

## МЕДИЧНІ НАУКИ

УДК 611.813.9-053-055.1/3

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.67450

**ФОРМА ВНУТРЕННЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА МУЖЧИН И ЖЕНЩИН В ЗРЕЛОМ ВОЗРАСТЕ**

© Ю. П. Костиленко, О. Д. Боягина

Мозолистое тело человека является коллекторным объединением нервных проводников, называемых нами фуникулярными субъединицами мозолистого тела. По плотности их компоновки выделяется два типа мозолистого тела – плотный и разреженный. Толща комиссуральных канатиков посредством интерстициальных прослоек расчленена на секции, в пределах которых сосредоточены отдельные совокупности нервных волокон, которые мы называем фасцикулярными порциями мозолистого тела

**Ключевые слова:** мозолистое тело, фуникулярные субъединицы, комиссуральные канатики, фасцикулярные порции, пластинированные срезы

**Aim.** To study the special features of the male and female corpus callosum internal organization at the mature age.

**Materials and methods.** The total preparations of the male and female corpus callosum (10 preparation of each sex) at 45–60 years old were used as the material. The given preparations were used to get from it the plate cuts in the two mutually perpendicular planes with 2 mm. thick. Then the received tissue plates of the corpus callosum underwent plastination in the epoxy. Then the preparations were extracted from the non-polymerized epoxy and placed on the polyethylene film that was covered with the other film of the same size. Further this stratified block was placed amid the two glasses of the equal size that shrunk together by placing the small load on it. After the complete polymerization the received epoxy plates with the corpus callosum tissue contained in it underwent the gentle grinding and the accurate polish and as the result was obtained the surface denudation of its tissue structures that were colored with the 1 % solution of blue methylene for 1 % borax solution.

**Results of research.** At the study of the corpus callosum plastinated cuts in saggital plane was revealed that the transverse platen-form elevations of its higher surface are the cord-form tenias standing out from within and going through the corpus callosum. At its studying in the transverse cut was established that in adults can be separated two types of corpus callosum by its density: the dense one and disperse one.

At the large increases of the binocular loupe (microscope MBS-9) can be seen the gaps between the adjacent commissural cords. Within it can be detected the blood vessels. On the transverse cut of commissural cords in its depth are revealed the thinnest streaks which totality consists of the two alternate dark and light lines that form the layered striation. Among the series of the light lines are visible the interlayer that separate the whole depth of commissural

**Conclusions.** The human corpus callosum is the collector combination of the nerve conductors ordered by the separate portion totalities and having the cord form near 3 mm. These constructions that we call the funicular subunits of the corpus callosum form the transverse platen-form elevations on the higher surface named transverse lines. There are two types of the corpus callosum by the density of commissural cords composition – the dense one and the disperse one. The commissural cords depth is dismembered by interstitial interlayer into the certain number of layered sections within which are concentrated the separate totalities of the nerve fibers named the corpus callosum fascicular portions

**Keywords:** corpus callosum, funicular subunits, commissural cords, fascicular portions, plastinated cuts

**1. Введение**

Имеющиеся в настоящее время в литературе сведения о внутреннем строении мозолистого тела человека сводятся в основном к тому, что оно в своей массе состоит из огромного количества (около  $10^6$ ) преимущественно миелинизированных нервных во-

локон различной толщины, которые осуществляют комиссуральную связь между нервными клетками новой коры обоих полушарий [1]. При этом считается, что в колоне мозолистого тела сомкнуты межполушарные волокна лобных долей, в его стволе сосредоточены проводники между задними отделами

лобных и теменными долями, а в утолщении (валике) сходятся волокна затылочных и височных долей. В частности и в целом именно такого плана придерживаются исследователи при изучении траектории коммиссуральных волокон и топографического распределения их в мозолистом теле с помощью различных методов магнитно-резонансной томографии [2–7].

## 2. Обоснование исследования

Предварительно полученные нами данные об анатомическом строении мозолистого тела (которые свидетельствуют о том, что оно на самом деле, то есть не так, как это представлено в литературе [8, 9], состоит из определенного количества визуализируемых на макроскопическом уровне проводниковых канатиков) вынуждают усомниться в правильности такого методологического подхода. В связи с этим возникла необходимость в более подробном изучении особенностей внутренней организации мозолистого тела.

## 3. Цель исследования

Изучить особенности внутренней организации мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте.

## 4. Материалы и методы

Материалом служили тотальные препараты мозолистого тела мужчин и женщин (по 10 препаратов) в возрасте от 45 до 60 лет, умерших по причинам, не связанным с патологией центральной нервной системы, которые получены в Харьковском областном бюро судебно-медицинской экспертизы.

После всесторонней фотодокументации данные препараты использованы для получения из них пластинчатых срезов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (в продольном и поперечном направлении ствола мозолистого тела), толщиной 2 мм. Стандартизация их толщины была обеспечена посредством сконструированного для этого двухлезвийного секционного ножа, который представляет собой двухмиллиметровую пластинку, к одному концу которой с двух сторон прикрепляются два лезвия безопасной бритвы, как это показано на рис. 1.

В дальнейшем полученные таким образом тканевые пластинки мозолистого тела подвергали пластикации в эпоксидной смоле по следующей схеме:

1 – отмывка от формалина и ступенчатая дегидратация в спиртах;

2 – замещение в тканях спирта ацетоном в такой последовательности: 2 части спирта / 1 часть ацетона – 1 часть спирта / 2 части ацетона – чистый ацетон, с экспозицией в каждой смене не менее 3 часов;

3 – замещение в тканях ацетона эпоксидной смолой в такой последовательности: 2 части ацетона / 1 часть эпоксидной смолы – 1 часть ацетона / 2 части эпоксидной смолы – чистая эпоксидная смола, с экспозицией в каждой смене не более 1,5 часов.

В качестве эпоксидной смолы мы использовали эпоксидный клей марки «Химконтакт-Эпокси».

Необходимо только учитывать, что для пропитки тканей его можно использовать лишь в течение 2 часов. Поэтому его смесь с отвердителем для каждой смены необходимо готовить заново.

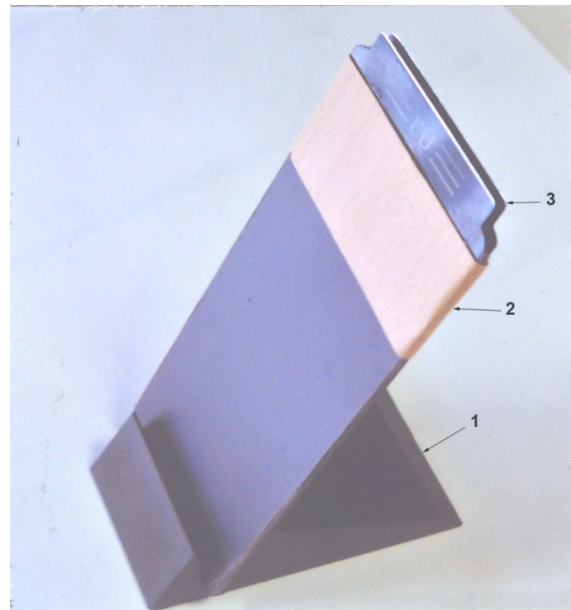


Рис. 1. Двухлезвийный секционный нож:  
1 – основание из пластиковой пластинки, толщиной 2 мм; 2 – фиксирующий обхват для лезвий; 3 – лезвия безопасных бритв

Следующая процедура заключается в извлечении препаратов из еще незаполимеризовавшейся эпоксидной смолы и помещении их на заранее подготовленную полиэтиленовую пленку, которая сверху покрывается такой же по размеру пленкой. Далее такой послойный блок помещается между двумя равными по размеру стеклами, которые сжимаются между собой путем помещения на них небольшого груза или с помощью канцелярских зажимов. Сближение при этом между стеклами в процессе полимеризации смолы приводит к равномерному уплотнению всех пластинчатых срезов мозолистого тела благодаря их стандартизированной толщине.

После полной полимеризации получившиеся эпоксидные пластинки с заключенными в них тканями мозолистого тела подвергались щадящей шлифовке и тщательной полировке, в результате чего достигалось поверхностное обнажение его тканевых структур, которые мы окрашивали 1 % раствором метиленового синего на 1 % растворе буры. Достоинством данного метода является то, что благодаря отличным просветляющим свойствам эпоксидной смолы и относительно толстым срезам удается просмотреть по глубине форму составляющих мозолистое тело образований. Изучение их и фотодокументация осуществлены с помощью микроскопа МБС-9 (бинокулярная лупа), оснащенного цифровой фотопроставкой.

## 5. Результаты исследования

При исследовании пластицированных срезов мозолистого тела в сагиттальной плоскости выяв-

лено, что поперечные валикообразные возвышения его верхней поверхности являются выступающими изнутри канатикообразными тяжами, проходящими через мозолистое тело (рис. 2). При изучении их в поперечном сечении установлено, что у взрослых людей по плотности их компоновки можно выделить два типа мозолистого тела: плотный и разреженный.

При больших увеличениях бинокулярной лупы (микроскоп МБС-9) видны промежутки между смежными комиссуральными канатиками (рис. 3). В их пределах различимы кровеносные сосуды. На поперечном сечении комиссуральных канатиков в их толще выявлены тончайшие прожилки, совокупность которых состоит из чередующихся между собой темных и светлых полосок, образующих слоистую исчерченность. Среди рядов светлых полосок видны прослойки, разделяющие всю толщу комиссуральных канатиков на секции, по пределам которых распределены нервные волокна.

### 6. Обсуждение результатов

Прежде чем начинать анализ данных препаратов, необходимо вкратце познакомиться с некоторыми особенностями внешнего строения мозолистого тела, без которых нельзя понять его внутреннее строение. В основном это относится к специфике рельефа его верхней (особенно) и нижней поверхностей.

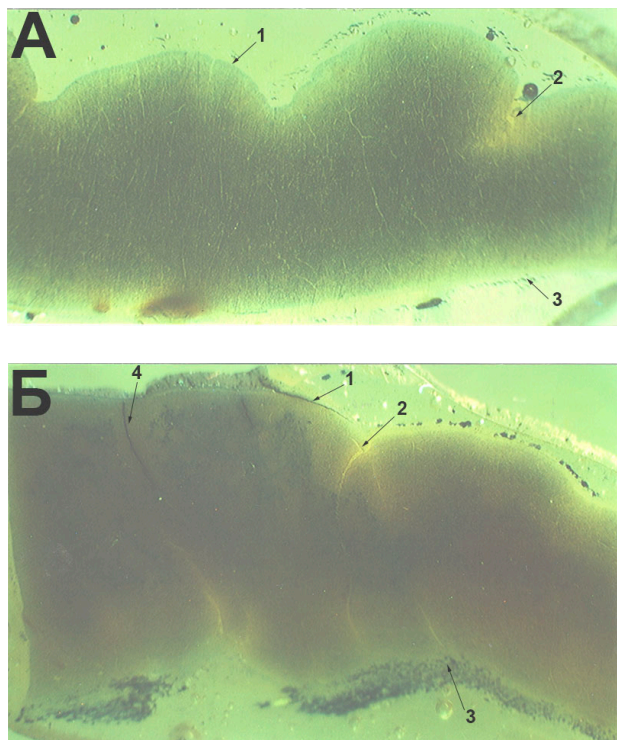


Рис. 2. Стволовой отдел мозолистого тела в сагиттальной плоскости сечения (А – мужчины, Б – женщины). Эпоксидный шлиф, окраска метиленовым синим. Бинокулярная лупа (микроскоп МБС-9), объектив 2: 1 – комиссуральные канатики и их возвышения над верхней поверхностью мозолистого тела; 2 – разделительные щели между комиссуральными канатиками; 3 – нижняя поверхность мозолистого тела; 4 – кровеносный сосуд

В рельефе верхней поверхности легко распознаются те образования, которые фигурируют в литературе под названием продольных и поперечных полосок. При внимательном их рассмотрении мы приходим к выводу, что такое название (полоски) в какой-то мере приемлемо по отношению к продольно ориентированным образованиям, но никак оно не согласуется с поперечным рядом образований, ибо на самом деле они представляют собой поперечно расположенные валикообразные возвышения, толщиной от 2,0 до 3,5 мм. Интересно, что на нижней поверхности, противоположно этим образованиям, хорошо различаются подобные поперечные выпячивания, с той лишь разницей, что они менее выражены. На основе этого можно сделать вывод, что данные образования являются внешним отображением внутреннего строения мозолистого тела.

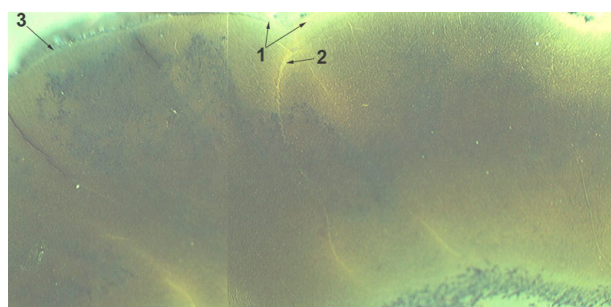


Рис. 3. Предыдущий препарат мозолистого тела женщины при большем увеличении (объектив 4): 1 – комиссуральные канатики в поперечном сечении; 2 – разделяющие их соединительнотканые прослойки (септы); 3 – верхняя поверхность мозолистого тела

Действительно, если изучать пластилированные срезы мозолистого тела в его продольном сечении, можно убедиться в том, что поперечные валикообразные возвышения его верхней поверхности являются поверхностно выступающими изнутри округлыми канатикообразными тяжами, проходящими транзитно через мозолистое тело из одного полушария в толщу другого. При этом в толще мозолистого тела они располагаются между собой настолько тесно, что границы между ними различаются с большим трудом. Кроме того, в результате такой плотной компоновки их поперечные профили имеют, в подавляющем большинстве, несколько сплюснутую в переднезаднем направлении форму во всю толщу мозолистого тела. Однако нередко среди них встречаются поверхностно расположенные канатики, которые обычно со стороны верхней поверхности вклиниваются между смежными подлежащими канатиками, приобретая на поперечном срезе угловатую форму (рис. 2).

Следовательно, в толще мозолистого тела просматривается упорядоченность в форме ассоциации в его составе определенного количества отдельных порционных совокупностей нервных проводников, доступных визуализации невооруженным глазом в

виде канатиков, толщиной около 3 мм. В связи с тем, что в литературе о них нет даже упоминаний, мы предлагаем их называть комиссуральными канатиками или фуникулярными субъединицами мозолистого тела первого порядка.

В процессе изучения пластинированных в эпоксидной смоле продольных срезов мозолистого тела, на которых комиссуральные канатики выявляются в поперечном сечении, нами установлено, что у взрослых людей по плотности их компоновки можно выделить два типа мозолистого тела. Первый тип мы назовем плотным, а второй – разреженным, конечно, в относительном понимании. Внимания заслуживает то, что среди изученных нами препаратов у мужчин второй тип оказался в двух случаях из 10, тогда как у женщин – в пяти, в связи с чем возникает желание данный тип компоновки (разреженный) мозолистого тела отнести к женскому. Однако мы понимаем, что эта статистика не является убедительной из-за малой подборки препаратов.

При больших увеличениях бинокулярной лупы (микроскоп МБС-9) удается более подробно различить разграничительные промежутки между смежными комиссуральными канатиками, которые обычно берут начало со стороны верхней поверхности мозолистого тела (как продолжение углублений между поперечными валикообразными возвышениями). Особо выразительными по ширине они являются на препаратах мозолистого тела разреженного типа (рис. 3). Данные щели по их расположению можно с полным основанием рассматривать в качестве межфуникулярных соединительнотканых септ, которые в основном состоят из аморфного (коллоидного) вещества в сети ретикулиновых волокон. В их пределах удается обнаружить кровеносные сосуды с разным профилем сечения. В настоящее время мы ограничиваемся только констатацией их расположения.

Теперь обратим внимание на внутреннюю структуру комиссуральных канатиков, которая в общих чертах различима в пределах их поперечного сечения (рис. 3). В такой проекции видно, что их толщина испещрена тончайшими прожилками, имеющими преимущественно верхненижнюю ориентацию. Вся совокупность этих прожилок состоит из чередующихся между собой темных и светлых полосок, образующих в целом слоистую исчерченность, что совсем не согласуется с нашим первоначальным предположением о должном продольно-осевом принципе внутренней структурной организации этих канатиков.

Присмотревшись внимательно к данной исчерченности, мы обнаружим, что среди рядов светлых полосок (которые несомненно являются интерстициальными прослойками) находятся более выразительные по ширине прослойки, разделяющие всю толщу комиссуральных канатиков на отдельные слоистые секции, по пределам которых распределены нервные волокна. Пока что ориентировочно мы склонны их называть фасцикулярными (пучковыми) порциями

проводниковых канатиков мозолистого тела (слово «порцион» мы заимствовали у Г. Г. Автандилова [10]).

Следует отметить, что на эпоксидных шлифах внутреннюю структуру фасцикулярных порционов различить не представляется возможным. Однако данные препараты с успехом были использованы нами для изготовления полутонких срезов, результаты изучения которых явятся содержанием следующей публикации.

## 7. Выводы

1. Мозолистое тело человека представляет собой не однообразную по структуре, как принято считать, компактную массу огромного множества нервных волокон, осуществляющих комиссуральную связь между контрлатеральными корковыми центрами полушарий, а является коллекторным объединением упорядоченных по отдельным порционным совокупностям нервных проводников, имеющих канатикообразную форму, диаметром около 3 мм.

Данные образования, которые мы называем фуникулярными субъединицами мозолистого тела, имея округлую форму, несколько выпячиваются на верхней и нижней поверхностях его, образуя поперечные валикообразные возвышения, которые на верхней поверхности известны под названием поперечных полосок.

2. По плотности компоновки комиссуральных канатиков (фуникулярных субъединиц) выделяется два типа мозолистого тела – плотный и разреженный. Последний тип чаще встречается среди женщин.

3. Толща комиссуральных канатиков посредством интерстициальных прослоек расчленена на определенное множество слоистых секций, в пределах которых сосредоточены отдельные совокупности нервных волокон, которые мы называем фасцикулярными порциями мозолистого тела.

## Литература

1. Буклина, С. Б. Мозолистое тело, межполушарное взаимодействие и функции правого полушария мозга [Текст] / С. Б. Буклина // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2004. – Т. 104, № 5. – С. 8–14.
2. Ardekani, B. A. Corpus callosum shape changes in early Alzheimer's disease: an MRI study using the OASIS brain database [Text] / B. A. Ardekani, A. H. Bachman, K. Figarsky, J. J. Sidtis // Brain Structure and Function. – 2013. – Vol. 219, Issue 1. – P. 343–352. doi: 10.1007/s00429-013-0503-0
3. Ardekani, B. A. Sexual dimorphism in the human corpus callosum: an MRI study using the OASIS brain database [Text] / B. A. Ardekani, K. Figarsky, J. J. Sidtis // Cerebral Cortex. – 2012. – Vol. 23, Issue 10. – P. 2514–2520. doi: 10.1093/cercor/bhs253
4. Blanchet, B. The anatomy and the MRI anatomy of the interhemispheric cerebral commissures [Text] / B. Blanchet, J. Roland, M. Braun et. al // J. Neuroradiol. – 1995. – Vol. 22, Issue 4. – P. 237–251.
5. Bruner, E. Gender-based differences in the shape of the human corpus callosum are associated with allometric vari-

ations [Text] / E. Bruner, J. M. de la Cuetara, R. Colom, M. Martin-Loeches // Journal of Anatomy. – 2012. – Vol. 220, Issue 4. – P. 417–421. doi: 10.1111/j.1469-7580.2012.01476.x

6. Garel, C. Biometry of the corpus callosum in children: MR imaging reference data [Text] / C. Garel, I. Cont, C. Alberti, E. Josserand, M. L. Moutard, H. Ducou le Pointe // American Journal of Neuroradiology. – 2011. – Vol. 32, Issue 8. – P. 1436–1443. doi: 10.3174/ajnr.a2542

7. Yang, F. Comparative study of ultrasonography and magnetic resonance imaging in midline structures of fetal brain [Text] / F. Yang, T. Z. Yang, H. Luo et. al // Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban. – 2012. – Vol. 43, Issue 5. – P. 720–724.

8. Jovanov-Milosević, N. Transient cellular structures in developing corpus callosum of the human brain [Text] / N. Jovanov-Milosević, V. Benjak, I. Kostović // Coll. Antropol. – 2006. – Vol. 30, Issue 2. – P. 375–381.

9. Van der Knaap, L. J. How does the corpus callosum mediate interhemispheric transfer? A review [Text] / L. J. Van der Knaap, I. J. van der Ham // Behavioural Brain Research. – 2011. – Vol. 223, Issue 1. – P. 211–221. doi: 10.1016/j.bbr.2011.04.018

10. Автандилов, Г. Г. Введение в количественную патологическую морфологию [Текст] / Г. Г. Автандилов. – Москва: Медицина, 1980. – С. 18.

#### References

1. Buklina, S. B. (2004). Mozolistoe telo, mezhpolusharnoe vzaimodejstvie i funkcii pravogo polushariya mozga. Zhurnal nevrologii i psixiatrii im. S. S. Korsakova, 104 (5), 8–14.

2. Ardekani, B. A., Bachman, A. H., Figarsky, K., Sidtis, J. J. (2013). Corpus callosum shape changes in early Alzheimer's disease: an MRI study using the OASIS brain database.

Brain Structure and Function, 219 (1), 343–352. doi: 10.1007/s00429-013-0503-0

3. Ardekani, B. A., Figarsky, K., Sidtis, J. J. (2012). Sexual Dimorphism in the Human Corpus Callosum: An MRI Study Using the OASIS Brain Database. Cerebral Cortex, 23 (10), 2514–2520. doi: 10.1093/cercor/bhs253

4. Blanchet, B., Roland, J., Braun, M. et. al (1995). The anatomy and the MRI anatomy of the interhemispheric cerebral commissures, 22 (4), 237–251.

5. Bruner, E., de la Cuétara, J. M., Colom, R., Martin-Loeches, M. (2012). Gender-based differences in the shape of the human corpus callosum are associated with allometric variations. Journal of Anatomy, 220 (4), 417–421. doi: 10.1111/j.1469-7580.2012.01476.x

6. Garel, C., Cont, I., Alberti, C., Josserand, E., Moutard, M. L., Ducou le Pointe, H. (2011). Biometry of the Corpus Callosum in Children: MR Imaging Reference Data. American Journal of Neuroradiology, 32 (8), 1436–1443. doi: 10.3174/ajnr.a2542

7. Yang, F., Yang, T. Z., Luo, H. et. al (2012). Comparative study of ultrasonography and magnetic resonance imaging in midline structures of fetal brain. Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban, 43 (5), 720–724.

8. Jovanov-Milosević, N., Benjak, V., Kostović, I. (2006). Transient cellular structures in developing corpus callosum of the human brain, 30 (2), 375–381.

9. Van der Knaap, L. J., van der Ham, I. J. M. (2011). How does the corpus callosum mediate interhemispheric transfer? A review. Behavioural Brain Research, 223 (1), 211–221. doi: 10.1016/j.bbr.2011.04.018

10. Avtandilov, G. G. (1980). Vvedenie v kolichestvennyu patologicheskuyu morfologiyu. Moscow: Medicina, 18.

*Дата надходження рукопису 04.03.2016*

**Костиленко Юрий Петрович**, доктор медицинских наук, профессор, кафедра анатомии человека, ВГУЗУ «Украинская медицинская стоматологическая академия», ул. Шевченко, 23, г. Полтава, Украина, 36011

**Боягина Ольга Дмитриевна**, кандидат медицинских наук, доцент, кафедра анатомии человека, Харьковский национальный медицинский университет, пр. Науки, 4, г. Харьков, Украина, 61022  
E-mail: olya-boyagina@yandex.ru