
МОРФОЛОГІЯ

© Боягина О. Д., Костиленко Ю. П.

УДК 611.813.9.06

Боягина О. Д., *Костиленко Ю. П.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ МЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОСНОВНЫХ СТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Харьковский национальный медицинский университет

(г. Харьков)

*ВГУЗУ «Украинская медицинская стоматологическая академия»

(г. Полтава)

olya-boyagina@yandex.ru

Работа выполнена в соответствии с тематическим планом научных исследований кафедры анатомии человека ХНМУ «Морфологические особенности органов и систем тела человека на этапах онтогенеза», № государственной регистрации – 0114U004149.

Вступление. В настоящее время в литературе строение мозолистого тела ограничивается в основном только внешним описанием и тем, что оно состоит из огромного количества плотно сконцентрированных миелинизированных нервных волокон, осуществляющих комиссуральную связь между контрлатеральными корковыми центрами нового плаща [1, 7-9]. Что касается его внутренней структуры, то о ней можно судить только по тем данным, которые относятся к гистологическому строению белого вещества центральной нервной системы. Учитывая то, что мозолистое тело представляет собой комиссуральный (спаечный) отрог белого вещества большого мозга, можно безошибочно говорить, что оно состоит всего лишь из трех тканевых компонентов, которыми являются: 1 – нервные волокна, как главные функциональные элементы; 2 – связанные с ними нейроглиальные клетки и 3 – кровеносные микрососуды, размещенные в соединительнотканых (интерстициальных) прослойках [3,5,6].

Но, разумеется, в системном понимании все они составляют не простую сумму слагаемых, а сложную конструктивную общность, которая морфологически выражается в особой соразмерной пространственной организованности их в соответствующем объемном пределе мозолистого тела. Вначале, естественно, интересно знать, какое количество нервных проводников проложено через него в процессе эмбриогенеза и ранних стадий постнатальной жизни. Судя по данным литературы, в настоящее время никто точно не может назвать какое-то определенное число, ибо по одним источникам указывается на двухсотмиллионный их состав, а по другим – в полтора раза больше. По нашему мне-

нию, такой количественный разноразный объясняется тем, что по-настоящему их никто точно не подсчитывал, и, как мы убедимся в дальнейшем, достичь этого очень сложно, если не прибегать к приближенным оценкам, например, к расчету плотности концентрации нервных волокон на единицу площади сагиттального сечения мозолистого тела. Но для этого необходимо знать их толщину, о которой в литературе (относительно мозолистого тела) точные данные отсутствуют.

Но при этом следует учитывать, что мозолистое тело не является сплошным массивом миелинизированных нервных волокон, как об этом принято думать. Прежде всего необходимо делать поправки на интерстициальное пространство, которое, согласно нашим данным [3], представлено разветвленной трехмерной сетью прослоек рыхлой волокнистой соединительной ткани с содержащимися в них кровеносными микрососудами. Здесь уместно привести данные литературы, согласно которым в массе мозгового вещества на долю интерстициального пространства приходится около 30% [4].

Кроме того, нельзя сбрасывать со счетов и ту объемную долю, которая приходится на общее количество клеток макроглии – фибриллярных астроцитов и интерфасцикулярных олигодендроцитов, которых (особенно последних) в мозолистом теле (как будет нами показано) несметное количество.

Учитывая такую многозначность количественных параметров мозолистого тела, мы поставили **цель** установить конкретное метрическое значение его указанных выше основных образований.

Объект и методы исследования. Исходным материалом служили иссеченные плоские пластинки (толщиной 2 мм) из предварительно фиксированных в 10% растворе нейтрального формалина тотальных препаратов мозолистого тела мужчин и женщин зрелого возраста.

Полученные таким образом тонкие пластинки (стандартизированной толщины) мозолистого тела были разделены на две группы, одну из которых

подвергали импрегнации в 1% растворе четырехоксида осмия, как это принято в трансмиссионной электронной микроскопии. Другими словами, мы получали отдельно неосмированные и осмированные тканевые образцы мозолистого тела, которые затем подвергали пластикации в эпоксидной смоле, с той лишь разницей, что для первых использовали ее технический аналог в виде эпоксидного клея «Химконтакт-Эпокси», а для осмированных – эпон-812 [2].

После полной полимеризации из полученных блоков изготовлены тонкие полированные шлифы и серийные полутонкие срезы, красителем для которых служил 1% раствор метиленового синего на 1% растворе буры.

Кроме того в работе использованы традиционные (парафиновые) срезы с окраской гематоксилином и эозином и по Ван-Гизону.

Изучение препаратов и микросъемка осуществлены с помощью светового микроскопа «Конус», оснащенного цифровой фотоприставкой. Все приводимые линейные размеры основных тканевых структур мозолистого тела мы определяли с помощью микроскопа ВХ-41 фирмы «Олимпус» с цифровой фотонасадкой и пакетом лицензионных программ для проведения морфометрических измерений.

Результаты исследования и их обсуждение.

Предпринятое нами целевое изучение строения мозолистого тела позволило по-новому понять его сложное внутреннее содержание, заключающееся во многоуровневом порядке морфологической организованности в нем транзитно проходящих в контрлатеральном направлении миелинизированных нервных волокон различной толщины. Прежде всего установлено, что оно состоит из интегрированной совокупности однотипных по структуре и размеру (но не по форме) хорошо различимых невооруженным глазом образований, которые мы называем комиссуральными канатиками (рис. 1). Внешним проявлением их на верхней поверхности мозолистого тела являются так называемые поперечные полосы, толщина которых изменчива в пределах от 2,0 до 3,3 мм. Форма их подвержена трансформации в зависимости от занимаемого ими места в мозолистом теле, а также от индивидуальной и половой вариативности последнего [3]. Данные образования разделены между собой прослой-

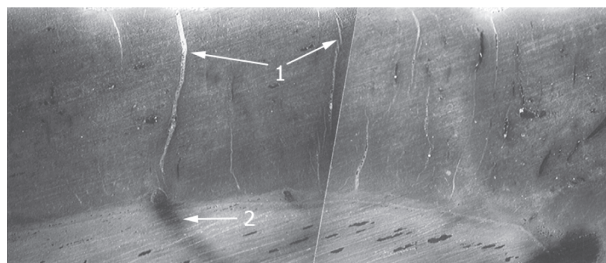


Рис. 1. Ствол мозолистого тела. Окраска метиленовым синим. х4.

- 1 – межфасцикулярные соединительнотканые прослойки, в которых локализуются перфорирующие артериоло-венулярные анастомозы;
- 2 – венозные сосуды прозрачной перегородки.

ками рыхлой волокнистой соединительной ткани, в которых локализуются резистивные и емкостные кровеносные микрососуды. Толщина этих прослоек зависит от индивидуальных и половых различий, и в соответствии с этим находится в пределах от 0,1 до 0,4 мм. Отмечено, что у женщин они в среднем относительно шире, но в настоящее время на этот счет мы еще не располагаем достоверными статистическими данными.

В свою очередь комиссуральные канатики, которые можно рассматривать в качестве субъединиц мозолистого тела первого порядка, тоже не являются сплошными совокупностями нервных волокон. В их пределах последние распределены по отдельным слоистым группировкам, которые мы называем фасцикулярными порциями, толщина которых подвержена сильной изменчивости, зависящей всецело от переменной конфигурации в толще комиссуральных канатиков (рис. 2). Поэтому найти в этом разнообразии индивидуальные или половые черты не представляется возможным. Удаётся только установить, что минимальная толщина этих слоистых фасцикулярных порций приблизительно равна 0,2 мм, а максимальная – в 3 раза больше. Будучи тесно сближенными между собой, они разделены узкими интерстициальными прослойками (межфасцикулярными щелями), ширина которых находится в пределах от 5,0 до 15,0 мкм. Примечательным является то, что в них локализуются микрососуды капиллярного типа.

При изучении тонких эпоксидных шлифов и полутонких срезов осмированных тканей мозолистого тела привлекает внимание одна примечательная особенность, состоящая в том, что все поля фасцикулярных порций густо испещрены многочисленными кластерно расположенными светлыми ячейками, которые по ошибке можно принять за

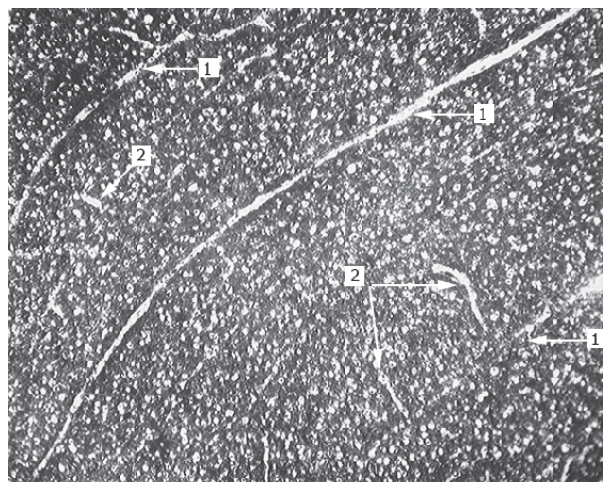


Рис. 2. Миелоархитектоника комиссуральных канатиков мозолистого тела взрослого мужчины. Эпоксидный шлиф, толщиной 0,3 мм, осмированной ткани. Окраска метиленовым синим. х10.

- 1 – межфасцикулярные интерстициальные прослойки;
- 2 – их поперечные внутрифасцикулярные отроги.

Остальная ячейчатая испещренность указывает на локализацию интерфасцикулярных олигодендроцитов среди пучков миелинизированных нервных волокон.

поперечные профили миелинизированных нервных волокон. На самом деле последние занимают между данными ячейками промежуточное положение, находясь между собой в плотно сгруппированной общности. Естественно возникает вопрос: что собой представляет ячеистая структура фасцикулярных порционов комиссуральных канатиков мозолистого тела? В процессе исследования выяснилось, что в каждой такой ячейке помещается по одной клетке. Установлено, что по всем цитологическим признакам эти клетки относятся к интерфасцикулярным олигодендроцитам, которые, как известно, ответственны за образование и обновление миелиновых оболочек нервных волокон [6]. Было определено, что данные ячейки имеют неправильную эллипсоидную форму, в связи с чем на гистологических срезах размеры их профильных очертаний варьируют от 10,0 до 20,0 мкм. При этом по объему они являются несколько обширнее содержащихся в них олигодендроцитов, размеры которых находятся в пределах от 5,0 до 12,0 мкм. Следовательно, для определения общего количества интерфасцикулярных олигодендроцитов в мозолистом теле можно судить (в относительном смысле) по плотности распределения содержащих их ячеек из расчета их количества на единицу площади его сагиттального профиля. По нашим подсчетам на 1 мм² их приходится около 1200 единиц. Но если представить себе весь объем свободной части мозолистого тела (в промежутке между двумя полушариями головного мозга), то общее количество в нем интерфасцикулярных олигодендроцитов достигнет огромных (неизмеримых) значений.

В литературе имеются косвенные данные, согласно которым в мозолистом теле интерфасцикулярные олигодендроциты в четыре раза превышают количество другого типа макроглиальных клеток – фибриллярных астроцитов [6]. В отличие от первых, которые структурно и функционально связаны с миелинизированными нервными волокнами, фибриллярные астроциты находятся от них в противоположной позиции, будучи связанными с

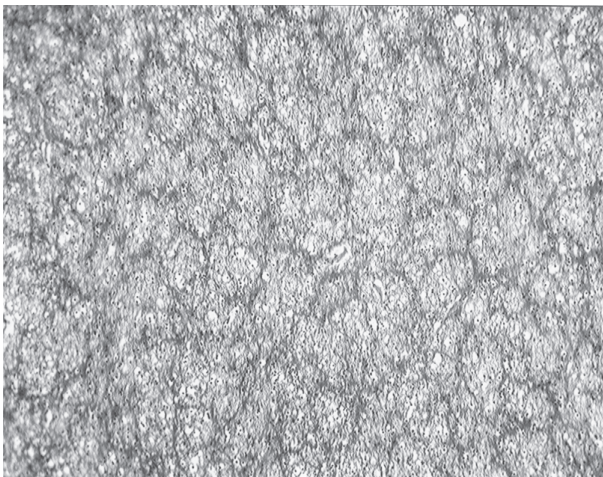


Рис. 3. Миелоархитектоника мозолистого тела мужчины зрелого возраста. Парафиновые срезы. Окраска по Ван-Гизону. x4.

кровеносными микрососудами, локализующимися в соединительнотканых (интерстициальных) прослойках между смежными фасцикулярными порциями. Данные глиальные клетки предназначены выполнять опосредующую связь в обменных процессах между кровью и интерфасцикулярными олигодендроцитами, о чем подробно изложено в наших предыдущих публикациях. Здесь же мы ограничимся только указанием на то, что размеры тел (перикарионов) этих периваскулярных глиальных клеток находятся между 9,0 и 16,0 мкм.

Теперь нам остается познакомиться с морфометрической характеристикой основополагающих образований мозолистого тела – миелинизированных нервных волокон. Согласно общепринятым представлениям такого типа нервные проводники в нервной системе широко варьируют по толщине в пределах от 4 до 20 мкм, соответствия прямо пропорционально скорости проведения нервного импульса. Но нам не известно, имеет ли место такой диапазон в мозолистом теле. Прежде чем выяснить этот вопрос, необходимо вкратце познакомиться с формой их организации в пределах его фасцикулярных порционов (более подробная информация об этом содержится в нашей предыдущей публикации [3]).

На основании объективных данных нами установлено, что в границах фасцикулярных порционов интерфасцикулярные олигодендроциты вместе со своими отростками образуют разветвленную соттовую сеть, в которой хорошо визуализируются отдельные ячейки, имеющие в основном гексагональную форму с расположенными по углам олигодендроцитами (**рис. 3**). Этим ячейкам мы присвоили название сотовых порционов, которые являются самыми минимальными совокупностями миелинизированных нервных волокон. Являясь таковыми,

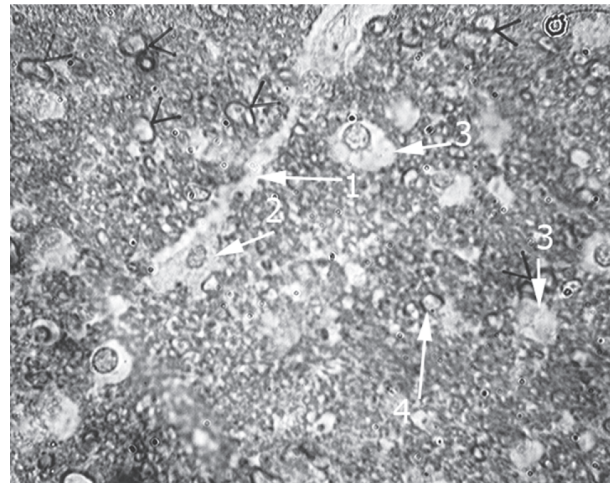


Рис. 4. Микроструктура фасцикулярных порционов мозолистого тела взрослой женщины. Неокрашенный полутонкий срез осмированной ткани. x100 (иммерсия).

1 – межфасцикулярные прослойки интерстиция; 2 – фибриллярные астроциты; 3 – интерфасцикулярные олигодендроциты; 4 – миелинизированные нервные волокна разной толщины (стрелками обозначены некоторые толстые нервные волокна).

они порционно сочетают в себе весь разнокалиберный набор миелинизированных нервных волокон, среди которых находятся только считанные единицы (примерно от 8 до 12) толстых проводников, диаметр которых редко немногим превышает 10 мкм. Иными словами в мозолистом теле отсутствуют нервные волокна с самой максимальной скоростью проведения нервного импульса, что соотносится с их толщиной в 20 мкм. Тем не менее в мозолистом теле это самые скоростные проводники среди остальных более многочисленных нервных волокон малого и среднего калибра, входящих в состав отдельных сотовых порционных (**рис. 4**). Интересным представляется тот факт, что данные самые толстые волокна в мозолистом теле, как правило, находятся рядом с ячейками олигодендроцитов, диаметр которых, напомним, варьирует в пределах от 10 до 20 мкм, а размер самих олигодендроцитов в среднем равен 10 мкм.

Данная микрофотография более отчетливо иллюстрирует узорчатую сеть, ячейками которой являются сотовые порционные.

Выводы. Мы привели эти цифры вовсе не в целях подсчета абсолютного количества относительно толстых нервных волокон в мозолистом теле, что практически неосуществимо, а для того,

чтобы задуматься об их роли в транзитном обмене информацией между контрлатеральными корковыми центрами нового плаща. В чем заключается роль данной высокоскоростной комиссуральной системы мозолистого тела, нам не известно. Но можно предположить, что индивидуальные особенности высшей нервной деятельности человека в какой-то мере зависят от количественного состава в нем толстых миелинизированных нервных волокон.

Перспективы дальнейших исследований. В этом отношении мы не могли не задаться вопросом о количественном различии между толстыми нервными волокнами в мозолистом теле мужчин и женщин. К сожалению, в настоящее время мы не располагаем на этот счет достоверными статистическими данными. Но тщательное, целенаправленное изучение соответствующих препаратов склоняет нас к мнению о наличии некоторого количественного их преобладания у мужчин. Этим замечанием мы только указываем на единственно возможный морфологический признак, который может служить ориентиром в дальнейшем поиске полового диморфизма мозолистого тела на микроскопическом уровне организации, ибо во всем остальном конструктивный принцип его миелоархитектоники не имеет половых различий.

Литература

1. 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.
2. Костиленко Ю.П. 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.
3. Костиленко Ю.П. Форма внутренней организации мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте / Ю.П. Костиленко, О.Д. Боягина // Scientific Journal «ScienceRise». – 2015. – № 4/3 (21). – С. 4-8.
4. Костюк П.Г. Физиология центральной нервной системы / П.Г. Костюк. – К.: Вища шк., 1977. – С. 25.
5. Питерс А. Ультраструктура нервной системы / А. Питерс, С. Палей, Г. Уэбстер. – Москва: Мир, 1972. – С. 90-112.
6. Хэм А. Гистология / А. Хэм, Д. Кормак. – Москва: Мир, 1983. – Т. 3. – С. 200-215.
7. Blanchet B. 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.
8. 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.
9. 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.

УДК: 611.813.9.06

ОРІЄНТОВНІ МЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ОСНОВНИХ СТРУКТУРНИХ УТВОРЕНЬ МОЗОЛИСТОГО ТІЛА ЛЮДИНИ

Боягіна О. Д., Костиленко Ю. П.

Резюме. Робота присвячена вивченню метричних параметрів деяких основних утворень мозолистого тіла. В результаті дослідження виявлено певне кількісне переважаання товстих нервових волокон у мозолистому тілі чоловіків порівняно з жінками. На жаль, у даний час ми не маємо на цей рахунок достовірних статистичних даних. Ми тільки вказуємо на єдино можливу морфологічну ознаку, яка може служити орієнтиром у подальшому пошуку статевого диморфізму мозолистого тіла на мікроскопічному рівні організації, бо в усьому іншому конструктивний принцип його миелоархітектоники не має статевих відмінностей.

Ключові слова: мозолисте тіло, комісуральні канатики, фасцикулярні порціони, інтерфасцикулярні олигодендроцити.

УДК: 611.813.9.06

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ МЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОСНОВНЫХ СТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Боягина О. Д., Костиленко Ю. П.

Резюме. Работа посвящена изучению метрических параметров некоторых основных образований мозолистого тела. В результате исследования выявлено некоторое количественное преобладание толстых

нервных волокон в мозолистом теле мужчин по сравнению с женщинами. К сожалению, в настоящее время мы не располагаем на этот счет достоверными статистическими данными. Мы только указываем на единственно возможный морфологический признак, который может служить ориентиром в дальнейшем поиске полового диморфизма мозолистого тела на микроскопическом уровне организации, ибо во всем остальном конструктивный принцип его миелоархитектоники не имеет половых различий.

Ключевые слова: мозолистое тело, комиссуральные канатики, фасцикулярные порции, интерфасцикулярные олигодендроциты.

UDC: 611.813.9.06

APPROXIMATE METRIC PARAMETERS OF MAJOR STRUCTURAL FORMATIONS OF HUMAN CORPUS CALLOSUM

Boiagina O. D., Kostilenko Yu. P.

Abstract. In current literature the structure of the corpus callosum is mostly given as just an external description and the fact that it consists of a large number of densely concentrated myelinated nerve fibers carrying out commissural connection between the contralateral cortical centers of the new pallium. As for its internal structure, partially it can be judged about only on the basis of the data that relate to the histological structure of the white matter of the central nervous system. Taking into consideration the fact that the corpus callosum is a commissural spur of the white matter of the brain, we can accurately say that it consists of only three tissue components, namely: 1 – nerve fibers as the main functional elements; 2 – related neuroglial cells and 3 – blood microvessels arranged in connective tissue (interstitial) interlayers.

We set a goal to establish a specific metric value of the above mentioned main formations of the corpus callosum.

Excised flat slices (2 mm thick) made from pre-fixed in 10% neutral formalin whole mounts of the corpus callosum of mature men and women were used in the course of study. These slices were divided into two groups. One of the groups was subjected to the impregnation in 1% osmium tetroxide solution with further plastination in the epoxy resin. After complete polymerization the resulting blocks were used to make thin polished slices and serial semithin sections. To dye them 1% solution of methylene blue on 1% borax solution was used. In addition, traditional (paraffin) sections with hematoxylin and eosin Van Gieson's staining were used. The examination of mounts and microfilming were carried out with light microscopy «Cone», equipped with a digital camera adapter. All linear dimensions of the major tissue structures of the corpus callosum were determined using the microscope BX-41 of the company «Olympus» with a digital camera adapter and a package of licensed programs for morphometric measurements.

It was found out that the corpus callosum consists of an integrated set of formations similar in terms of structure and size (but not in form), which we call commissural cords. On the upper surface of the corpus callosum their external reflex is represented by the so-called cross-bars, having variable thickness in the range of 2.0 to 3.3 mm. These formations are separated by layers of loose fibrous connective tissue, the thickness of which ranges from 0.1 to 0.4 mm. Minimum thickness of fascicular portions constituting commissural cords is approximately 0.2 mm, and the maximum one is 3 times more. They are divided by fascicular slits, with their width ranging between 5.0 to 15.0 microns. And the micro vessels of capillary type are localized here. All fields of fascicular portions are densely covered with numerous cluster located light cells, with the size of the profile shape varying from 10.0 to 20.0 microns. But in terms of their volume they are somewhat more extensive than oligodendrocytes contained therein, with the dimensions ranging from 5.0 to 12.0 microns. It was also found out that the size of perivascular glial cells ranges between 9.0 and 16.0 microns. There are no nerve fibers with the maximum speed of nerve impulse corresponding their thickness of 20 microns inside corpus callosum. The diameter of the myelinated nerve fibers of the corpus callosum is hardly ever a little more than 10 microns.

The study revealed some quantitative predominance of thick nerve fibers in the male corpus callosum compared to female ones. Unfortunately, currently we do not have any reliable statistical data concerning this issue. We only point out the only possible morphological feature that can serve as a guide in further search of sexual dimorphism of the corpus callosum at the microscopic organizational level, since upon every other point the constructional principle of its myeloarchitectonics has no sex differences.

Keywords: the corpus callosum, commissural cords, fascicular portions, interfascicular oligodendrocytes.

Рецензент – проф. Проніна О. М.

Стаття надійшла 28.11.2016 року