq 70,6 \pm 6,1$  мм ( $p < 0,05$ ).

На його переднє стегно у чоловіків припадає в середньому  $40,3 \pm 4,4 \neq 37,6 \pm 5,0$  мм, а на заднє –  $41,6 \pm 4,5 \neq 45,9 \pm 5,4$  мм. Сумарна їх довжина становить  $81,7 \pm 5,0 \neq 83,5 \pm 8,0$  мм, що приблизно на 9 мм більше довжини мозолистого тіла по стягуючій хорді ( $p < 0,05$ ). У жінок довжина переднього стегна мозолистого тіла дорівнює  $39,0 \pm 2,4 \neq 35,3 \pm 5,3$  мм, тоді як на заднє стегно доводиться в середньому  $37,7 \pm 3,1 \neq 44,2 \pm 4,7$  мм.

Відповідно, у жінок заднє стегно мозолистого тіла приблизно на 2–4 мм коротше, ніж у чоловіків. Сумарне значення обох стегон мозолистого тіла у жінок складає в середньому  $76,7 \pm 3,4 \neq 79,5 \pm 6,8$  мм, що приблизно на 4–5 мм коротше сумарного значення довжин обох стегон мозолистого тіла у чоловіків і на 9 мм більше довжини мозолистого тіла по стягуючій хорді ( $p < 0,05$ ).

У чоловіків загальна площа серединного профілю мозолистого тіла індивідуально варіює в межах середньоарифметичного значення, яке дорівнює  $659,8 \pm 78,5 \neq 684,7 \pm 130,0$  мм<sup>2</sup>, тоді як у жінок розкид цих індивідуальних значень перебуває в межах  $644,5 \pm 94,4 \neq 621,2 \pm 120,8$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ). Видима різниця загальної площі серединного профілю мозолистого тіла між чоловіками та жінками переважно знаходиться у прямій залежності від фактичної довжини його стовбурового відділу, яка визначається за сумарною довжиною двох стегон.

5. Розмірні характеристики мозолистого тіла людей II періоду зрілого віку за названими вище параметрами, перебуваючи в межах мінімальних і максимальних значень, відрізняються великою індивідуальною

варіативністю, яка в рамках цієї групи не має хронологічної залежності.

Але при зіставленні цих параметрів у різних вікових групах такий віковий аспект представляється дещо інакше. Найбільш показовими в цьому відношенні є середньоарифметичні значення загальної площі сагітального профілю мозолистого тіла.

Так, у чоловіків I періоду зрілого віку його загальна площа в середньому дорівнює  $747,5 \pm 110,4$  мм<sup>2</sup>; у II періоді, як нам уже відомо, –  $684,7 \pm 130,0$  мм<sup>2</sup>; у похилому віці –  $650,2 \pm 121,9$  мм<sup>2</sup>, що за значеннями приблизно співпадає з попереднім періодом і помітно поступається I періоду зрілого віку ( $p < 0,05$ ). Таким чином, є підстави говорити про існуючу загальну тенденцію до невеликого зменшення мозолистого тіла чоловіків із віком, але визначити на якому саме році життя цей інволютивний процес починається неможливо.

Порівняно з цим загальна площа анатомічних препаратів сагітального профілю мозолистого тіла у жінок перебуває в інтервалі між 386,4 і 877,5 мм<sup>2</sup>. Причому, як і у чоловіків, такий розкид, визначаючи індивідуальну варіативність, не має залежності від внутрішньогрупової вікової градації. Але при міжгруповому зіставленні (I період зрілого віку, II період зрілого віку, а також періоди похилого та старечого віку) середньоарифметичних значень загальної площі мозолистого тіла вдається відзначити деяку тенденцію до його зменшення. Але порівняно з чоловіками ця тенденція у жінок виражена меншою мірою.

6. Крайовими межами вільної (міжпівкульної) частини мозолистого тіла ми запропонували вважати бічні поздовжні смуги, що пролягають по його верхній поверхні та за відстанню між якими визначається ширина цього утворення. У чоловіків вона індивідуально варіює від 9 до 16 мм (у середньому  $13,0 \pm 2,5$  мм), тоді як у жінок розкид між мінімальним (11 мм) і максимальним (20 мм) значеннями дещо більший при зовсім малій різниці середньоарифметичного показника, що дорівнює  $14,4 \pm 2,7$  мм. Інакше кажучи, характер індивідуальної варіативності ширини стовбурового відділу

мозолистого тіла у жінок порівняно із чоловіками більш різноманітний.

7. Мозолисте тіло є колекторним об'єднанням безлічі окремих порційних сукупностей нервових канатикоподібних за формою та завтовшки від 2,0 до 3,5 мм провідників, які, проходячи через мозолисте тіло в поперечному напрямі, занурюються в білу речовину обох півкуль, складаючи у ній комісуральні тракти.

Ці утворення ми запропонували називати «комісуральними канатиками». Маючи сплющено-округлу форму, вони дещо випинаються в поперечному напрямі на верхній та нижній поверхнях мозолистого тіла, утворюючи валикоподібні підвищення. Зазначимо, що ті з них, які знаходяться на верхній поверхні, фігурують у літературі під назвою «поперечних смуг».

8. Такий принцип організації мозолистого тіла відбивається на його сагітальному профілі (зрізі) у вигляді стовпчикових сегментів, висота яких співвідноситься з товщиною його відповідного відділу (найнижчими вони є у стовбуровій частині, а найвищими – у коліні та валику). Ці стовпчикові сегменти є поперечними профілями комісуральних канатиків, які не вирізняються при магнітно-резонансній томографії.

У товщі мозолистого тіла комісуральні канатики розмежовані тонкими сполучнотканинними прошарками (міжфунікулярними септами) завтовшки від 0,1 до 0,4 мм, у яких локалізуються дрібні кровоносні судини; нами відзначено, що у жінок вони в середньому дещо ширші.

9. У свою чергу комісуральні канатики складаються зі щільної сукупності пошарових секцій, кожна з яких є певною сукупністю нервових волокон. Ці пошарові секції описуються нами під назвою «фасцикулярних порціонів», мінімальна товщина яких приблизно дорівнює 0,2 мм, а максимальна у три рази більша. Будучи тісно зближеними між собою, вони розділені вузькими інтерстиційними прошарками, ширина яких перебуває в межах від 5 до 15 мкм. У них локалізовані кровоносні мікросудини капілярного типу.

Ці міжфасцикулярні прошарки, висота яких співмірна з товщиною мозолистого тіла, віддають короткі бічні відрogi, що ділять фасцикулярні порціони на сегменти, які виокремлюються нами під назвою «субфасцикулярних порціонів». У їх територіальних межах кровоносні мікросудини відсутні.

10. Уся сукупність інтерстиційних щілинних прошарків у межах комісуральних канатиків мозолистого тіла є складною тривимірною мережею, конструкція якої, будучи одночасно транспортною системою для позасудинної циркуляції рідини з наявними в ній поживними речовинами, підпорядкована характеру розгалуження кровоносних мікросудин. При цьому, така мережа пов'язана з регулярно розосередженими в межах субфасцикулярних порціонів вузловими комірками, розміром від 10 до 20 мкм. У них уміщуються інтерфасцикулярні олігодендроцити, які формують в контурному зв'язку між собою густу стільникову мережу, окремі комірки якої мають полігональну (п'яти- або шестикутну) форму. У їх межах тісно зосереджені наймінімальніші сукупності мієлінізованих нервових волокон, що ми називаємо «стільниковими порціонами». Вони можуть розглядатися як структурно-функціональні одиниці мозолистого тіла. Інтерфасцикулярні олігодендроцити, розташовані в кутових місцях стільникових порціонів, своїми відростками безпосередньо пов'язані з мієліновими оболонками певної кількості нервових волокон.

Опосереднене положення між інтерфасцикулярними олігодендроцитами й обмінними кровоносними мікросудинами займають фібрилярні астроцити, тіла яких утворюють навколо мікросудин подібність обплетень, відомих в літературі під назвою «лімітуючих периваскулярних гліальних оболонок».

11. Нами висунута гіпотеза, згідно якої у мозолистому тілі уся транспортна система, що здійснює процеси мікроциркуляції рідини з наявними в ній поживними речовинами, повністю спрямована на забезпечення структурно-функціональної сталості тільки мієлінових



оболонок нервових волокон за рахунок секреторних властивостей інтерфасцикулярних олігодендроцитів. У зв'язку з цим можна вважати, що самі їх провідники, тобто відростки нервових клітин, ізольовані такими оболонками, підтримуються за рахунок аксонного (лонгітудинального) транспорту, витоками якого є відповідні тіла (перикаріони) нервових клітин, вибірково споживаючи поживні речовини з крові за допомогою гематоенцефалічного бар'єру, що має місце у сірій речовині головного мозку. Підтвердження цієї гіпотези дозволить застосувати це положення і стосовно його білої речовини.

12. У межах окремих стільникових порціонів наймінімальніші сукупності мієлінізованих нервових волокон поєднують у собі провідники різного діаметру, серед яких можна знайти тільки лічені одиниці (приблизно від 8 до 12) порівняно товстих. Діаметр останніх перебуває в межах 10 мкм, що згідно з даними літератури дозволяє відносити їх до мієлінізованих волокон середньої товщини. Але в мозолистому тілі вони є найшвидкісними провідниками нервових імпульсів серед інших, більш численних, волокон меншого діаметра.

13. Гемомікроциркуляторне русло мозолистого тіла є складно розгалуженою у його товщі мережею резистивних, обмінних та ємнісних мікросудин, розташованих на шляху між артеріальним руслом, що знаходиться поверх нього, і венами прозорої перегородки, локалізованими знизу від нього.

Прямими шунтуючими шляхами між ними служать перфоруючі артеріоло-венулярні анастомози, що проходять мозолисте тіло наскрізь по міжфунікулярних сполучнотканинних прошарках. Характерним для них є наявність у стінці їх венозних сегментів гладких міоцитів, які надають їм резистивні властивості, необхідні для розвитку в мережі обмінних мікросудин робочої гіперемії під час дилатації артеріол і розслаблення прекапілярних сфінктерів.

Мережі обмінних мікросудин (справжні капіляри та посткапіляри)

включені до кровотоку в паралельному порядку відносно перфоруючих артеріоло-венулярних анастомозів. Окремі їх петлі займають місце в міжфасцикулярних інтерстиційних прошарках та їх поперечних відрогах комісуральних канатиків мозолистого тіла.

14. Результати цілеспрямованого вивчення мієлоархітекtonіки мозолистого тіла свідчать про наявність цільової транзитивної ув'язки з його комісуральними провідниками таких кондуктивних утворень лімбічного мозку, як поздовжні (присередні та бічні) смуги та мозкове склепіння. Поздовжні смуги консолідовані з ним по верхній поверхні, а мозкове склепіння за допомогою свого тіла спаяне з його нижньою поверхнею на межі між стовбуровою частиною та валиком. Отримані нами дані дають підстави намітити шляхи подальших досліджень, результати яких повинні підтвердити нашу упевненість у тому, що мозолисте тіло є не просто комутаційним вузлом у системі взаємодії між контрлатеральними кірковими центрами нового плаща, який розглядається як матеріальна основа свідомої діяльності, але і служить опосередкованим утворенням між старими (лімбічний мозок) і новими формаціями великого мозку людини.

15. Водночас результати нашого дослідження не узгоджуються з існуючими в літературі уявленнями про те, що до кондуктивних утворень лімбічного мозку належить прозора перегородка, яка згідно з нашими даними є суто гліальним утворенням, що виконує роль розділювальної перегородки між передніми відділами бічних шлуночків. У її пластинках знаходяться венозні судини, що є колекторами для венозної крові, яка відтікає від мозолистого тіла. Натомість, які-небудь ознаки, які могли б свідчити про наявність у них нервових волокон, відсутні.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Отримані нові фактичні дані про індивідуальну варіативність статевого диморфізму мозолистого тіла людини у віковому аспекті можуть бути використані у теоретичній та практичній галузях медицини при визначенні критеріїв норми та при дослідженні патологічних змін, пов'язаних із морфофункціональними особливостями будови мозолистого тіла.

2. Результати дослідження будови мозолистого тіла, викладені в нашій дисертації, рекомендовано застосовувати в навчальному процесі на кафедрах анатомії, гістології, клінічної анатомії та оперативної хірургії, нормальної фізіології, кафедри нервових хвороб та нейрохірургії.

3. Результати дослідження також можуть бути використані при виданні посібників, атласів та монографій з нормальної анатомії, гістології, клінічної анатомії та оперативної хірургії, нормальної фізіології в розділах, що стосуються анатомії органів ЦНС. Особливу інформативну цінність мають деякі макро- і мікрофотографії мозолистого тіла та пов'язаних із ним суміжних утворень. Найбільш показовим прикладом у цьому відношенні є об'єктивна візуалізація в прозорій перегородці венозних судин та їх зв'язку з кровоносним руслом мозолистого тіла.

4. Іншою сферою практичної діяльності, для якої результати наших досліджень мають бути цікавими, є функціональна магнітно-резонансна томографія. Зокрема, при вивченні картування комісуральних шляхів мозолистого тіла тут корисним буде враховувати порційний принцип організації нервових провідників, а також модульність конструкції його гемомікроциркуляторного русла.

5. Отримані нами візуальні та планіметричні параметри індивідуальної варіативності мозолистого тіла можуть послужити основою для проведення за допомогою МР-томографії цілеспрямованих психофізіологічних досліджень, наприклад, із метою перевірки існуючих у літературі даних про

прямий зв'язок між розмірами мозолистого тіла й інтелектуальними здібностями людей у статевому аспекті.

6. Результати наших досліджень вважаємо корисними для використання у клінічній практиці обстеження людей із різними формами аномалії мозолистого тіла, а також його ушкоджень внаслідок різних патологічних процесів великого мозку.

7. Отримані дані про особливості кровопостачання мозолистого тіла в змозі сприяти найбільш оптимальним результатам при різних оперативних втручаннях у цій ділянці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автандилов Г. Г. Медицинская морфометрия // Г. Г. Автандилов. – Москва : Медицина, 1990. – 384 с.
2. Айвазашвили И. М. Значение префронтальной коры больших полушарий головного мозга в механизмах памяти / И. М. Айвазашвили. – Тбилиси : Мецниереба, 1974. – 175 с.
3. Анатомія людини / А. С. Головацький, В. Г. Черкасов, М. Р. Сапін [та ін.] // Вінниця: Нова Книга. – 2017. – Т. 2. – 456 с.
4. Анисимов Н. В. Использование дважды инвертирующей импульсной последовательности для МРТ-исследования головного мозга / Н. В. Анисимов // Технологии живых систем. – 2006. – Т. 3, № 5. – С. 10–19.
5. Арушанян Э. Б. Место гиппокампа в биоритмологической организации поведения / Э. Б. Арушанян, Э. В. Бейер // Успехи физиологических наук. – 2001. – Т. 32, № 1. – С. 79–95.
6. Асимметрия полушарий, зрительное обучение и инвариантное опознание образов / В. Д. Глезер, А. А. Невская, Н. Д. Чернова [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 5. – С. 37–43.
7. Байбаков С. Е. Закономерности постнатального морфогенеза головного мозга и черепа человека по данным магнитно-резонансной томографии : автореф. дис. ... докт. биол. наук / Байбаков Сергей Егорович; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н. Бурденко Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию. – Санкт-Петербург, 2008. – 26 с.
8. Безруких М. М. Функциональная организация коры больших полушарий головного мозга в состоянии покоя у детей 5, 6 и 7 лет / М. М. Безруких, Н. Н. Терехова // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 6. – С. 61–69.

9. Бейн Б. Н. Патогенетическая классификация поражений corpus callosum (по данным магнитно-резонансной томографии) / Б. Н. Бейн, К. Б. Якушев // Клиническая неврология. – 2010. – № 1. – С. 21–25.
10. Беков Д. Б. Атлас артерий и вен головного мозга / Д. Б. Беков, С. С. Михайлов. – Москва : Медицина, 1979. – 288 с.
11. Беков Д. Б. Изучение индивидуальной анатомической изменчивости – одна из задач современной морфологии / Д. Б. Беков // Архив анатомии гистологии и эмбриологии. – 1991. – Т. 10, Вып. 7. – С. 85–88.
12. Беков Д. Б. Индивидуальная анатомическая изменчивость – ее настоящее и будущее / Д. Б. Беков // Український медичний альманах. – 1998. – № 2 – С. 14–16.
13. Бережная М. А. Межполушарная асимметрия нейроно-глиально-капиллярных взаимоотношений V слоя в верхних лобных извилинах головного мозга человека / М. А. Бережная, В. В. Гаргин, С. Ю. Масловский // Вісник проблем біології і медицини. – 2013. – Т. 2, № 3. – С. 274–277.
14. Бианки В. Л. Эволюция парной функции мозговых полушарий / В. Л. Бианки. – Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1967. – 267 с.
15. Блум Ф. Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. – Москва: Мир, 1988. – 248 с. [С. 123-149, 193-196].
16. Бобрик І. І. Функціональна анатомія центральної нервової системи / І. І. Бобрик, В. Г. Черкасов. – Київ, 2001. – С. 90-121.
17. Боброва Е. В. Современные представления о корковых механизмах и межполушарной асимметрии контроля позы (обзор литературы по проблеме) / Е. В. Боброва // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2008. – Т. 58, № 1. – С. 12–27.
18. Боголепова И. Н. Гендерные особенности цитоархитектоники речедвигательных полей 44 и 45 мозга / И. Н. Боголепова, Л. И. Малофеева // Морфология. – 2011. – Т. 140, № 6. – С. 19–24.

19. Боголепова И. Н. Цитоархитектонические отличия речедвигательных полей коры мозга у мужчин и женщин / И. Н. Боголепова, Л. И. Малофеева // *Морфология*. – 2010. – Т. 137, № 3. – С. 7–10.

20. Боягіна О. Д. Внутрішня будова мозолистого тіла людей зрілого віку / О. Д. Боягіна // *Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Прикладні аспекти морфології»*, Тернопіль, 20-21 жовтня 2016 р. / Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України». – Тернопіль, 2016. – С. 15-17.

21. Боягина О. Д. Гематоцеллюлярная организация миелоархитектоники мозолистого тела человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. – 2017. – Т. 17, Вип. 1 (57). – С. 221-225.

22. Боягина О. Д. Зависимость формы мозолистого тела людей второго периода зрелого возраста от краниометрических показателей мозгового отдела черепа / О. Д. Боягина // *Journal of Education, Health and Sport*. – 2017. – № 7 (8). – P. 797-807.

23. Боягина О. Д. Иерархические уровни морфологической организации нервных волокон в мозолистом теле человека / О. Д. Боягина // *Morphologia*. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 7-11.

24. Боягіна О. Д. Індивідуальна мінливість форми мозолистого тіла чоловіків і жінок за даними МРТ-зображень / О. Д. Боягіна // *Збірник матеріалів заочної науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченої 150-річчю з дня народження професора М.Ф. Мельникова-Разведенкова «Сучасні аспекти морфології людини: успіхи, проблеми та перспективи»*, Харків, 24 грудня 2016 р. / Харківський національний медичний університет. – Харків, 2016. – С. 47-48.

25. Боягина О. Д. Индивидуальная вариативность формы мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте по данным МРТ-изображений /

О. Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 2 (125). – С. 291-294.

26. Боягіна О. Д. Кровопостачання мозолистого тіла та будова його гемомікроциркуляторного русла / О. Д. Боягіна, Ю. П. Костиленко // Науково-практична конференція «Прикладні аспекти морфології», присвячена пам'яті професорів-морфологів Терентьєва Г.В., Роменського О.Ю., Когана Б.Й., Шапаренка П.П., Жученка С.П., Вінниця, 21-22 вересня 2017 р. / Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова. – Вінниця, 2017. – С. 38-40.

27. Боягина О. Д. Методы изучения мозолистого тела (аналитический обзор литературы) / О. Д. Боягина // Экспериментальна і клінічна медицина. – 2015. – № 4 (69). – С. 5-9.

28. Боягина О. Д. Микроархитектоника мозолистого тела людей зрелого возраста / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Morphologia. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 12-17.

29. Боягина О. Д. Морфологические отношения между сводом мозга и мозолистым телом человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2017. – Т. 16, № 4 (62). – С. 94-97.

30. Боягина О. Д. Морфометрическая характеристика мозолистого тела женщин второго периода зрелого возраста по данным МР-томограмм и анатомических препаратов / О. Д. Боягина // Буковинський медичний вісник. – 2017. – Т. 21, № 4 (84). – С. 9-16.

31. Боягина О. Д. Общий принцип внутренней структуры мозолистого тела людей в зрелом возрасте / О. Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2017. – № 1 (262). – С. 82-87.

32. Боягина О. Д. Ориентировочные метрические параметры основных структурных образований мозолистого тела человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 4, Т. 2 (134). – С. 184-188.



33. Боягина О. Д. Половой диморфизм внешнего строения ствольного отдела мозолистого тела людей зрелого возраста / О. Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 3 (57). – С. 27-30.

34. Боягіна О. Д. Порівняльна характеристика морфометричних показників мозолистого тіла головного мозку жінок другого періоду зрілого віку за даними МРТ-зображень та анатомічних препаратів / О. Д. Боягіна // «The development of medical sciences: problems and solutions»: proceedings of the Conference. – Brno, 27-28 April 2018. – P. 29-32.

35. Боягина О. Д. Представления о симметрии и асимметрии строения и функции полушарий большого мозга человека согласно данным литературы / О. Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 1 (124). – С. 10-14.

36. Боягина О. Д. Результаты изучения микроскопического строения мозолистого тела человека с помощью рутинных гистологических методов / О. Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 4 (58). – С. 74-78.

37. Боягина О. Д. Современные представления о мозолистом теле как о спайке нового плаща / О. Д. Боягина // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2015. – Т. 15, Вип. 3 (51), Ч. 2. – С. 293-299.

38. Боягина О. Д. Сравнительная оценка МРТ-изображений сагиттального профиля мозолистого тела человека и соответствующих им анатомических препаратов / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2017. – Т. 17, Вип. 4 (60), Ч. 1. – С. 13-17.

39. Боягина О. Д. Строение мозолистого тела человека в посмертном состоянии сравнительно с его МРТ-изображением / О. Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2016. – № 5 (254). – P. 87-92.

40. Боягина О. Д. Строение прозрачной перегородки и ее отношение к мозолистому телу человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // *Journal of Education, Health and Sport*. – 2016. – № 6 (12). – Р. 895-905.
41. Брагина Н. Н. Клинические синдромы поражения гиппокампа / Н. Н. Брагина. – Москва : Медицина, 1974. – 215 с.
42. Брагина Н. Н. Функциональные асимметрии человека / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова // Москва : Медицина, 1981. – 240 с.
43. Буклина С. Б. Мозолистое тело, межполушарное взаимодействие и функции правого полушария мозга / С. Б. Буклина // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. – 2004. – Т. 104, № 5. – С. 8–14.
44. Бурых М. П. Клиническая анатомия мозгового отдела головы / М. П. Бурых, И. Е. Григорова. – Харьков, 2002. – 240 с.
45. Вартамян И. А. Звук-слух-мозг / И. А. Вартамян. – Ленинград: Наука, 1981. – 176 с.
46. Василевский Н. Н. Нейрональные механизмы коры больших полушарий / Н. Н. Василевский. – Ленинград : Медицина. Ленингр. отд-ние, 1968. – 191 с.
47. Василевский Н. Н. Эволюция, экология и мозг / Н. Н. Василевский. – Ленинград : Медицина. Ленингр. отд-ние, 1972. – С. 195-213.
48. Взаимодействие полушарий мозга у человека: установка, обработка информации, память / Р. Ю. Ильюченко, А. Л. Финкельберг, И. Р. Ильюченко, Л. И. Афтанас. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 166 с.
49. Виноградова О. С. Гиппокамп и память / О. С. Виноградова. – Москва : Наука, 1975. – 239 с.
50. Вовк Ю. Н. Перспективы и новые направления учения об индивидуальной анатомической изменчивости / Ю. Н. Вовк, О. Ю. Вовк // *Вісник проблем біології і медицини*. – 2016. – Вип. 2, Т. 1 (128). – С. 376-379.

51. Вовк Ю. Н. Учение об индивидуальной анатомической изменчивости акад. В.Н. Шевкуненко в морфологических исследованиях / Ю. Н. Вовк, Д. Б. Беков // Вісник проблем біології і медицини. – 2003. – № 3. – С. 3–7.

52. Войно-Ясенецкий М. В. Источники ошибок при морфологических исследованиях / М. В. Войно-Ясенецкий, Ю. М. Жаботинский. – Ленинград: Медицина, 1970. – 318 с.

53. Воробьев В. П. Анатомия человека / В. П. Воробьев. – Москва: Государственное медицинское издательство, 1932. – 702 с.

54. Гайворонский И. В. Индивидуальная анатомическая изменчивость: историко-методологические аспекты изучения / И. В. Гайворонский, С. Е. Байбаков // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2008. – Т. 1, № 1. – С. 62–69.

55. Гайворонский И. В. Использование магнитно-резонансной томографии в нейроанатомических исследованиях (краткий обзор литературы) / И. В. Гайворонский, С. Е. Байбаков // Морфологические аспекты фундаментальных и прикладных исследований: сб. науч. трудов. – Воронеж, 2008. – С. 84-89.

56. Гасанов Г. Г. Нейрохимические механизмы гиппокампа, тета-ритм и поведение / Г. Г. Гасанов, Э. М. Меликов. – Москва: Наука, 1986. – 184 с.

57. Гендерные и мануальные различия и мозолистое тело (обзор литературы) / М. С. Ковязина // Вестник Московского университета. Серия 14 : Психология. – 2013. – № 3. – С. 102–111.

58. Гистологическая и морфометрическая характеристика гиппокампа в различные возрастные периоды / Н. А. Зимушкина, П. В. Косарева, В. Г. Черкасова, В. П. Хоринко // Пермский медицинский журнал. – 2013. – Т. 30, № 1. – С. 98–103.

59. Глезер В. Д. О роли пространственно-частотного анализа, примитивов и межполушарной асимметрии в опознании зрительных образов / В. Д. Глезер // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 5. – С. 145–150.

60. Динамическое исследование структуры мозолистого тела и кортикоспинальных трактов с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии при диффузном аксональном повреждении / В. Н. Корниенко, О. С. Зайцев, Н. Е. Захарова [и др.] // Журнал вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. – 2010. – № 3. – С. 3–10.

61. Дорджиева Д. Б. Структура распределения профилей функциональной межполушарной асимметрии мозга у школьников Калмыкии / Д. Б. Дорджиева // Научная мысль Кавказа. – 2005. – Спецвыпуск. – С. 111–115.

62. Дудук С. Л. Особенности магнито-резонансной томографии головного мозга при нормальном старении и деменциях позднего возраста / С. Л. Дудук // Психиатрия. – 2010. – № 2. – С. 9–17.

63. Замбржицкий И. А. Лимбическая область большого мозга / И. А. Замбржицкий. – Москва : Медицина, 1972. – 280 с.

64. Зернов Д. Руководство по описательной анатомии человека / Д. Зернов. – Москва-Ленинград : Медгиз, 1938. – Т. 2 – 434 с.

65. Екушева Е. В. К вопросу о межполушарной асимметрии в условиях нормы и патологии / Е. В. Екушева, И. В. Дамулин // Журнал неврологии и психиатрии имени С. С. Корсакова. – 2014. – Т. 114, № 3. – С. 92–97.

66. Жирмунская Е. А. Функциональная взаимозависимость больших полушарий мозга человека / Е. А. Жирмунская. – Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1989. – 129 с.

67. Иванов Г. Ф. Основы нормальной анатомии человека / Г. Ф. Иванов. – Москва «Медгиз». – 1949. – Т. 2 – 752 с.

68. Исследование корреляции показателей функциональной асимметрии полушарий головного мозга с результатами учебной деятельности учащихся / В. М. Еськов, В. И. Майстренко, Е. В. Майстренко [и др.] // Вестник новых медицинских технологий – 2007. – Т. 14, № 3. – С. 205–207.

69. Клейберг Ю. А. Динамическая активность мыслительных процессов младших школьников с разным типом функциональной асимметрии

полушарий головного мозга / Ю. А. Клейберг, А. Л. Сиротюк // Мир психологии. – 2001. – № 1. – С. 156–165.

70. Ковязина М. С. Особенности высших психических функций при патологии мозолистого тела / М. С. Ковязина, Е. Ю. Балашова // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – № 313. – С. 193–200.

71. Ковязина М. С. Особенности синдрома нарушения межполушарного взаимодействия при патологии мозолистого тела / М. С. Ковязина, Д. А. Кузнецова // Вестник Московского университета. Серия 14 : Психология. – 2012. – № 2. – С. 16–22.

72. Ковязина М. С. Особенности поведения при патологии мозолистого тела / М. С. Ковязина // Вопросы психологии. – 2011. – № 6. – С. 131–140.

73. Ковязина М. С. Синдром «расщепленного» мозга при различной патологии мозолистого тела / М. С. Ковязина // Вопросы психологии. – 2014. – № 3. – С. 142–148.

74. Количественная и качественная оценка состояния проводящих путей головного мозга с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии в норме и при диффузных аксональных повреждениях / Н. Е. Захарова, И. Н. Пронин, А. А. Потапов [и др.] // Лучевая диагностика и терапия. – 2012. – № 3. – С. 92–108.

75. Конев С. В. Межклеточные контакты / С. В. Конев, В. М. Мажуль. – Минск : Наука и техника, 1977. – 282 с.

76. Костандов Э. А. Функциональная асимметрия полушарий мозга и неосознаваемое восприятие / Э. А. Костандов. – Москва : Наука, 1983. – 169 с.

77. Костиленко Ю. П. Методы работы с полутонкими эпоксидными срезами в гистологической практике / Ю. П. Костиленко, Е. В. Ковалев // Арх. анат. – 1978. – № 12. – С. 68–72.

78. Костиленко Ю. П. Значение адвентициальных фибробластов в структурных отношениях между сосудисто-нервными микрокомплексами и

ацинусами слюнных желез / Ю. П. Костиленко, Е. А. Девяткин, Е. Б. Тумакова // Вісник морфології. – 1996. – Т.1. – С. 15-17.

79. Костиленко Ю. П. Принцип устройства большого мозга человека (аналитический обзор литературы) / Ю. П. Костиленко, О. Д. Боягина // Медицина сьогодні і завтра. – 2015. – № 3 (68). – С. 10-18.

80. Костиленко Ю. П. Форма внутренней организации мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте / Ю. П. Костиленко, О. Д. Боягина // Scientific Journal «ScienceRise». – 2016. – № 4/3 (21). – С. 4-8.

81. Костюк П. Г. Физиология центральной нервной системы / П. Г. Костюк. – К. : Вища шк., 1977. – 318 с.

82. Ксенофонтов А. М. Личностные особенности сотрудников органов внутренних дел с разными типами функциональной асимметрии полушарий головного мозга / А. М. Ксенофонтов, И. А. Новикова // Вестник психотерапии. – 2011. – № 40. – С. 98–107.

83. Куприянов В. В. Микроциркуляторное русло / В. В. Куприянов, Я. Л. Караганов, В. И. Козлов. – Москва, 1975. – 172 с.

84. Ливанов М. Н. Исследование организации нейронной деятельности в коре больших полушарий головного мозга / М. Н. Ливанов. – Москва : Наука, 1971. – 182 с.

85. Линейные метрические параметры индивидуальной вариативности полового диморфизма мозолистого тела людей зрелого возраста по данным МРТ-изображений / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко, А. В. Мангов, И. А. Инюточкина // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 2, Т. 1 (128). – С. 353-359.

86. Масловский С. Ю. Нейроно-глиально-капиллярные отношения в парагиппокампальной извилине левого и правого полушарий головного мозга человека / С. Ю. Масловский, Н. Е. Пирятинская // Медицина сьогодні і завтра. – 2008. – № 1. – С. 29–32.

87. Метод изготовления гистологических препаратов, равноценных полутонким срезам большой обзорной поверхности, для многоцелевых

морфологических исследований / Ю. П. Костиленко, И. В. Бойко, И. И. Старченко // Морфология. – 2007. – № 5. – С. 94-96.

88. Метрическая характеристика анатомических препаратов мозолистого тела мужчин зрелого возраста / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко, А. С. Линник [и др.] // Світ медицини та біології. – 2017. – № 3 (61). – С. 85-89.

89. Механика кровообращения / К. Каро, Т. Педли, Р. Шротер, У. Сид. – Москва : Мир, 1981. – 624 с.

90. Миролюбов А. В. Взаимосвязи скорости психической деятельности и эмоциональности с характеристиками биоэлектрической активности правого и левого полушарий головного мозга / А. В. Миролюбов, В. К. Гербачевский, Ю. В. Суховершина // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 2. – С. 138–139.

91. Молекулярная биология клетки / Б. Албертс, Д. Брей, Дж. Льюис [и др.]. – Москва : Мир, 1987. – Т. 5. – С. 71-155.

92. Мэгун Г. Бодрствующий мозг / Г. Мэгун. – Москва : Мир, 1965. – С. 68-86.

93. Некрасова Е. С. Пренатальная ультразвуковая диагностика полной и частичной агенезии и гипоплазии мозолистого тела / Е. С. Некрасова, Б. Тутчек // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2011. – № 2. – С. 39 – 46.

94. Немечек С. Введение в нейробиологию / С. Немечек. – Прага : Авиценум, 1978. – 416 с. [С. 338-399].

95. Оленев С. Н. Конструкция мозга / С. Н. Оленев. – Ленинград : Медицина, 1987. – 208 с.

96. Особенности системного взаимодействия разных областей коры левого и правого полушарий мозга в различных стадиях сна у человека / А. Н. Шеповальников, М. Н. Цицерошин, Л. Г. Зайцева, Е. И. Гальперина // Российский физиологический журнал. – 2012. – Т. 98, № 10. – С. 1228–1241.

97. Особенности МРТ-изображений головного мозга у больных с неврологическими осложнениями эклампсии / Г. Т. Сухих, Е. М. Шифман, Г. П. Тихова, С. Е. Флока // Анестезиология и реаниматология. – 2010. – № 6. – С. 78–83.

98. Оценка состояния проводящих путей головного мозга при диффузных аксональных повреждениях с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии / Н. Е. Захарова, А. А. Потапов, В. Н. Корниенко [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. – 2010. – № 2. – С. 3–9.

99. Очаговые изменения головного мозга при дисциркуляторной энцефалопатии (МРТ-патоморфологические сопоставления) / Н. А. Беляков, М. М. Одинак, Т. Н. Трофимова [и др.] // Медицинская визуализация. – 2007. – № 1. – С. 89–96.

100. Павлова И. В. Межполушарная асимметрия гиппокампа и неокортекса как коррелят активной и пассивной стратегии поведения в эмоционально-негативных ситуациях / И. В. Павлова, М. П. Рысакова, Е. А. Зяблицева // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2010. – Т. 96, № 12. – С. 1156–1169.

101. Питерс А. Ультраструктура нервной системы / А. Питерс, С. Палей, Г. Уэбстер. – Москва : Мир, 1972. – 176 с.

102. Пуцилло М. В. Нейрохирургическая анатомия / М. В. Пуцилло, А. Г. Винокуров, А. И. Белов. – Москва : Антидор. – 2002. – Т. 1 – 206 с.

103. Ретикулярная формация мозга / Г.Г. Джаспер, Л.Д. Проктор, Р.С. Найтон [и др.]. – Москва : Государственное издательство медицинской литературы, 1952. – С. 520-603.

104. Робсон А. Основы медицинской иммунологии / А. Робсон, А. Ройт, П. Делвз. – Москва: Мир, 2006. – 310 с.

105. Сандомирский М. Е. Функциональная асимметрия полушарий мозга и психологический тип / М. Е. Сандомирский // Психология и соционика межличностных отношений. – 2005. – № 7. – С. 6–9.



106. Севостьянова Е. В. Влияние типа функциональной межполушарной асимметрии головного мозга на формирование устойчивости организма человека к экстремальным геоэкологическим факторам / Е. В. Севостьянова, В. И. Хаснулин // Бюллетень Сибирского отделения Российской Академии медицинских наук. – 2010. – Т. 30, № 5. – С. 113–119.

107. Сергеев Б. Ф. Ум хорошо... / Б. Ф. Сергеев. – Москва : Молодая гвардия, 1984. – 192 с.

108. Сетко Н. П. Функциональная асимметрия полушарий головного мозга как индикатор выбора программы обучения ребенка / Н. П. Сетко, Е. А. Володина, А. И. Сафронова // Гигиена и санитария. – 2009. – № 4. – С. 61–63.

109. Симерницкая Э. Г. Доминантность полушарий / Э. Г. Симерницкая; под ред. А. Р. Лурия. – Москва : Издательство МГУ, 1978. – 95 с. (Нейропсихол. исследования ; вып. 10).

110. Сорокина Н. Д. Нейробиологические аспекты функциональной асимметрии полушарий при депрессии / Н. Д. Сорокина, Г. В. Селицкий, Н. С. Косицын // Успехи физиологических наук. – 2005. – № 2. – С. 84–93.

111. Способ прижизненного определения размеров мозолистого тела : пат. 2396907 Рос. Федерация : МПК8 А 61 В 6/03 / Бирюков А. Н. ; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию" (RU). – № 2008106151/14 ; заявл. 18.02.2008 ; опубл. 20.08.2010. – 9 с.

112. Тарасов Л. Этот удивительно симметричный мир / Л. Тарасов. – Москва : Просвещение, 1982. – 176 с.

113. Тонков В. Н. Учебник нормальной анатомии человека / В. Н. Тонков. – Ленинград, 1962. – 764 с.

114. Трофимова Т. Н. Постпроцессинговая обработка при структурном анализе МРТ-изображений головного мозга / Т. Н. Трофимова, Е. П. Магонов, Ю. В. Назинкина // Профессор В. М. Бехтерев и наше время (155 лет со дня рождения) / ред. А. А. Скоромец [и др.]. – Санкт-Петербург : Политехника, 2012. – С. 405–416.
115. Фалин Л. И. Эмбриология человека / Л. И. Фалин. – Москва : Медицина, 1976. – 543 с.
116. Хананашвили М. М. Нейронально-изолированная кора / М. М. Хананашвили. – Ленинград : Медицина, 1971. – 120 с.
117. Хэм А. Гистология / А. Хэм, Д. Кормак. - Москва: Мир, 1983. – Т. 1. – 270 с.
118. Хэм А. Гистология / А. Хэм, Д. Кормак // Москва: Мир. – 1983. – Т. 3 – 291 с.
119. Цай П. А. Роль правого полушария в формировании адаптационного синдрома при стрессогенной ситуации / П. А. Цай // Міжнародний медичний журнал. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 15–18.
120. Чернух А. М. Микроциркуляция / А. М. Чернух, П. Н. Александров, О. В. Алексеев. – Москва : Медицина, 1984. – 429 с.
121. Шпальтегольц В. Атлас по анатомии человека / В. Шпальтегольц. – Москва: И. Н. Кушнерев и Ко, 1904. – Ч. 4. – с. 627-899.
122. Шулунова А. Н. Взаимосвязь межполушарной асимметрии головного мозга и различных факторов / А. Н. Шулунова, Ф. А. Мещеряков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1. – С. 163–164.
123. Эделмен Дж. Разумный мозг / Дж. Эделмен, В. Маунткасл. – Москва : Мир. – 1981. – 135 с.
124. ЭЭГ-фМРТ-анализ функциональной специализации мозга человека в норме и при церебральной патологии / Г. Н. Болдырева, Л. А. Жаворонкова, Е. В. Шарова [и др.] // Медицинская визуализация. – 2012, № 1. – С. 15–25.

125. Якушев К. Б. МРТ-анализ изменений мозолистого тела при очаговых и диффузных поражениях головного мозга : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Якушев Константин Борисович; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования, Кировская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию. – Нижний Новгород, 2008. – 24 с.

126. Abnormal corpus callosum connectivity, socio-communicative deficits, and motor deficits in children with autism spectrum disorder: a diffusion tensor imaging study / R. Hanaie, I. Mohri, K. Kagitani-Shimono [et al.] // *J. Autism. Dev. Disord.* – 2014. – Vol. 44, № 9. – P. 2209–2220.

127. Age and gender effects on human brain anatomy: a voxel-based morphometric study in healthy elderly / C. D. Smith, H. Chebrolu, D. R. Wekstein [et al.] // *Neurobiol. Aging.* – 2007. – Vol. 28, № 7. – P. 1075–1087.

128. Age- and gender-related changes in the normal human brain using hybrid diffusion imaging (HYDI) / Y. C. Wu, A. S. Field, P. J. Whalen, A. L. Alexander // *Neuroimage.* – 2011. – Vol. 54, № 3. – P. 1840–1853.

129. Age related changes in the myelinated fibers of corpus callosum / Q. Xu, W. Lu, X. Qiu // *Neurosci. Lett.* – 2011. – Vol. 499, № 3. – P. 208–212.

130. Age-associated alterations in corpus callosum white matter integrity in bipolar disorder assessed using probabilistic tractography [Electronic resource] / N. Toteja, P. Guvenek-Cokol, T. Ikuta [et al.] // *Bipolar. Disord.* – 2014. – DOI: 10.1111/bdi.12278.

131. Agenesis of the corpus callosum and skeletal deformities in two unrelated patients: analysis via MRI and radiography [Electronic resource] / A. Al Kaissi, H. Kurz, W. Bock [et al.] // *Case Rep. Orthop.* – 2014. – DOI: 10.1155/2014/186973.

132. Age-related differences in white matter tract microstructure are associated with cognitive performance from childhood to adulthood / B. D. Peters, T. Ikuta, P. DeRosse // *Biol. Psychiatry.* – 2014. – Vol. 75, № 3. – P. 248–256.

133. Aging of the human corpus callosum: magnetic resonance imaging in normal volunteers / P. M. Doraiswamy, G. S. Figiel, M. M. Husain [et al.] // *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* – 1991. – Vol. 3, № 4. – P. 392–397.

134. Anatomic variation of the corpus callosum in persons with gender dysphoria / L. E. Emory, D. H. Williams, C. M. Cole [et al.] // *Arch. Sex. Behav.* – 1991. – Vol. 20, № 4. – P. 409–417.

135. The anatomy of fronto-occipital connections from early blunt dissections to contemporary tractography / S. J. Forkel, M. T. de Schotten, J. M. Kawadler [et al.] // *Cortex.* – 2014. – Vol. 56. – P. 73–84.

136. The anatomy and the MRI anatomy of the interhemispheric cerebral commissures / B. Blanchet, J. Roland, M. Braun [et al.] // *J. Neuroradiol.* – 1995. – Vol. 22, № 4. – P. 237–251.

137. Anatomy of the periventricular white matter / J. Peltier, B. Nicot, M. Baroncini [et al.] // *Neurochirurgie.* – 2011. – Vol. 57, № 4/6. – P. 151–155.

138. Anterior commissure-posterior commissure revisited / S. H. Choi, J. G. Chi, Y. B. Kim, Z. H. Cho // *Korean J. Radiol.* – 2013. – Vol. 14, № 4. – P. 653–661.

139. Application of fractal and grey level co-occurrence matrix analysis in evaluation of brain corpus callosum and cingulum architecture / I. Pantic, S. Dacic, P. Brkic [et al.] // *Microsc. Microanal.* – 2014. – Vol. 20, № 5. – P. 1373–1381.

140. The architecture of cross-hemispheric communication in the aging brain: linking behavior to functional and structural connectivity / S. W. Davis, J. E. Kragel, D. J. Madden, R. Cabeza // *Cereb. Cortex.* – 2012. – Vol. 22, № 1. – P. 232–242.

141. Ardekani B. A. Sexual dimorphism in the human corpus callosum: an MRI study using the OASIS brain database / B. A. Ardekan, K. Figarsky, J. J. Sidtis // *Cereb. Cortex.* – 2013. – Vol. 23, № 10. – P. 2514–2520.

142. Balanced interhemispheric cortical activity is required for correct targeting of the corpus callosum / R. Su?rez , L. R. Fenlon, R. Marek [et al.] // *Neuron*. – 2014. – Vol. 82, № 6. – P. 1289–1298.

143. Barkovich A. J. Anomalies of the corpus callosum: correlation with further anomalies of the brain / A. J. Barkovich, D. Norman // *Am. J. Roentgenol.* – 1988. – Vol. 151, № 1. – P. 171–179.

144. Barkovich A. J. Magnetic resonance imaging of normal and abnormal brain development / A. J. Barkovich, T. V. Maroldo // *Top. Magn. Reson. Imaging*. – 1993. – Vol. 5, № 2. – P. 96–122.

145. Biometry of the corpus callosum in children: MR imaging reference data / C. Garel, I. Cont, C. Alberti [et al.] // *Am. J. Neuroradiol.* – 2011. – Vol. 32, № 8. – P. 1436–1443.

146. Boiagina O.D. Morphological study of communication between the longitudinal strips and the human corpus callosum / O.D. Boiagina // *International Journal of Medicine and Medical Research*. – 2017. – Vol. 3 (1). – P. 70-74.

147. Boiagina O. Planimetric characteristic of corpus callosum sagittal profile of men in the middle and advanced age / O. Boiagina, Yu. Kostilenko // *Georgian Medical News*. – 2017. – № 10 (271). – P. 138-143.

148. Boiagina O. Special aspects of the relationship between human corpus callosum and fornix / O. Boiagina // *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Annual Conference «Technology transfer: innovative solutions in medicine»*. – Tallinn, Estonia, 26 October 2017. – P. 6-8.

149. Boiagina O. The features of blood supply of corpus callosum and the structure of its hemomicrocirculatory channel / O. Boiagina // *Eureca: Health Science*. – 2017. – № 1. – P. 9-16.

150. Brain resting-state functional MRI connectivity: morphological foundation and plasticity / I. Y. Zhou, Y. X. Liang, R. W. Chan [et al.] // *Neuroimage*. – 2014. – Vol. 84. – P. 1–10.

151. Brain size, sex, and the aging brain / L. Jancke, S. Merillat, F. Liem, J. Hanggi // *Hum. Brain Mapp.* – 2015. – Vol. 36, № 1. – P. 150–169.

152. Caleo M. Physiology and plasticity of interhemispheric connections [Electronic resource] / M. Caleo, G. M. Innocenti, M. Ptito // *Neural. Plast.* – 2013. – Article ID 176183. – DOI: 10.1155/2013/176183.1

153. Can musical training influence brain connectivity? Evidence from diffusion tensor MRI / E. Moore, R. S. Schaefer, M. E. Bastin [et al.] // *Brain Sci.* – 2014. – Vol. 4, № 2. – P. 405–427.

154. Clarke J. M. Anatomical-behavioral relationships: corpus callosum morphometry and hemispheric specialization / J. M. Clarke, E. Zaidel // *Behav. Brain Res.* – 1994. – Vol. 64, № 1/2. – P. 185–202.

155. Cognitive processing speed in older adults: relationship with white matter integrity [Electronic resource] / G. A. Kerchner, C. A. Racine, S. Hale [et al.] // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, № 11. – e50425. – DOI: 10.1371/journal.pone.0050425.

156. A comparative magnetic resonance imaging study of the corpus callosum in neurologically normal children and children with spastic diplegia / M. Iai, Y. Tanabe, M. Goto [et al.] // *Acta Paediatr.* – 1994. – Vol. 83, № 10. – P. 1086–1090.

157. Comparative study of ultrasonography and magnetic resonance imaging in midline structures of fetal brain / F. Yang, T. Z. Yang, H. Luo [et al.] // *Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* – 2012. – Vol. 43, № 5. – P. 720–724.

158. A computerized approach for morphological analysis of the corpus callosum / C. Davatzikos, M. Vaillant, S. M. Resnick [et al.] // *J. Comput. Assist. Tomogr.* – 1996. – Vol. 20, № 1. – P. 88–97.

159. The corpus callosum: imaging the middle of the road / E. Roy, C. Hague, B. Forster [et al.] // *Can. Assoc. Radiol. J.* – 2014. – Vol. 65, № 2. – P. 141–147.

160. Corpus callosum: normal imaging appearance, variants and pathologic conditions / B. Battal, M. Kocaoglu, V. Akgun [et al.] // *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* – 2010. – Vol. 54, № 6. – P. 541–549.

161. Corpus callosum shape changes in early Alzheimer's disease: an MRI study using the OASIS brain database / B. A. Ardekani, A. H. Bachman, K. Figarsky, J. J. Sidtis // *Brain Struct. Funct.* – 2014. – Vol. 219, № 1. – P. 343–352.

162. Corpus callosum size and shape in established bipolar affective disorder / M. Walterfang, G. S. Malhi, A. G. Wood [et al.] // *Aust. N Z J Psychiatry.* – 2009. – Vol. 43, № 9. – P. 838–845.

163. Corpus callosum size is highly heritable in humans, and may reflect distinct genetic influences on ventral and rostral regions [Electronic resource] / G. Woldehawariat, P. E. Martinez, P. Hauser [et al.] // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9, № 6. – e99980. – DOI: 10.1371/journal.pone.0099980.

164. The corpus callosum: white matter or terra incognita / A. Fetsiori, D. Nguyen, A. Karentzos [et al.] // *Br. J. Radiol.* – 2011. – Vol. 84, № 997. – P. 5–18.

165. Corpus callosum and brain volume in women and men / H. Steinmetz, J. F. Staiger, G. Schlaug [et al.] // *Neuroreport.* – 1995. – Vol. 6, № 7. – P. 1002–1004.

166. Corpus callosum and motor development in healthy term infants / C. L. Chang, K. L. Hung, Y.C. Yang [et al.] // *Pediatr. Neurol.* – 2015. – Vol. 52, № 2. – P. 192–197.

167. Corpus callosum size may predict late-life depression in women: a 10-year follow-up study / F. Cyprien, P. Courtet, V. Poulain [et al.] // *J. Affect. Disord.* – 2014. – Vol. 165. – P. 16–23.

168. Corpus callosum subdivision based on a probabilistic model of inter-hemispheric connectivity / M. A. Styner, I. Oguz, R. G. Smith [et al.] // *Med. Image Comput. Comput. Assist. Interv.* – 2005. – Vol. 8, Pt. 2. – P. 765–772.

169. Corpus callosum thickness in children: an MR pattern-recognition approach on the midsagittal image / S. Andronikou, T. Pillay, L. Gabuza [et al.] // *Pediatr. Radiol.* – 2015. – Vol. 45, № 2. – P. 258–272.

170. The correlation between white-matter microstructure and the complexity of spontaneous brain activity: a diffusion tensor imaging-MEG study / A. Fernandez, M. Rios-Lago, D. Abasolo [et al.] // *Neuroimage*. – 2011. – Vol. 57, № 4. – P. 1300–1307.

171. Development and aging of brain midline structures: assessment with MR imaging / K. Hayakawa, Y. Konishi, T. Matsuda [et al.] // *Radiology*. – 1989. – Vol. 172, № 1. – P. 171–177.

172. Diameter, length, speed, and conduction delay of callosal axons in macaque monkeys and humans: comparing data from histology and magnetic resonance imaging diffusion tractography / R. Caminiti, F. Carducci, C. Piervincenzi [et al.] // *J. Neurosci*. – 2013. – Vol. 33, № 36. – P. 14501–14511.

173. Differential development of human brain white matter tracts [Electronic resource] / D. Imperati, S. Colcombe, C. Kelly [et al.] // *PLoS One*. – 2011. – Vol. 6, № 8. – e23437. – DOI: 10.1371/journal.pone.0023437.

174. Gawryluk J. R. Does functional MRI detect activation in white matter? A review of emerging evidence, issues, and future directions / J. R. Gawryluk, E. L. Mazerolle, R. C. N. D'Arcy // *Front. Neurosci*. – 2014. – Vol. 8. – P. 239.

175. Egaas B. Reduced size of corpus callosum in autism / B. Egaas, E. Courchesne, O. Saitoh // *Arch. Neurol*. – 1995. – Vol. 52, № 8. – P. 794–801.

176. Erickson R. L. Verbal learning and memory in agenesis of the corpus callosum / R. L. Erickson, L. K. Paul, W. S. Brown // *Neuropsychologia*. – 2014. – Vol. 60. – P. 121–130.

177. Explaining function with anatomy: language lateralization and corpus callosum size / G. Josse, M. L. Seghier, F. Kherif, C. J. Price // *J. Neurosci*. – 2008. – Vol. 28, № 52. – P. 14132–14139.

178. Fabri M. Functional topography of human corpus callosum: an fMRI mapping study [Electronic resource] / M. Fabri, G. Polonara // *Neural. Plast*. – 2013. – Article ID 251308. – DOI: 10.1155/2013/251308.



179. Fame R. M. Development, specification, and diversity of callosal projection neuron / R. M. Fame, J. L. MacDonald, J. D. Macklis // *Trends Neurosci.* – 2011 – Vol. 34, № 1. – P. 41–50.

180. Filippi C. G. Lesions of the corpus callosum and other commissural fibers: diffusion tensor studies / C. G. Filippi, K. A. Cauley // *Semin. Ultrasound. CT MR.* – 2014. – Vol. 35, № 5. – P. 445–458.

181. Friederici A. D. Role of the corpus callosum in speech comprehension: interfacing syntax and prosody / A. D. Friederici, D. Y. von Cramon, S. A. Kotz // *Neuron.* – 2007. – Vol. 53, № 1. – P. 135–145.

182. Functional anatomy of interhemispheric cortical connections in the human brain / M. Zarei, H. Johansen-Berg, S. Smith [et al.] // *J. Anat.* – 2006. – Vol. 209, № 3. – P. 311–320.

183. Functional connectivity changes between parietal and prefrontal cortices in primary insomnia patients: evidence from resting-state fMRI / Y. Li, E. Wang, H. Zhang [et al.] // *Eur. J. Med. Res.* – 2014. – Vol. 19. – P. 32.

184. Functional mapping in the corpus callosum: a 4T fMRI study of white matter / J. R. Gawryluk, R. C. D'Arcy, E. L. Mazerolle [et al.] // *Neuroimage.* – 2011. – Vol. 54, № 1. – P. 10–15.

185. Functional MRI activation in white matter during the Symbol Digit Modalities Test / J. R. Gawryluk, E. L. Mazerolle, S. D. Beyea, R. C. N. D'Arcy // *Front. Hum. Neurosci.* – 2014. – Vol. 8. – P. 589.

186. Functional topography of the corpus callosum investigated by DTI and fMRI / M. Fabri, Ch. Pierpaoli, P. Barbaresi, G. Polonara // *World J. Radiol.* – 2014. – Vol. 6, № 12. – P. 895–906.

187. Functional topography of the human corpus callosum / U. Salvolini, G. Polonara, G. Mascioli [et al.] // *Bull. Acad. Natl. Med.* – 2010. – Vol. 194, № 3. – P. 617–631.

188. Further evidence for the topography and connectivity of the corpus callosum: an fMRI study of patients with partial callosal resection / G. Polonara,

G. Mascioli, N. Foschi [et al.] // *J. Neuroimaging.* – 2015. – Vol. 25, № 3. – P. 465–473.

189. Gender-based differences in the shape of the human corpus callosum are associated with allometric variations / E. Bruner, J. M. de la Cuetara, R. Colom, M. Martin-Loeches // *J. Anat.* – 2012. – Vol. 220, № 4. – P. 417–421.

190. Genetic contributions to the midsagittal area of the corpus callosum / K. A. Phillips, J. Rogers, E. A. Barrett [et al.] // *Twin. Res. Hum. Genet.* – 2012. – Vol. 15, № 3. – P. 315–323.

191. Genetics of microstructure of the corpus callosum in older adults [Electronic resource] / S. C. Kanchibhotla, K. A. Mather, A. Thalamuthu [et al.] // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9, № 12. – e113181. – DOI: 10.1371/journal.pone.0113181.

192. Gooijers J. Interactions between brain structure and behavior : the corpus callosum and bimanual coordination / J. Gooijers, S. P. Swinnen // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2014. – Vol. 43. – P. 1–19.

193. Hemispheric asymmetries and schizophrenia: a preliminary magnetic resonance imaging study / P. Stratta, A. Rossi, M. Gallucci [et al.] // *Biol. Psychiatry.* – 1989. – Vol. 25, № 3. – P. 275–284.

194. Hemispheric asymmetry for affective stimulus processing in healthy subjects-a fmri study [Electronic resource] / E. Beraha, J. Eggers, C. Hindi Attar [et al.] // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, № 10. – e46931. – DOI: 10.1371/journal.pone.0046931.

195. Hemispheric asymmetry in white matter connectivity of the temporoparietal junction with the insula and prefrontal cortex [Electronic resource] / A. Kucyi, M. Moayedi, I. Weissman-Fogel // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, № 4. – e35589. – DOI: 10.1371/journal.pone.0035589.

196. Heterotopic gray matter: MR findings and clinical aspects / G. Schuierer, H. Stefan, D. Wenzel, G. Kurlemann // *Klin. Padiatr.* – 1995. – Vol. 207, № 3. – P. 117–121.

197. Homae F. A brain of two halves: insights into interhemispheric organization provided by near-infrared spectroscopy / F. Homae // *Neuroimage*. – 2014. – Vol. 85, Pt. 1. – P. 354–362.

198. Human corpus callosum: a stable mathematical model of regional neuroanatomy / P. E. Cowell, L. S. Allen, A. Kertesz [et al. ] // *Brain Cogn.* – 1994. – Vol. 25, № 1. – P. 52–66.

199. Hutchins B. I. Wnt/calcium signaling mediates axon growth and guidance in the developing corpus callosum / B. I. Hutchins, L. Li, K. Kalil // *Dev. Neurobiol.* – 2011. – Vol. 71, № 4. – P. 269–283.

200. The impact of gradient strength on in vivo diffusion MRI estimates of axon diameter / S. Y. Huang, A. Nummenmaa, T. Witzel [et al.] // *Neuroimage*. – 2015. – Vol. 106. – P. 464–472.

201. Increased corpus callosum size in musicians / G. Schlaug, L. Jancke, Y. Huang [et al.] // *Neuropsychologia*. – 1995. – Vol. 33, № 8. – P. 1047–1055.

202. Instrument specific use-dependent plasticity shapes the anatomical properties of the corpus callosum: a comparison between musicians and non-musicians [Electronic resource] / H. Vollmann, P. Ragert, V. Conde [et al.] // *Front. Behav. Neurosci.* – 2014. – Vol. 8. – P. 245. – DOI: 10.3389/fnbeh.2014.00245.

203. Integrity of white matter in the corpus callosum correlates with bimanual co-ordination skills / H. Johansen-Berg, V. Della-Maggiore, T. E. J. Behrens [et al.] // *Neuroimage*. – 2007. – Vol. 36, suppl. 2. – P. 16–21.

204. Interhemispheric transfer in patients with incomplete section of the corpus callosum. Anatomic verification with magnetic resonance imaging / G. L. Risse, J. Gates, G. Lund [et al.] // *Arch. Neurol.* – 1989. – Vol. 46, № 4. – P. 437–443.

205. Interhemispheric transfer time and structural properties of the corpus callosum / R. Westerhausen, F. Kreuder, W. Woerner [et al.] // *Neurosci. Lett.* – 2006. – Vol. 409, № 2. – P. 140–145.

206. Interleukin-6, age, and corpus callosum integrity [Electronic resource] / B. M. Bettcher, C. L. Watson, C. M. Walsh [et al.] // PLOS One. – 2014. – Vol. 9, № 9. – e106521. – DOI: 10.1371/journal.pone.0106521.

207. Intracranial hemorrhage in the corpus callosum presenting as callosal disconnection syndrome: FDG-PET and tractography: a case report / I. H. Kim, S. Lee, Ch-Y. Lee, D. G. Lee // Ann. Rehabil. Med. – 2014. – Vol. 38, № 6. – P. 871–875.

208. Jang S. H. Neural connectivity of the anterior body of the fornix in the human brain: diffusion tensor imaging study / S. H. Jang, H. G. Kwon // Neurosci. Lett. – 2014. – Vol. 559. – P. 72–75.

209. Jang S. H. Neural connectivity of the posterior body of the fornix in the human brain: diffusion tensor imaging study / S. H. Jang, H. G. Kwon // Neurosci. Lett. – 2013. – Vol. 549. – P. 116–119.

210. Jang S. H. Perspectives on the neural connectivity of the fornix in the human brain / S. H. Jang, H. G. Kwon // Neural. Regen. Res. – 2014. – Vol. 9, № 15. – P. 1434–1436.

211. Jang S. H. Unusual compensatory neural connections following disruption of corpus callosum fibers in a patient with corpus callosum hemorrhage / S. H. Jang, S. S. Yeo, M. C. Chang // Int. J. Neurosci. – 2013. – Vol. 123, № 12. – P. 892–895.

212. Jarbo K. In vivo quantification of global connectivity in the human corpus callosum / K. Jarbo, T. Verstynen, W. Schneider // Neuroimage. – 2012. – Vol. 59, № 3. – P. 1988–1996.

213. Jovanov-Milosević N. Transient cellular structures in developing corpus callosum of the human brain / N. Jovanov-Milosević, V. Benjak, I. Kostović // Coll. Antropol. – 2006. – Vol. 30, № 2. – P. 375–381.

214. Kennedy K. M. Aging white matter and cognition: differential effects of regional variations in diffusion properties on memory, executive functions, and speed / K. M. Kennedy, N. Raz // Neuropsychologia. – 2009. – Vol. 47, № 3. – P. 916–927.

215. Kompus K. The size of the anterior corpus callosum correlates with the strength of hemispheric encoding-retrieval asymmetry in the ventrolateral prefrontal cortex / K. Kompus, G. Kalpouzos, R. Westerhausen // *Brain Res.* – 2011. – Vol. 419. – P. 61–77.

216. Kwon H. G. Neural connectivity of the lateral geniculate body in the human brain: diffusion tensor imaging study / H. G. Kwon, S. H. Jang // *Neurosci. Lett.* – 2014. – Vol. 578. – P. 66–70.

217. Leyva-Diaz E. In and out from the cortex: development of major forebrain connections / E. Leyva-Diaz, G. Lopez-Bendito // *Neuroscience.* – 2013. – Vol. 254. – P. 26–44.

218. Li Y. Fully automated segmentation of corpus callosum in midsagittal brain MRIs [Electronic resource] / Y. Li, M. Mandal, S. N. Ahmed // *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* – 2013. – P. 5111–5114. – DOI: 10.1109/EMBC.2013.6610698.

219. Local mechanical properties of white matter structures in the human brain / C. L. Johnson, M. D. McGarry, A. A. Gharibans [et al.] // *Neuroimage.* – 2013. – Vol. 79. – P. 145–152.

220. Loss of callosal fibre integrity in healthy elderly with age-related white matter changes / M. Griebe, A. Forster, M. Wessa [et al.] // *J. Neurol.* – 2011. – Vol. 258, № 8. – P. 1451–1459.

221. Luders E. The development of the corpus callosum in the healthy human brain / E. Luders, P. M. Thompson, A. W. Toga // *J. Neurosci.* – 2010. – Vol. 30, № 33. – P. 10985–10990.

222. Magnetic resonance imaging correlates of first-episode psychosis in young adult male patients: combined analysis of grey and white matter / A. Ruef, L. Curtis, G. Moy [et al.] // *J. Psychiatry Neurosci.* – 2012. – Vol. 37, № 5. – P. 305–312.

223. Parashos I. A. Magnetic resonance imaging of the corpus callosum: predictors of size in normal adults / I. A. Parashos, W. E. Wilkinson, C. E. Coffey // *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* – 1995. – Vol. 7, № 1. – P. 35–41.

224. Mapping infant brain myelination with magnetic resonance imaging / S. C. Deoni, E. Mercure, A. Blasi [et al.] // *J. Neurosci.* – 2011. – Vol. 31, № 2. – P. 784–791.

225. Mazerolle E. L. Detecting functional magnetic resonance imaging activation in white matter: interhemispheric transfer across the corpus callosum [Electronic resource] / E. L. Mazerolle, R. C. D'Arcy, S. D. Beyea // *BMC Neurosci.* – 2008. – Vol. 12, № 9. – P. 84. – DOI: 10.1186/1471-2202-9-84.

226. McGilchrist I. Reciprocal organization of the cerebral hemispheres / I. McGilchrist // *Dialogues Clin. Neurosci.* – 2010. – Vol. 12, № 4. – P. 503–515.

227. Medvedev A.V. Does the resting state connectivity have hemispheric asymmetry? A near-infrared spectroscopy study / A. V. Medvedev // *Neuroimage.* – 2014. – Vol. 85, pt.1. – P. 400–407.

228. Mehta R. C. Magnetization transfer MR of the normal adult brain / R. C. Mehta, G. B. Pike, D. R. Enzmann // *Am. J. Neuroradiol.* – 1995. – Vol. 16, № 10. – P. 2085–2091.

229. Microstructural changes and atrophy in brain white matter tracts with aging / S. Sala, F. Agosta, E. Pagani [et al.] // *Neurobiol. Aging.* – 2012. – Vol. 33, № 3. – P. 488–498.

230. Microsurgical anatomy of perforating branches of anterior communicating artery / H. Ego, H. N'Da, L. Viart [et al.] // *Morphologie.* – 2015. – Vol. 99, № 324. – P. 6–13.

231. Morphometric analysis of the corpus callosum using MR: correlation of measurements with aging in healthy individuals / S. Weis, M. Kimbacher, E. Wenger, A. Neuhold // *Am. J. Neuroradiol.* – 1993. – Vol. 14, № 3. – P. 637–645.

232. Morphometric changes of the corpus callosum in congenital blindness [Electronic resource] / F. Tomaiuolo, S. Campana, D. Collins [et al.] // *PLOS One.* – 2014. – Vol. 9, № 9. – e107871. – DOI: 10.1371/journal.pone.0107871.

233. MR imaging of compact white matter pathways / J. T. Curnes, P. C. Burger, W. T. Djang, O. B. Boyko // *Am. J. Neuroradiol.* – 1988. – Vol. 9, № 6. – P. 1061–1068.

234. Georgy B. A. MR imaging of the corpus callosum / B. A. Georgy, J. R. Hesselink, T. L. Jernigan // *Am. J. Roentgenol.* – 1993. – Vol. 160, № 5. – P. 949–955.

235. MR measurement of normal brainstem cerebellum and corpus callosum on midsagittal section / S. Kogame, S. Sawa, Y. Inoue [et al.] // *Rinsho Hoshasen.* – 1989. – Vol. 34, № 11. – P. 1383–1387.

236. MR imaging of the corpus callosum: normal and pathologic findings and correlation with CT / S. J. Reinartz, C. E. Coffman, W. R. Smoker, J. C. Godersky // *Am. J. Roentgenol.* – 1988. – Vol. 151, № 4. – P. 791–798.

237. MRI of normal brain maturation / B. A. Holland, D. K. Haas, D. Norman [et al.] // *Am. J. Neuroradiol.* – 1986. – Vol. 7, № 2. – P. 201–208.

238. MRI of white matter pathways / W. C. Shen, C. F. Yang, C. Y. Chang, W. L. Ho // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 1991. – Vol. 47, № 2. – P. 91–100.

239. MRI of corpus callosal syndromes / J. T. Curnes, D. W. Laster, T. D. Koubek [et al.] // *Am. J. Neuroradiol.* – 1986. – Vol. 7, № 4. – P. 617–622.

240. Nishikimi M. Axon guidance mechanisms for establishment of callosal connections [Electronic resource] / M. Nishikimi, K. Oishi, K. Nakajima // *Neural. Plast.* – 2013. – Article ID. 149060. – DOI: 10.1155/2013/149060.

241. No differences in corpus callosum size by sex and aging. A quantitative study using magnetic resonance imaging / C. Pozzilli, S. Bastianello, A. Bozzao [et al.] // *J. Neuroimaging.* – 1994. – Vol. 4, № 4. – P. 218–221.

242. Okamoto K. The MR findings on the corpus callosum of normal young volunteers / K. Okamoto, J. Ito, S. Tokiguchi // *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi.* – 1990. – Vol. 50, № 8. – P. 954–963.

243. On describing human white matter anatomy: the white matter query language / D. Wassermann, N. Makris, Y. Rathi [et al.] // *Med. Image Comput. Comput. Assist. Interv.* – 2013. – Vol. 16, pt. 1. – P. 647–654.

244. Organising white matter in a brain without corpus callosum fibres / A. Benezit, L. Hertz-Pannier, G. Dehaene-Lambertz [et al.] // *Cortex*. – 2015. – Vol. 63. – P. 155–171.

245. Orientationally invariant indices of axon diameter and density from diffusion MRI / D. C. Alexander, P. L. Hubbard, M. G. Hall [et al.] // *Neuroimage*. – 2010. – Vol. 52, № 4. – P. 1374–1389.

246. Paidipati Gopalkishna Murthy K. Magnetic resonance imaging in marchiafava-bignami syndrome: a cornerstone in diagnosis and prognosis [Electronic resource] / K. Paidipati Gopalkishna Murthy // *Case Rep. Radiol*. – 2014. – Article ID 609708. – DOI: 10.1155/2014/609708.

247. Partial development of the corpus callosum / D. Rubinstein, V. Youngman, J. H. Hise, T. R. Damiano // *Am. J. Neuroradiol*. – 1994. – Vol. 15, № 5. – P. 869–875.

248. Pediatric neurofunctional intervention in agenesis of the corpus callosum: a case report / S. C. Pacheco, A. P. Queiroz, N. T. Niza [et al.] // *Rev. Paul. Pediatr*. – 2014. – Vol. 32, № 3. – P. 252–256.

249. Phillips K. A. Topography of the chimpanzee corpus callosum / K. A. Phillips, W. D. Hopkins [Electronic resource] // *PLOS One*. – 2012. – Vol. 7, № 2. – e31941. – DOI: 10.1371/journal.pone.0031941.

250. Prakash K. N. Morphologic relationship among the corpus callosum, fornix, anterior commissure, and posterior commissure MRI-based variability study / K. N. Prakash, W. L. Nowinski // *Acad. Radiol*. – 2006. – Vol. 13, № 1. – P. 24–35.

251. Progesterone and nestorone promote myelin regeneration in chronic demyelinating lesions of corpus callosum and cerebral cortex / M. El-Etr, M. Rame, C. Boucher [et al.] // *Glia*. – 2015. – Vol. 63, № 1. – P. 104–117.

252. Prosody meets syntax: the role of the corpus callosum / D. Sammler, S. A. Kotz, K. Eckstein [et al.] // *Brain*. – 2010. – Vol. 133, № 9. – P. 2643–2655.

253. Psychological correlates of handedness and corpus callosum asymmetry in autism: the left hemispheredysfunction theory revisited / D. L. Floris,



L. R. Chura, R. J. Holt [et al.] // *J. Autism. Dev. Disord.* – 2013. – Vol. 43, № 8. – P. 1758–1772.

254. Quantitative analysis of myelinated axons of corpus callosum in the human brain / M. F. Sargon, H. H. Celik, M. D. Aksit, E. Karaağaoğlu // *Int. J. Neurosci.* – 2007. – Vol. 117, № 6. – P. 749–755.

255. Quantitative proton MR spectroscopic imaging of the human brain / B. J. Soher, P. C. van Zijl, J. H. Duyn, P. B. Barker // *Magn. Reson. Med.* – 1996. – Vol. 35, № 3. – P. 356–363.

256. Rauch R. A. Analysis of cross-sectional area measurements of the corpus callosum adjusted for brain size in male and female subjects from childhood to adulthood / R. A. Rauch, J. R. Jenkins // *Behav. Brain Res.* – 1994. – Vol. 64, № 1/2. – P. 65–78.

257. Raybaud C. The corpus callosum, the other great forebrain commissures, and the septum pellucidum: anatomy, development, and malformation / C. Raybaud // *Neuroradiology.* – 2010. – Vol. 52, № 6. – P. 447–477.

258. Reference charts for fetal corpus callosum length: a prospective cross-sectional study of 2950 fetuses / P. Cignini, F. Padula, M. Giorlandino [et al.] // *J. Ultrasound. Med.* – 2014. – Vol. 33, № 6. – P. 1065–1078.

259. Regional pattern of white matter microstructural changes in normal aging, MCI, and AD / D. Y. Lee, E. Fletcher, O. Martinez [et al.] // *Neurology.* – 2009. – Vol. 73, № 21. – P. 1722–1728.

260. Registration of FA and T1-weighted MRI data of healthy human brain based on template matching and normalized cross-correlation / M. Malinsky, R. Peter, E. Hodneland [et al.] // *J. Digit. Imaging.* – 2013. – Vol. 26, № 4. – P. 774–785.

261. The relationship of age, gender, handedness, and sidedness to the size of the corpus callosum / K. D. Hopper, S. Patel, T. S. Cann [et al.] // *Acad. Radiol.* – 1994. – Vol. 1, № 3. – P. 243–248.

262. The relationships between extent and microstructural properties of the midsagittal corpus callosum in human brain / J. S. Park, U. Yoon, K. C. Kwak [et al.] // *Neuroimage*. – 2011. – Vol. 56, № 1. – P. 174–184.

263. The role of the corpus callosum in seizure spread: MRI lesion mapping in oligodendrogliomas / U. C. Wieshmann, K. Milinis, J. Paniker [et al.] // *Epilepsy Res*. – 2015. – Vol. 109. – P. 126–133.

264. The role of the corpus callosum in transcranial magnetic stimulation induced interhemispheric signal propagation / A. N. Voineskos, F. Farzan, M. S. Barr [et al.] // *Biol. Psychiatry*. – 2010. – Vol. 68, № 9. – P. 825–831.

265. The role of three-dimensional imaging reconstruction to measure the corpus callosum: comparison with direct mid-sagittal views / R. F. Miguelote, B. Vides, R. F. Santos [et al.] // *Prenat. Diagn*. – 2011. – Vol. 31, № 9. – P. 875–880.

266. Selective effects of aging on brain white matter microstructure: a diffusion tensor imaging tractography study / S. Michielse, N. Coupland, R. Camicioli [et al.] // *Neuroimage*. – 2010 – Vol. 52, № 4. – P. 1190–1201.

267. Sex differences in the human corpus callosum microstructure: a combined T2 myelin-water and diffusion tensor magnetic resonance imaging study / F. Liu, L. Vidarsson, J. D. Winter [et al.] // *Brain Res*. – 2010. – Vol. 1343. – P. 37–45.

268. Shape analysis of the corpus callosum and cerebellum in female MS patients with different clinical phenotypes / D. Sigirl, I. Ercan, S. T. Ozdemir [et al.] // *Anat. Rec*. – 2012. – Vol. 295, № 7. – P. 1202–1211.

269. Shape modeling of the corpus callosum [Electronic resource] / A. Farag, S. Elhabian, M. Abdelrahman [et al.] // *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc*. – 2010. – P. 4288–4291.

270. Shape of the human corpus callosum in childhood. Elliptic Fourier analysis on midsagittal magnetic resonance scans / V. F. Ferrario, C. Sforza, G. Serrao [et al.] // *Invest. Radiol*. – 1996. – Vol. 31, № 1. – P. 1–5.

271. Shape of the human corpus callosum. Elliptic Fourier analysis on midsagittal magnetic resonance scans / V. F. Ferrario, C. Sforza, G. Serrao [et al.] // *Invest. Radiol.* – 1994. – Vol. 29, № 7. – P. 677–681.

272. Shobe E. R. Independent and collaborative contributions of the cerebral hemispheres to emotional processing [Electronic resource] / E. R. Shobe // *Front. Hum. Neurosci.* – 2014. – Vol. 8. – P. 230. – DOI: 10.3389/fnhum.2014.00230.

273. Structural and functional connectivity mapping of the vestibular circuitry from human brainstem to cortex [Electronic resource] / V. Kirsch, D. Keeser, T. Hergenhoefer [et al.] // *Brain Struct. Funct.* – 2015. – DOI: 10.1007/s00429-014-0971-x.

274. Structural and functional reorganization of the corpus callosum between the age of 6 and 8 years / R. Westerhausen, E. Luders, K. Specht [et al.] // *Cereb. Cortex.* – 2011. – Vol. 21, № 5. – P. 1012–1027.

275. Suarez R. Evolution and development of interhemispheric connections in the vertebrate forebrain [Electronic resource] / R. Suarez, I. Gobius, L. J. Richards // *Front. Hum. Neurosci.* – 2014. – Vol. 8. – P. 497. – DOI: 10.3389/fnhum.2014.00497.

276. A surface-based analysis of hemispheric asymmetries and folding of cerebral cortex in term-born human infants / J. Hill, D. Dierker, J. Neil [et al.] // *J. Neurosci.* – 2010. – Vol. 30, № 6. – P. 2268–2276.

277. Takeuchi N. Motor control and neural plasticity through interhemispheric interactions [Electronic resource] / N. Takeuchi, Y. Oouchida, S. Izumi // *Neural. Plast.* – 2012. – Article ID 823285. – DOI: 10.1155/2012/823285

278. Topographical organization of human corpus callosum: an fMRI mapping study / M. Fabri, G. Polonara, G. Mascioli [et al.] // *Brain Res.* – 2011. – Vol. 1370. – P. 99–111.

279. Track-weighted functional connectivity (TW-FC): a tool for characterizing the structural-functional connections in the brain / F. Calamante,

R. A. Masterton, J. D. Tournier [et al.] // *Neuroimage*. – 2013. – Vol. 70. – P. 199–210.

280. Tract-based spatial statistics of diffusion tensor imaging in hereditary spastic paraplegia with thin corpus callosum reveals widespread white matter changes / K. K. Oğuz, E. Sanverdi, A. Has [et al.] // *Diagn. Interv. Radiol.* – 2013. – Vol. 19, 3. – P. 181–186.

281. Tractography in the study of the human brain: a neurosurgical perspective / D. Fortin, C. Aubin-Lemay, A. Bor? [et al.] // *Can. J. Neurol. Sci.* – 2012. – Vol. 39, № 6. – P. 747–756.

282. Uddin L. Q. Complex relationships between structural and functional brain connectivity / L. Q. Uddin // *Trends Cogn. Sci.* – 2013. – Vol. 17, № 12. – P. 600–602.

283. Van der Knaap L. J. How does the corpus callosum mediate interhemispheric transfer? A review / L. J. van der Knaap, I. J. van der Ham // *Behav. Brain Res.* – 2011. – Vol. 223, № 1. – P. 211–221.

284. Velut S. Morphologic anatomy of the corpus callosum / S. Velu, C. Destrieux, M. Kakou // *Neurochirurgie*. – 1998. – Vol. 44, suppl 1. – P. 17–30.

285. When, where, and how the corpus callosum changes in MCI and AD: a multimodal MRI study / M. Di. Paola, F. Di Iulio, A. Cherubini [et al.] // *Neurology*. – 2010. – Vol. 74, № 14. – P. 1136–1142.

286. Yang L. L. Clinical features of acute corpus callosum infarction patients / L. L. Yang, Y. N. Huang, Z. T. Cui // *Int. J. Clin. Exp. Pathol.* – 2014. – Vol. 7, № 8. – P. 5160–5164.

287. Zeglam A. M. MRI or not to MRI! Should brain MRI be a routine investigation in children with autistic spectrum disorders? [Electronic resource] / A. M. Zeglam, M. F. Al-Ogab, T. Al-Shaftey // *Acta Neurol. Belg.* – 2014. – DOI: 10.1007/s13760-014-0384-x.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Боягина О. Д. Принцип устройства большого мозга человека (аналитический обзор литературы) / Ю. П. Костиленко, О. Д. Боягина // Медицина сьогодні і завтра. – 2015. – № 3 (68). – С. 10–18.
2. Боягина О. Д. Современные представления о мозолистом теле как о спайке нового плаща / О. Д. Боягина // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2015. – Т. 15, Вип. 3 (51), Ч. 2. – С. 293–299.
3. Боягина О. Д. Методы изучения мозолистого тела (аналитический обзор литературы) / О. Д. Боягина // Экспериментальна і клінічна медицина. – 2015. – № 4 (69). – С. 5–9.
4. Боягина О. Д. Представления о симметрии и асимметрии строения и функции полушарий большого мозга человека согласно данным литературы / О. Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 1 (124). – С. 10–14.
5. Боягина О. Д. Индивидуальная вариативность формы мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте по данным МРТ-изображений / О. Д. Боягина // Вісник проблем біології і медицини. – 2015. – Вип. 4, Т. 2 (125). – С. 291–294.
6. Боягина О. Д. Линейные метрические параметры индивидуальной вариативности полового диморфизма мозолистого тела людей зрелого возраста по данным МРТ-изображений / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко, А. В. Мангов, И. А. Инюточкина // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 2, Т. 1 (128). – С. 353–359.
7. Боягина О. Д. Форма внутренней организации мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте / Ю. П. Костиленко, О. Д. Боягина // Scientific Journal «ScienceRise». – 2016. – № 4/3 (21). – С. 4–8.

8. Боягина О. Д. Половой диморфизм внешнего строения ствольного отдела мозолистого тела людей зрелого возраста / О. Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 3 (57). – С. 27–30.
9. Боягина О. Д. Ориентировочные метрические параметры основных структурных образований мозолистого тела человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Вип. 4, Т. 2 (134). – С. 184–188.
10. Боягина О. Д. Микроархитектоника мозолистого тела людей зрелого возраста / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Morphologia. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 12–17.
11. Боягина О. Д. Результаты изучения микроскопического строения мозолистого тела человека с помощью рутинных гистологических методов / О. Д. Боягина // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 4 (58). – С. 74–78.
12. Боягина О. Д. Строение мозолистого тела человека в посмертном состоянии сравнительно с его МРТ-изображением / О. Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2016. – № 5 (254). – P. 87–92.
13. Боягина О. Д. Строение прозрачной перегородки и ее отношение к мозолистому телу человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Journal of Education, Health and Sport. – 2016. – № 6 (12). – P. 895–905.
14. Боягина О. Д. Общий принцип внутренней структуры мозолистого тела людей в зрелом возрасте / О. Д. Боягина // Georgian Medical News. – 2017. – № 1 (262). – P. 82–87.
15. Voiagina O. The features of blood supply of corpus callosum and the structure of its hemomicrocirculatory channel / O. Voiagina // Eureka: Health Science. – 2017. – № 1. – P. 9–16.
16. Боягина О. Д. Гематоцеллюлярная организация миелоархитектоники мозолистого тела человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2017. – Т. 17, Вип. 1 (57). –

С. 221–225.

17. Боягина О. Д. Иерархические уровни морфологической организации нервных волокон в мозолистом теле человека / О. Д. Боягина // *Morphologia*. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 7–11.

18. Voiagina O.D. Morphological study of communication between the longitudinal strips and the human corpus callosum / O.D. Voiagina // *International Journal of Medicine and Medical Research*. – 2017. – Vol. 3 (1). – P. 70-74.

19. Боягина О. Д. Метрическая характеристика анатомических препаратов мозолистого тела мужчин зрелого возраста / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко, А. С. Линник, Н. Ю. Яковцова, Р. А. Молодчий // *Світ медицини та біології*. – 2017. – № 3 (61). – С. 85–89.

20. Боягина О. Д. Зависимость формы мозолистого тела людей второго периода зрелого возраста от краниометрических показателей мозгового отдела черепа / О. Д. Боягина // *Journal of Education, Health and Sport*. – 2017. – № 7 (8). – P. 797–807.

21. Voiagina O. Planimetric characteristic of corpus callosum sagittal profile of men in the middle and advanced age / O. Voiagina, Yu. Kostilenko // *Georgian Medical News*. – 2017. – № 10 (271). – P. 138–143.

22. Боягина О. Д. Морфологические отношения между сводом мозга и мозолистым телом человека / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. – 2017. – Т. 16, № 4 (62). – С. 94–97.

23. Боягина О. Д. Сравнительная оценка МРТ-изображений сагиттального профиля мозолистого тела человека и соответствующих им анатомических препаратов / О. Д. Боягина, Ю. П. Костиленко // *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. – 2017. – Т. 17, Вип. 4 (60), Ч. 1. – С. 13–17.

24. Боягина О. Д. Морфометрическая характеристика мозолистого тела женщин второго периода зрелого возраста по данным МР-томограмм и анатомических препаратов / О. Д. Боягина // *Буковинський медичний вісник*. – 2017. – Т. 21, № 4 (84). – С. 9–16.

25. Боягіна О. Д. Внутрішня будова мозолистого тіла людей зрілого віку / О. Д. Боягіна // Прикладні аспекти морфології: збірник матеріалів науково-практичної конференції, Тернопіль, 20–21 жовтня 2016 р. / Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України». – Тернопіль, 2016. – С. 15–17.

26. Боягіна О. Д. Індивідуальна мінливість форми мозолистого тіла чоловіків і жінок за даними МРТ-зображень / О. Д. Боягіна // Сучасні аспекти морфології людини: успіхи, проблеми та перспективи: збірник матеріалів заочної науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченої 150-річчю з дня народження професора М.Ф. Мельникова-Разведенкова, Харків, 24 грудня 2016 р. / Харківський національний медичний університет. – Харків, 2016. – С. 47–48.

27. Боягіна О. Д. Кровообіг мозолистого тіла та будова його гемомікроциркуляторного русла / О. Д. Боягіна, Ю. П. Костиленко // Прикладні аспекти морфології: науково-практична конференція, присвячена пам'яті професорів-морфологів Терентьєва Г.В., Роменського О.Ю., Когана Б.Й., Шапаренка П.П., Жученка С.П., Вінниця, 21–22 вересня 2017 р. / Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова. – Вінниця, 2017. – С. 38–40.

28. Voiagina O. Special aspects of the relationship between human corpus callosum and fornix / O. Voiagina // Technology transfer: innovative solutions in medicine: proceedings of the 1<sup>st</sup> Annual Conference, Tallinn, Estonia, 26 October 2017. – Tallinn, 2017. – P. 6–8.

29. Боягіна О. Д. Порівняльна характеристика морфометричних показників мозолистого тіла головного мозку жінок другого періоду зрілого віку за даними МРТ-зображень та анатомічних препаратів / О. Д. Боягіна // The development of medical sciences: problems and solutions: proceedings of the Conference, Brno, 27–28 April 2018. – Brno, 2018. – P. 29–32.



## АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Науково-практична конференція за участю міжнародних спеціалістів «Індивідуальна анатомічна мінливість органів, систем, тканин людини і її значення для практичної медицини і стоматології», присвячена 80-річчю з дня народження професора М. С. Скрипнікова (Полтава, 2016) – усна доповідь, публікація.

2. Науково-практична конференція «Прикладні аспекти морфології» (Тернопіль, 2016) – публікація тез.

3. Заочна науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 150-річчю з дня народження професора М. Ф. Мельникова-Разведенкова «Сучасні аспекти морфології людини: успіхи, проблеми та перспективи» (Харків, 2016) – публікація тез.

4. Науково-практична конференція «Прикладні аспекти морфології», присвячена пам'яті професорів-морфологів Терентьєва Г. В., Роменського О. Ю., Когана Б. Й., Шапаренка П. П., Жученка С. П. (Вінниця, 2017) – усна доповідь, публікація тез.

5. Перша щорічна конференція «Technology transfer: innovative solutions in medicine» (Естонія, Таллінн, 2017) – публікація тез.

6. Міжнародна науково-практична конференція «The development of medical sciences: problems and solutions» (Чеська республіка, Брно, 2018) – публікація тез.

7. Засідання Харківського обласного осередка АГЕТ (Харків, 2015 – 2017) – усні доповіді.