

ОБЩИЙ ПРИНЦИП ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В ЗРЕЛОМ ВОЗРАСТЕ

Боягина О.Д.

Харьковский национальный медицинский университет, Украина

Через мозолистое тело взрослого человека, как известно, концентрированно проложено (в процессе эмбриогенеза и ранних стадий постнатальной жизни) множество нервных проводников, осуществляющих комиссуральную связь между полушариями большого мозга. Судя по данным литературы, в настоящее время число таких проводников по одним источникам – двести миллионов аксонов, а по другим – в полтора раза больше [1, 7].

При этом следует учитывать, что в общем объеме мозолистого тела присутствуют не только нервные волокна, но и сопутствующие им другие тканевые структуры, к которым, в первую очередь, относятся клетки нейроглии, такие как фиброзные (волоконистые) астроциты и интерфасикулярные олигодендроциты. Кроме того, неизменно структурными компонентами мозолистого тела являются кровеносные микрососуды, имеющие определенную топологию среди нервных волокон. Считаем, что эти кровеносные микрососуды локализованы в интерстициальных прослойках, разделяющих определенные совокупности нервных волокон. Согласно данным литературы [4], в массе мозгового вещества около 30% приходится на интерстициальное пространство. Однако неизвестно, правомерно ли это относить к мозолистому телу, которое по сравнению с другими отделами головного мозга отличается повышенной плотностью концентрации нервных волокон. В тоже время, при всей существенности данной количественной оценки, не она является принципиально важной в понимании особенностей внутренней организации мозолистого тела. Вопрос заключается в том, что среди исследователей сложилось представление о *corpus callosum*, как о простой суммарной массе нервных проводников, среди которой лишь топографически выделяются структуры, осуществляющие комиссуральную связь между разными корковыми центрами двух полушарий [1]. Такой упрощенный подход к изучению важнейших отделов головного мозга человека является совершенно неприемлемым, исходя из представления о сложнейшей организации межнейронных взаимосвязей, на которой базируется психическая деятельность человека, что имеет прямое отношение к мозолистому телу, как к основному комиссуральному коллектору белого вещества большого мозга. Бесспорно, что в его структуре заключена определенная структурная логика организованности между отмеченными выше тканевыми

компонентами, которая, если судить по данным литературы, представляется фактически неизученной.

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования явилось сфокусировать внимание на принципе конструкции миелоархитектоники мозолистого тела человека.

Материал и методы. В работе использованы тотальные препараты мозолистого тела (5 мужчин и 5 женщин в возрасте от 36 до 60 лет), которые были выделены из цельных препаратов головного мозга после их двухнедельной фиксации в 10% растворе формалина. Исследование проводится согласно договору между Харьковским национальным медицинским университетом и Харьковским областным бюро судебно-медицинской экспертизы.

Следующий этап заключался в иссечении из стволового отдела мозолистого тела пластинчатых стандартизированных, двухмиллиметровых по толщине срезов с помощью специально сконструированного двухлезвийного секционного ножа. При этом иссечение производилось в двух взаимоперпендикулярных плоскостях – продольно (между медиальной и латеральной продольными полосками мозолистого тела) и поперечно его стволового отдела. Часть препаратов подвергалась импрегнации в 1% растворе четырехоксида осмия, согласно методу, принятому в трансмиссионной электронной микроскопии.

Для подготовки пластинчатых срезов мозолистого тела к изучению в световом микроскопе использован метод пластинации в эпоксидной смоле, который разработан на кафедре анатомии человека Украинской медицинской стоматологической академии г. Полтава [2]. При этом, неосмированные препараты пропитывали и заключали в обычную техническую эпоксидную смолу, для чего служил эпоксидный клей «Химконтакт-Эпокси», а для осмированных препаратов - эпон-812.

В конце последней стадии пропитки данные пластинчатые препараты помещали между двумя стеклянными пластинками, изолированными полиэтиленовыми прокладками (во избежание склеивания препаратов со стеклами). В виде такого «сэндвича» препараты сжимали с помощью шадящих зажимов, где они в процессе окончательной полимеризации приобретали уплощенную форму.

После полной полимеризации освобожденные пластинированные препараты служили для изготовления из них шлифов. В целях изучения при больших увеличениях светового микроскопа их истончали до 0,3 мм толщины. Для окраски использовали 1% раствор метиленового синего на 1% растворе буры. Шлифы изучались посредством бинокулярной лупы МБС-9 и микроскопа «Конус» с цифровой фотокамерой.

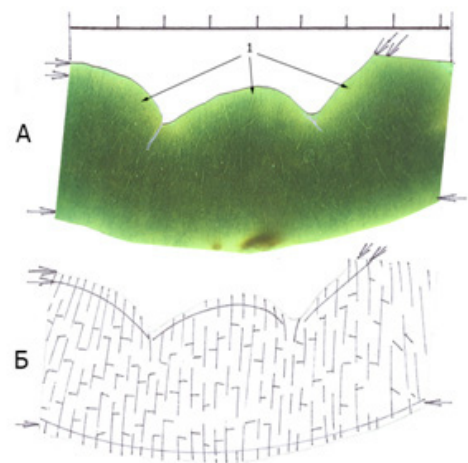
Преимущества данной методики, по сравнению с традиционными гистологическими методами, состоит в том, что она дает возможность изучать отдельный препарат на разных уровнях его строения.

Результаты и их обсуждение. Уже на первых этапах исследования выяснилось, что мозолистое тело нельзя рассматривать как сплошную массу однообразных структур, ибо оно состоит, как оказалось, из ассоциированного множества плотно скомпонованных тяжей, имеющих в поперечном сечении округлую форму, толщиной примерно 3,0 мм, которые внешне визуализируются невооруженным глазом не только на верхней поверхности в виде валикообразных поперечных возвышений (в литературе известны под названием поперечных полосок), но и просматриваются со стороны нижней его поверхности. В связи с тем, что они подробно описаны в нашей предыдущей публикации под названием комиссуральных канатиков [3], в данной работе ограничимся только указанием на них, как на подобные между собой образования белого вещества в составе мозолистого тела, строение которых предстоит изучить. Данные образования разделены между собой тонкими прослойками рыхлой волокнистой ткани, содержащей артериальные микрососуды.

В процессе микроскопического изучения эпоксидных шлифов мозолистого тела оказалось, что его комиссуральные канатики имеют дискретный принцип внутренней структуризации, позволяющий выделить отдельные субмножества нервных волокон, которые разделены между собой тонкими прослойками интерстиция. При этом обнаружилось, что в плоскости любого шлифа (в поперечном или продольном сечении мозолистого тела) данные прослойки имеют преимущественно вертикальное направление, проходя мозолистое тело насквозь от верхней его поверхности к нижней, как это показано на рис. 1, следовательно, они проложены через всю толщу мозолистого тела, соединяя собой две лимитирующие глиальные оболочки – наружную (со стороны мягкой – сосудистой оболочки) и внутреннюю (со стороны боковых желудочков), что согласуется с данными литературы о поверхностных покрытиях головного мозга [5].

Суммируя вышеизложенное, следует, что вся толща мозолистого тела заключена между двумя, противо-

положно расположенными, ограничивающими глиальными оболочками, между которыми, согласно данным литературы [3], имеются взаимовстречные связи посредством ламеллярных отростков фибриллярных астроцитов (со стороны наружной лимитирующей оболочки) и эпендимных клеток (со стороны внутренней лимитирующей оболочки). В результате, комиссуральные канатики мозолистого тела оказываются разделенными на множество слоистых секций, в которых заключены частичные совокупности миелинизированных нервных волокон, которые нами обозначены как фасцикулярные порции. Следовательно, образования мозолистого тела, которые в литературе фигурируют под названием пучков (фасцикул), не конформны поперечному профилю комиссуральных канатиков; в их составе фасцикулярные порции имеют форму сплоченных между собой уплотненных секций.



*Рис. 1. Общий принцип структурной организации мозолистого тела взрослого мужчины: А – продольный эпоксидный шлиф стволового отдела мозолистого тела (между боковой и медиальной полосками). Окраска метиленовым синим; объектив х2; Б – схематическая интерпретация ориентировки интерстициальных прослоек в мозолистом теле
I – комиссуральные канатики в поперечном сечении. Двумя стрелками указан слой серого покрытия, одной – слой эпендимы*

Этому же порядку подчинено и распределение в мозолистом теле обменных кровеносных микрососудов, так как известна их структурная связь с фибриллярными астроцитами, а также отростками эпендимных клеток [5,6]. Достоверно установлено, что в веществе головного мозга все кровеносные сосуды, как правило, находятся в окружении ограничивающих периваскулярных оболочек, исключающих прямой контакт стенки сосуда и нервных элементов. Учитывая вышеизложенное, можно представить общую схему структурной упо-

рядочности мозолистого тела, которая позволит сосредоточить внимание на отдельных узловых звеньях.

С этой целью исследованы тонкие эпоксидные шлифы (толщиной около 0,3 мм) осмированной ткани с дополнительной окраской метиленовым синим. На рис. 2 представлена наиболее показательная микрофотография отдельного участка такого шлифа при небольшом увеличении светового микроскопа, которая отчетливо демонстрирует те межфасцикулярные прослойки, которые в обзорном масштабе представлены на рис. 1. Заметно, что, несмотря на свою искривленность, интерстициальные прослойки являются параллельными, однако разноотдаленными между собой, ввиду чего заключенные между ними фасцикулярные порции оказываются неоднородными по толщине. Следует предполагать, что это связано с изменением их толщины по протяжению, хотя, не исключаются и другие объяснения. Заслуживает внимания, что по продольному протяжению данные слоистые порции оказываются расчлененными на регулярно чередующиеся сегментарные единицы посредством боковых отростков межфасцикулярных прослоек. В связи с тем, что в плоскостном сечении шлифов они выявляются фрагментарно, в настоящее время не ясно, образуют они в них сплошные или неполные интерстициальные поперечные перемишки. Тем не менее, их наличие дает основание предполагать, что в пределах фасцикулярных порционов имеют место отдельные субмножества нервных проводников, которые нами выделены под названием субфасцикулярных порционов.

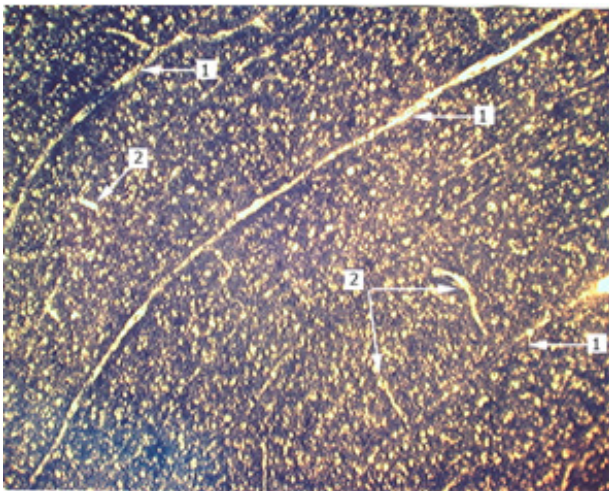


Рис. 2. Мieloархитектоника комиссуральных канатиков мозолистого тела взрослого мужчины. Эпоксидный шлиф осмированной ткани толщиной 0,3 мм. Окраска метиленовым синим; объектив x 10
 1 – межфасцикулярные интерстициальные прослойки,
 2 – их поперечные внутрифасцикулярные отростки

Итак, в пределах комиссуральных канатиков мозолистого тела отмечается сложно разветвленная в трехмерном пространстве сеть, состоящая из анасто-

зирующих между собой в определенном порядке интерстициальных щелевых прослоек, опосредующих обменные процессы между фасцикулярными порциями нервных волокон и обменными микрососудами (кровеносными капиллярами). Иными словами, эти прослойки представляют собой пути внесосудистой микроциркуляции жидкости с растворенными в ней питательными веществами в основном, глюкозы и кислорода. Естественно возникает вопрос о месте расположения данных кровеносных капилляров, осуществляющих трансэндотелиальный транспорт жидкости в интерстиций. Необходимо отметить тот факт, что именно эти процессы и выявляются при магнитно-резонансной томографии, посредством которой получена основная информация о функциональной топографии мозолистого тела [7-10].

Установлено, что данные капилляры расположены в пределах межфасцикулярных прослоек, занимая в них отдельные промежуточные места, в связи с чем только некоторые шлифы оказываются удачно совпадающими с их положением. Один из таких шлифов представлен на микрофотографии, где кровеносный капилляр находится в продольном сечении (рис. 3). Слева от него, в просветленном участке имеется такой же микрососуд, но в поперечном сечении, расположенный в пределах поперечного отростка межфасцикулярной прослойки, который за счет своей искривленности оказался на шлифе только фрагментарно.

Изучение содержимого, которое разделено сетью описанных выше интерстициальных прослоек, показало, что речь идет о ведущих структурных элементах мозолистого тела, которыми, в основном, являются миелинизированные нервные волокна. Ввиду малых размеров (толщина от 4 до 20 мкм), визуализация их удастся только на тонких шлифах предварительно осмированных препаратов при среднем увеличении светового микроскопа (рис. 2). В целом все, что к этому относится, выглядит в виде базофильных полей, густо испещренных многочисленными, кластерно расположенными, просветными ячейками, которые по ошибке можно принять за поперечные профили нервных волокон. На самом деле последние занимают среди них промежуточное положение, будучи плотно сгруппированными в пределах субфасцикулярных порционов.

При больших увеличениях светового микроскопа обнаруживается, что в данных ячейках расположены одиночные клетки, которые по цитологическим признакам распознаются как интерфасцикулярные олигодендроциты (рис. 4). Известно, что отростки данных клеток, имея пластинчатую, ламеллярную форму формируют миелиновые оболочки нервных волокон [6]. При этом один олигодендроцит участвует в миелинизации нескольких сопредельных нервных волокон, которые по протяжению связаны с многочисленными цепями

данных глиальных клеток, рядность которых хорошо визуализируется на микрофотографиях при малом увеличении микроскопа (рис. 2). Такие ассоциации олигодендроцитов с принадлежащими им пучками нервных волокон занимают пределы отдельных субфасцикулярных порционов.

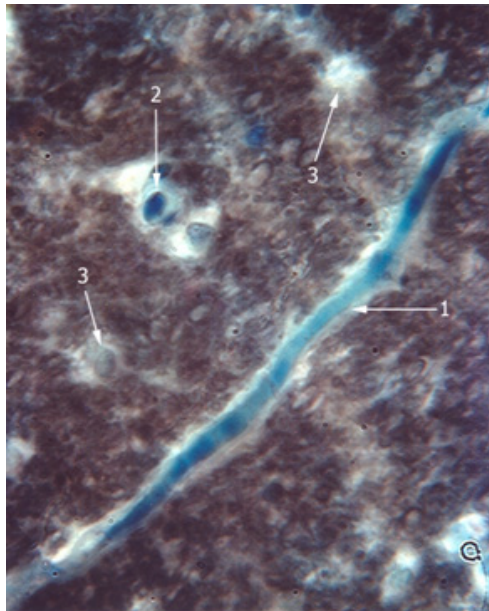


Рис. 3. Микроструктура фасцикулярных порционов мозолистого тела взрослого мужчины. Эпоксидный шлиф осмированной ткани толщиной 0,3 мкм. Окраска метиленовым синим; объектив x 100 (иммерсия)
1 – межфасцикулярная прослойка интерстиция с расположенным вдоль нее кровеносным капилляром, 2 – кровеносный капилляр в поперечном отростке интерстициальной прослойки, 3 – интерфасцикулярные олигодендроциты среди миелинизированных нервных волокон различной толщины

Заслуживает особого внимания тот факт, что в пределах данных ассоциаций, согласно полученным нами данным, кровеносные капилляры отсутствуют, то есть нервные волокна не связаны напрямую с обменными микрососудами, которые, как показано выше, находятся в окружающих эти ассоциации интерстициальных прослойках. Естественно, возникает вопрос о структуре тех путей, которые опосредуют обменные процессы между ними и нервными волокнами. В настоящее время можно с уверенностью утверждать, что основными звеньями в этих процессах являются интерфасцикулярные олигодендроциты, которые находятся в межнервноволокнистых ячейках. Каким образом последние связаны с интерстициальными прослойками является задачей нашего дальнейшего исследования. Следует отметить, что данный вопрос связан с проблемой гематоэнцефалического барьера белого вещества головного мозга, который в научной литературе не нашел должной трактовки.

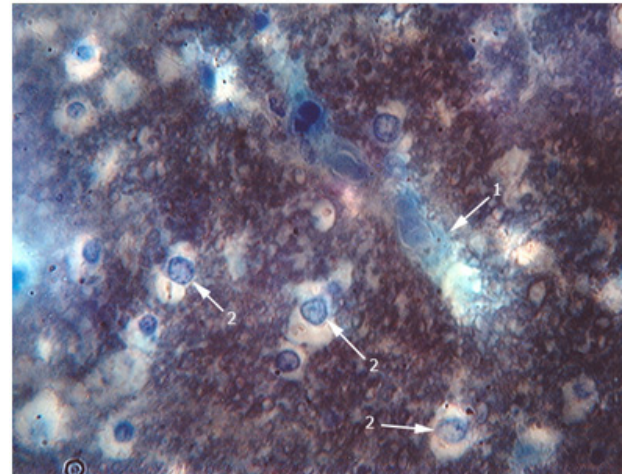


Рис. 4. Миелоархитектоника фасцикулярных порционов мозолистого тела взрослого мужчины. Эпоксидный шлиф осмированной ткани толщиной 0,3 мкм. Окраска метиленовым синим; объектив x 100 (иммерсия)
1 – межфасцикулярные прослойки интерстиция с расположенными в них кровеносными капиллярами, 2 – интерфасцикулярные олигодендроциты среди миелинизированных нервных волокон различной толщины

Выводы.

1. Мозолистое тело человека состоит из определенного количества поперечно ориентированных нервноволокнистых тяжей, которые мы выделяем под названием комиссуральных канатиков. Каждый из них состоит из множества плотно укомплектованных тонких слоистых секций, названных нами фасцикулярными порциями, последние разграничены тончайшими интерстициальными прослойками, преимущественно вертикальной ориентации, что указывает на их опосредующую связь между двумя противоположными лимитирующими глиальными оболочками мозолистого тела – наружной и внутренней. В свою очередь, данные межфасцикулярные прослойки, вертикальная протяженность которых соизмерима с толщиной мозолистого тела, отдают короткие боковые отростки, которые делят фасцикулярные порции на отдельные сегменты – субфасцикулярные порции.
2. В общей массе миелинизированных нервных волокон фасцикулярных порционов в кластерном порядке рассредоточены многочисленные, четко ограниченные ячейки, в которых содержатся интерфасцикулярные олигодендроциты, ассоциированные с отдельными субфасцикулярными совокупностями нервных проводников.
3. Принципиально важное положение заключается в том, что интерстициальные прослойки в мозолистом теле в своей совокупности представляют собой сложную трехмерную сеть, конструкция которой соподчинена с характером ветвления кровеносных микрососудов капиллярного типа, одновременно являясь сетевидной

системой, осуществляющей внесосудистую циркуляцию жидкости с растворенными в ней питательными веществами, которая омывает отдельные субфасцикулярные порции. Учитывая, что среди заключенных в их пределы нервных волокон кровеносные капилляры отсутствуют, предстоит выяснить структуру тех путей, которые опосредуют обменные процессы между ними и интерстициальными прослойками, что относится к концепции о гематоэнцефалическом барьере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буклина С.Б. Мозолистое тело, межполушарное взаимодействие и функции правого полушария мозга. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2004; 104 (5): 8–14.
2. Костиленко Ю.П., Бойко И.В., Старченко И.И. Метод изготовления гистологических препаратов, равноценных полутонким срезам большой обзорной поверхности, для многоцелевых морфологических исследований. Морфология 2007; 5: 94-96.
3. Костиленко Ю.П., Боягина О.Д. Форма внутренней организации мозолистого тела мужчин и женщин в зрелом возрасте. Scientific Journal «ScienceRise» 2015; 4/3(21): 4-8.
4. Костюк П.Г. Физиология центральной нервной системы. К.: Вища шк. 1977: 25.
5. Немечек С. Введение в нейробиологию. Прага: Авиценум. 1978: 396-399.
6. Хэм А., Кормак Д. Гистология. Москва: Мир. 1983; 3: 200-215.
7. Blanchet B., Roland J., Braun M. The anatomy and the MRI anatomy of the interhemispheric cerebral commissures. J. Neuroradiol. 1995; 22 (4): 237–251.
8. Fabri M., Pierpaoli Ch., Barbaresi P., Polonara G. Functional topography of the corpus callosum investigated by DTI and fMRI. World J. Radiol. 2014; 6 (12): 895–906.
9. Fabri M., Polonara G. Functional topography of human corpus callosum: an fMRI mapping study [Electronic resource]. Neural. Plast. 2013; – Article ID 251308. – DOI: 10.1155/2013/251308.
10. Fabri M., Polonara G., Mascioli G. Topographical organization of human corpus callosum: an fMRI mapping study. Brain Res. 2011; 1370: 99–111.

SUMMARY

GENERAL PRINCIPLE OF THE CORPUS CALLOSUM INTERNAL STRUCTURE IN ADULT HUMAN

Boiagina O.

Kharkiv National Medical University, Ukraine

The structure of the corpus callosum is a certain form of order of the nerve fibers, glial cells and blood microvessels and it is actually unexplored.

We set the goal to understand the general constructive principle of the myeloarchitectonics of human corpus callosum.

We used whole mounts of the corpus callosum (5 men and 5 women aged from 36 to 60 years) after their two-week fixation in 10% formalin solution. The next stage was to dissect plate sections of the corpus callosum brainstem in two mutually perpendicular planes. Some of them were subjected to impregnation in 1% osmium tetroxide solution, according to the method adopted in transmission electron microscopy. To prepare these plate sections of the corpus callosum for further study in the light microscope we used the method of plastination in epoxy resin. After complete polymerization plastinated mounts were used for making slices. For further research at high magnification light microscopy they were thinned up to 0.3 mm thickness and were subjected to coloration using 1% solution of methylene blue on 1% borax solution. They were studied using a binocular microscope МБС-9 and microscope “Konus” equipped with digital camera.

It was found that the human corpus callosum consists of a number of transversely oriented bands of nerve fibers (commissural cords). Each of them consists of a tightly appressed stratified sections, fascicular rations, which are separated by interstitial layers. In turn, these interfascicular layers give short lateral spurs that divide fascicular rations into individual segments – subfascicular rations. Multiple cells containing interfascicular oligodendrocytes associated with individual subfascicular sets of nerve tracts are dispersed in the cluster order among myelinated nerve fibers of fascicular rations.

Fundamentally important point is that the interstitial layers in the corpus callosum as a whole form a complex three-dimensional network structure which is subordinated to the nature of branching of blood microcirculation vessels of capillary type, being simultaneously the reticular system, performing extravascular circulation of fluid containing dissolved nutrients.

Keywords: corpus callosum, commissural funiculi, fascicular rations.

РЕЗЮМЕ

ОБЩИЙ ПРИНЦИП ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В ЗРЕЛОМ ВОЗРАСТЕ

Боягина О.Д.

Харьковский национальный медицинский университет, Украина

В структуре мозолистого тела заключена определенная форма упорядоченности между нервными волокнами,

глиальными клетками, кровеносными микрососудами, которая является фактически не изученной.

Целью исследования явилось сфокусировать внимание на принципе конструкции миелоархитектоники мозолистого тела человека.

В работе использованы тотальные препараты мозолистого тела (5 мужчин и 5 женщин в возрасте от 36 до 60 лет) после их двухнедельной фиксации в 10% растворе формалина. Дальнейший этап заключался в иссечении из стволового отдела мозолистого тела пластинчатых срезов в двух взаимоперпендикулярных плоскостях. Часть из них подвергалась импрегнации в 1% растворе четырехоксида осмия, согласно методу, принятому в трансмиссионной электронной микроскопии. Для подготовки данных пластинчатых срезов мозолистого тела к изучению в световом микроскопе использован метод пластинации в эпоксидной смоле. После полной полимеризации пластинированные препараты служили для изготовления из них шлифов. В целях изучения при больших увеличениях светового микроскопа их истончали до 0,3 мм толщины. Для окраски использовали 1% раствор метиленового синего на 1% растворе буры. Изучали их с помощью бинокулярной лупы МБС-9 и микроскопа «Конус», оснащенных цифровой фотокамерой.

Установлено, что мозолистое тело человека состоит из определенного количества поперечно ориентированных нервных волоконных тяжей (коммиссуральных канатиков). Каждый из них состоит из плотно укомплектованных слоистых секций, фасцикулярных порционов, которые разграничены интерстициальными прослойками. Межфасцикулярные прослойки создают короткие боковые отростки, которые делят фасцикулярные порционы на отдельные сегменты - субфасцикулярные порционы. В общей массе миелинизированных нервных волокон фасцикулярных порционов рассредоточены в кластерном порядке многочисленные ячейки, в которых содержатся интерфасцикулярные олигодендроциты, ассоциированные с отдельными субфасцикулярными совокупностями нервных проводников.

Принципиально важное положение заключается в том, что интерстициальные прослойки в мозолистом теле в своей совокупности представляют собой сложную трехмерную сеть, конструкция которой соподчинена с характером ветвления кровеносных микрососудов капиллярного типа, являясь одновременно сетевидной системой, осуществляющей внесосудистую циркуляцию жидкости с растворенными в ней питательными веществами.

რეზიუმე

მოზრდილი ადამიანის კორძიანი სხეულის შინაგანი სტრუქტურის ზოგადი პრინციპები

ო. ბოიაგინა

ხარკოვის ნაციონალური სამედიცინო უნივერსიტეტი, უკრაინა

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ადამიანის კორძიანი სხეულის მიელოარქიტექტონიკის ზოგად კონსტრუქციაში გარკვევა.

ნაშრომში გამოყენებულია კორძიანი სხეულის ტოტალური პრეპარატები (36-60 წლის ასაკის 5 ქალი, 5 მამაკაცი) 10%-იანი ფორმალინის ხსნარში მათი ორკვირიანი ფიქსაციის შემდეგ. მომდევნო ეტაპზე განხორციელდა კორძიანი სხეულის ღერძული ნაწილის ფირფიტოვანი ანათლების ამოკვეთა ორ პერპენდიკულარულ სიბრტყეში; ანათლების ნაწილი იმპრეგნირებულ იქნა ოსმიუმის ოთხჟანგის 1%-იან ხსნარში, ტრანსმისიულ ელექტრონულ მიკროსკოპიაში მიღებული მეთოდის თანახმად. შუქოპტიკურ მიკროსკოპში შესწავლისათვის კორძიანი სხეულის ფირფიტოვანი ანათლები, ეპოქსიდში პოლიმერიზაციის შემდეგ, გამოიყენებოდა ჩამონატრების (ჩამონათლების) მოსამზადებლად. ადგენილია, რომ ადამიანის კორძიანი სხეული შედგება განსაზღვრული რაოდენობის ნერვული ბოჭკოების კონებისაგან (კომისურული ბაგირაკები). თითოეული მათგანი შედგება ინტერსტიციული ჩანაფენებით გამოქნული მჭიდროდ ჩალაგებული ბაგირაკოვანი წილაკების შრეობრივი სექციებისგან. ბაგირაკთა შორის ჩანაფენები, თავის მხრივ, ქმნიან მოკლე გვერდით გამოწარმებს, რომლებიც ბაგირაკოვან წილაკებს ცალკეულ სეგმენტებად - ქვეწილაკებად ჰყოფენ. ბაგირაკოვანი წილაკების მიელინიზებული ნერვული ბოჭკოების საერთო მასაში მოწესრიგებულიაა გადანაწილებული მრავალრიცხოვანი ბუდებრივი კლასტერები; აქვეა ინტერფასციკულური ოლიგოდენდროციტები, ასოცირებული ნერვული გამტარების ცალკეულ სუბფასციკულურ ერთობლიობებთან. პრინციპულად მნიშვნელოვანი მტკიცებულება ისაა, რომ კორძიანი სხეულის ინტერსტიციული ჩანაფენები ერთიანობაში წარმოადგენენ რთულ სამგანზომილებიან ბადეს, რომლის კონსტრუქცია დამოკიდებულია კაპილარული ტიპის მიკროსისხლძარღვების დატოტიანების ხასიათზე; ამავდროულად, იგი წარმოადგენს ქსელისებურ სისტემას, რომელიც ახორციელებს სითხისა და მასში გახსნილი მეტაბოლიტების ექსტრავასკულურ ცირკულაციას.