

УДК 611.813.9:611.91

Боягина О.Д.<sup>1</sup>, Костиленко Ю.П.<sup>2</sup>

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МРТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ САГИТТАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ИМ АНАТОМИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

<sup>1</sup>Харьковский национальный медицинский университет

<sup>2</sup>ВГУЗУ «Украинская медицинская стоматологическая академия», г. Полтава

*Цель исследования – сравнить изображения сагиттального профиля мозолистого тела натуральных анатомических препаратов с изображениями, полученными с помощью МРТ. Объектом исследования служили 20 МР-томограмм головы психически здоровых мужчин в возрасте от 32 до 56 лет, а также сопоставимое по возрасту такое же количество анатомических препаратов головного мозга. Головной мозг после двухнедельной фиксации в 10% растворе формалина рассекали по продольной сагиттальной щели на две половины, медиальные поверхности которых фотографировали. Морфометрический анализ сагиттального профиля мозолистого тела осуществлен при помощи ПО RadiAnt Dicom Viewer и Adobe Photoshop CS6 Extended. Также были взяты цельные пластинки мозолистого тела в его сагиттальной плоскости, толщиной около 2 мм, которые подвергли пластикации в эпоксидной смоле. Из них изготовлены полированные шлифы, окрашенные 1% раствором метиленового синего на 1% растворе буры. Установлено, что контурные очертания сагиттального профиля мозолистого тела на фотоснимках анатомических препаратов являются более отчетливыми, реализующими детали, которые недоступны для магнитно-резонансной томографии. Доказано, что мозолистое тело нельзя рассматривать как сплошную массу нервных проводников. В нем они распределены по отдельным порционным совокупностям (коммиссуральным канатикам). В поперечном сечении они придают сагиттальному срезу мозолистого тела сегментарный характер, который может служить в целях более точного разграничения в нем коммиссуральных связей между контрлатеральными центрами новой коры.*

Ключевые слова: мозолистое тело, МРТ, анатомические препараты, коммиссуральные канатики.

*Данная работа является фрагментом НИР кафедры анатомии человека ХНМУ «Морфологические особенности органов и систем тела человека на этапах онтогенеза», № государственной регистрации 0114U004149.*

Внедрение в практику морфологических исследований головного мозга методом магнитно-резонансной томографии (МРТ) открыло перспективную возможность прямого изучения разных по глубине залегания его анатомических образований при различных их функциональных состояниях и патологических процессах [7]. В этом плане не является исключением и мозолистое тело, которому уделено внимание многих исследователей, занимающихся изучением не только его патологических изменений, но и вопросами топографического картирования в нем модальностеспецифических нервных (коммиссуральных) проводников [4,5,6,8]. Очевидно, что точность данных исследований во многом зависит от разрешающей способности используемого метода визуализации.

Цель исследования – сравнить изображения сагиттального профиля мозолистого тела натуральных анатомических препаратов с изображениями, полученными с помощью МРТ.

### Объект и методы исследования

В этих целях мы использовали 20 МР-томограмм головы психически здоровых мужчин в возрасте от 32 до 56 лет, которые получены в Европейском радиологическом центре ООО «Гемо Медика Харьков», а также сопоставимое по возрасту такое же количество тотальных препаратов головного мозга мужчин, умерших по причинам, не связанным с патологией центральной нервной системы. Данный материал получен в Харьковском областном бюро судебно-

но-медицинской экспертизы.

После отмывки и двухнедельной фиксации в 10% растворе формалина головной мозг рассекали по продольной сагиттальной щели на две половины, медиальные поверхности которых фотографировали с помощью цифровой фотокамеры при одном фокусном расстоянии с помощью вертикально установленного штатива. Полученные таким образом фотоизображения сагиттального профиля мозолистого тела соответствовали таковым МР-томограмм. Морфометрический анализ сагиттального профиля мозолистого тела осуществлен при помощи ПО RadiAnt Dicom Viewer и Adobe Photoshop CS6 Extended.

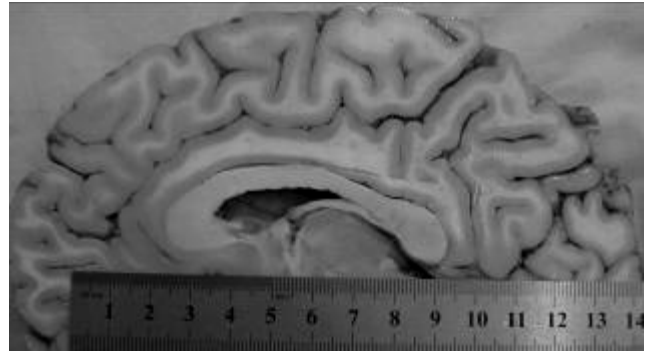
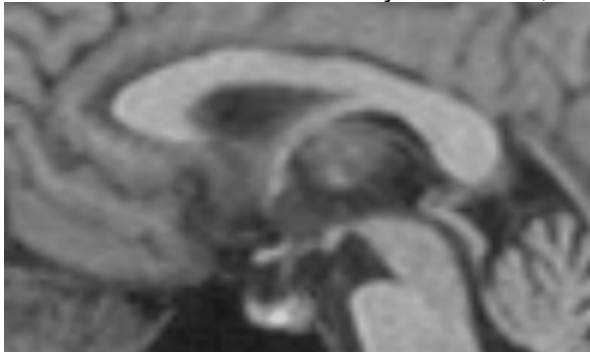
В целях получения более отчетливого и разборчивого в деталях изображения мы прибегли к выборочному иссечению цельных пластинок мозолистого тела в его сагиттальной плоскости, толщиной около 2 мм, которые в уплощенной форме подвергли пластикации в эпоксидной смоле согласно разработанному нами методу [3]. Из них изготовлены полированные шлифы, которые окрашивали 1% раствором метиленового синего на 1% растворе буры. Изображения их были запечатлены с помощью цифровой камеры и бинокулярной лупы МБС-9, оснащенной цифровой фотоприставкой.

### Результаты исследования и их обсуждение

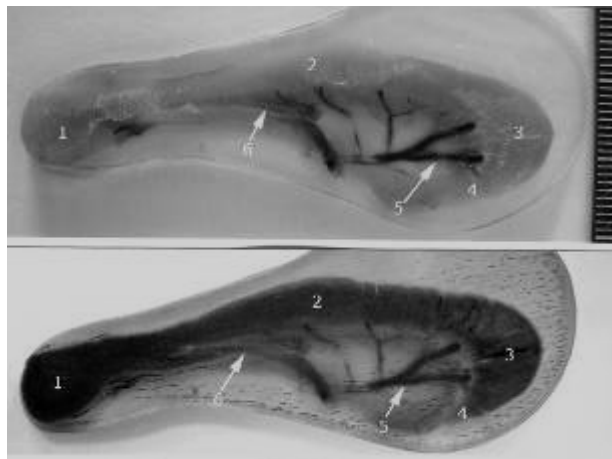
Общая форма сагиттального профиля мозолистого тела в том и другом форматах (в прижизненном состоянии и посмертном) является,

естественно, одинаковой. В этом ракурсе она напоминает своеобразную скобу с утолщениями на концевых (переднем и заднем) изгибах. Переднее утолщение, под названием колена, является местом перехода стволового отдела мозолистого тела в ростральный, имеющий форму обращенного вниз и кзади клюва. Заднее же утолщение его стволового отдела называется валиком. При этом внешнее очертание данной плоскостной (двухмерной) фигуры представляет собой окружную (непрерывную) замкнутую линию, которая является плавным лекальным сопряжением кривых с разным радиусом окружности. Попутно отметим, что по линейному значению длины данной окружности (периметра) можно вычислить площадь сагиттального профиля мозолистого тела. Нами установлено, что

данный планиметрический параметр является самым показательным при изучении индивидуальной изменчивости и полового диморфизма мозолистого тела. В связи с этим, проводя сравнение между двумя выборками плоскостных изображений сагиттального профиля мозолистого тела в прижизненном и посмертном состояниях, мы обращаем внимание на то, что контурные очертания его на фотоснимках анатомических препаратов являются более отчетливыми, реализующими детали, которые недоступны для магнитно-резонансной томографии (рис. 1). Если при визуальной оценке его формы это не имеет существенного значения, то при метрическом анализе оно не может не сказываться на точности результатов.



*Рис. 1. МРТ-изображение мозолистого тела мужчины 54 лет (верхний снимок) и фотография мозолистого тела натурального анатомического препарата мужчины 53 лет (нижний снимок).*



*Рис. 2. Сагиттальный срез мозолистого тела мужчины 46 лет:*

*верхняя фотография – после эпоксидной пластикации; нижняя фотография – его шлиф при окраске метиленовым синим.*

*1 - валик; 2 - ствол; 3 - колена; 4 - клюв; 5 – венозные сосуды прозрачной перегородки; 6 – столбы мозгового свода.*

Не вдаваясь в подробное описание индивидуального многообразия формы мозолистого тела в сагиттальном ракурсе, которое является результатом различного сочетания формы его отдельных частей, мы отметим только то, что при простом кратном увеличении первичных МР-томограмм, мозолистое тело, размерно возрастая, становится все более размытым, теряя отчетливость своих внешних контуров, в пределах которых не различаются какие-либо детали его внутреннего строения. Совсем другую кар-

тину мы получаем при изучении его анатомических препаратов, особенно тех, которые получены методом пластикации в эпоксидной смоле. Сквозная пропитка ею тканей по глубине приводит к их анизотропному просветлению, зависящему от распределения в мозолистом теле разных по плотности тканевых структур, которыми являются соединительнотканые прожилки и пучки миелинизированных нервных волокон, причем первые из них выглядят более прозрачными. Еще выразительнее данная элективность

проявляется при окраске эпоксидных шлифов мозолистого тела метиленовым синим (рис. 2). Хорошо видно, что по всему протяжении мозолистое тело (от рострального отдела до сплениального) выглядит состоящим из множества столбиковых по форме сегментов, высота которых соотносится с толщиной его соответствующего отдела, то есть самыми короткими они яв-

ляются в стволовом отделе, а самыми высокими – в колене и валике. При большем увеличении изображения более отчетливо визуализируются разделяющие их соединительнотканные прослойки, в которых, в отдельных случаях, обнаруживаются кровеносные сосуды мелкого калибра (рис. 3).

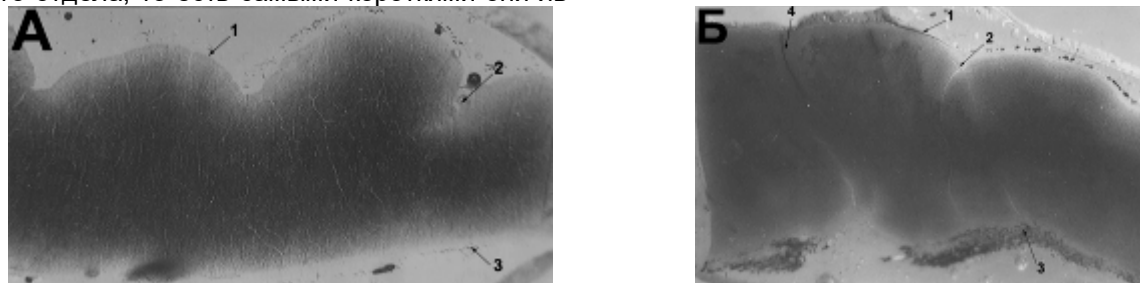


Рис. 3. Стволовой отдел мозолистого тела в сагиттальной плоскости сечения (А – мужчины, Б – женщины). Эпоксидный шлиф, окраска метиленовым синим. Бинокулярная лупа (микроскоп МБС-9). х2.

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.

Следовательно, в таком ракурсе рассмотрения, то есть в полном сагиттальном профиле, мозолистое тело можно представить как образование, имеющее сегментарный принцип строения. Иными словами, оно как бы состоит из повторяющихся по протяжению (от рострального до сплениального отдела) подобных (но не равных по размеру) члеников. Поэтому мы считаем, что представление о сегментарном (метамерном) строении мозолистого тела в рассматриваемом ракурсе (в сагиттальном сечении) является вполне правомочным и полезным для практики магнитно-резонансной томографии, особенно в тех случаях, когда исследование направлено на изучение топического разграничения комиссуральных проводников мозолистого тела, и, стало быть, на достижение полноты его функционального картирования.

Но возникает вопрос, что на самом деле представляют собой сегменты сагиттального профиля мозолистого тела? Ответ на него получен при изучении его анатомических препаратов с верхней и нижней их поверхностей. Наиболее показательной в этом отношении являет-

ся верхняя поверхность мозолистого тела, на которой, как известно, имеют место характерные образования, фигурирующие в литературе под названием поперечных и продольных полосок [2]. К предмету нашего рассмотрения относятся только первые из них. При внимательном осмотре соответствующих препаратов оказывается, что эти образования никакого сходства с полосками (в прямом понимании этого слова) не имеют, так как на самом деле они представляют собой поперечно расположенные валикообразные возвышения, придающие верхней поверхности мозолистого тела волнообразно-рубчатый вид (рис. 4). Ширина данных валикообразных возвышений изменчива в пределах от 2 до 3,5 мм. Нами установлено, что они являются внешним отображением внутренней организации собственно мозолистого тела, то есть его основной массы миелинизированных нервных волокон, участвующих в сугубо комиссуральных связях между контрлатеральными центрами новой коры больших полушарий (в отличие от продольных полосок, относящихся к структурам лимбического мозга).

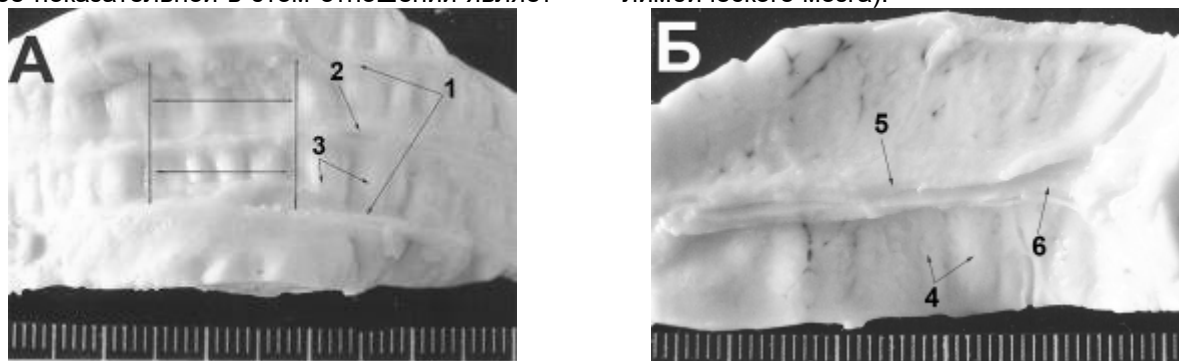


Рис. 4. Стволовой отдел мозолистого тела женщины 56 лет.

А – верхняя поверхность, Б – нижняя поверхность. 1 – боковые продольные полоски, 2 – медиальная продольная полоска, 3 – поперечные валикообразные возвышения (поперечные полоски), 4 – поперечные валикообразные возвышения нижней поверхности, 5 – остатки пластинок прозрачной перегородки, 6 – остаток тела мозгового свода.

Не вдаваясь в подробности, которые изложены в наших предыдущих публикациях [1], ограничимся тем установленным нами фактом, что комиссуральные проводники мозолистого тела распределены в нем не в виде сплошной массы, а по отдельным порционным тягам, которые мы называем комиссуральными канатиками. Именно они в своем поперечном сечении придают сагиттальному профилю мозолистого тела сегментарный характер. Вместе с тем, как было сказано выше, из-за тесного расположения в толще мозолистого тела они несколько выпячиваются на его верхней поверхности в виде поперечных валикообразных возвышений. В связи с этим сагиттальный профиль мозолистого тела имеет неровную, волнообразную по верхней окружности конфигурацию, которая при МР-томографии регистрируется редко. В тех отдельных случаях, которые нам встречались, такая конфигурация выглядит в виде чередующихся перехватов в его стволовом отделе и на границе с валиком. В последнем случае такой перехват в виде сужения между стволом и валиком фигурирует в литературе под названием перешейка мозолистого тела. Однако на МР-томограммах он выявляется не всегда. Поэтому, ограничиваясь изучением мозолистого тела только по его МРТ-снимкам, можно прийти к неверному выводу о том, что это относится к индивидуальному варианту его формы. Однако, как оказалось в процессе изучения его анатомических препаратов, данное явление объясняется совсем по-другому. Дело в том, что на верхней поверхности мозолистого тела, ровно вдоль ее середины, пролегают медиальные продольные полоски, которые сглаживают ее рельеф, зависящий от поперечных валикообразных возвышений. Поэтому те срезы мозолистого тела, которые соответствуют его срединной плоскости, дают изображения с гладким контуром верхней окружности его сагиттального профиля. Совсем другую картину следует ожидать при изучении мозолистого тела в парасагиттальной плоскости, соответствующей промежуточному положению между медиальными и латеральными продольными полосками, то есть в пределах половинной его части, где продольные валикообразные возвышения являются наиболее выразительными.

### **Выводы**

1. При всей бесспорной ценности методов магнитно-резонансной томографии, позволяющих изучать мозолистое тело в прижизненном состоянии в диагностических целях и в целях модально-специфического его картирования, они обладают недостаточной разрешающей способностью, чтобы различать важные детали

его анатомического строения. Кроме того, следует учитывать, что данные методы ограничиваются только односторонним, сагиттальным ракурсом его рассмотрения.

2. При изучении анатомических препаратов мозолистого тела мы привели фактические данные, которые полезно учитывать в практике магнитно-резонансной томографии, так как они позволяют восполнить информативную недостаточность этих методов. В первую очередь следует учитывать, что мозолистое тело нельзя рассматривать как сплошную массу нервных проводников. В нем они распределены по отдельным порционным совокупностям, которые мы называем комиссуральными канатиками (толщина их находится в пределах от 2,0 до 3,5 мм). Оказываясь в поперечном сечении, они придают сагиттальному срезу мозолистого тела сегментарный характер, который может служить в целях более точного разграничения в нем комиссуральных связей между контрлатеральными центрами новой коры.

3. С помощью методов МР-томографии данную сегментарность мозолистого тела можно визуализировать по очертанию верхней окружности его сагиттального профиля по срезам, произведенным вправо или влево от срединной плоскости, так как по ней на верхней поверхности мозолистого тела пролегают медиальные продольные полоски, которые сглаживают волнообразный рельеф, образованный поперечными валикообразными возвышениями. Последние являются поверхностным выпячиванием комиссуральных канатиков, которые, как указывалось выше, придают мозолистому телу сегментарный характер.

### **Литература**

1. Боягина О.Д. Иерархические уровни морфологической организации нервных волокон в мозолистом теле человека / О.Д. Боягина // *Morphologia*. – 2017. - Т. 11, №2. - С. 7-11.
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. Костиленко Ю.П. Метод изготовления гистологических препаратов, равноценных полутопким срезам большой обзорной поверхности, для многоцелевых морфологических исследований / Ю.П. Костиленко, И.В. Бойко, И.И. Старченко // *Морфология*. – 2007. - №5. – С. 94-96.
4. Fabri M. Functional Topography of Human Corpus Callosum: An fMRI Mapping Study [Электронный ресурс] / M. Fabri, G. Polonara // *Neural Plasticity*. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.hindawi.com/journals/np/2013/251308/>.
5. Fabri M. 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.
6. Fabri M. 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.
7. Roy E. 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.
8. Salvolini U. 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.

### Реферат

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА МРТ-ЗОБРАЖЕНЬ САГІТАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ МОЗОЛИСТОГО ТІЛА ЛЮДИНИ ТА ВІДПОВІДНИХ ЇМ АНАТОМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Боягіна О.Д., Костиленко Ю.П.

Ключові слова: мозолисте тіло, МРТ, анатомічні препарати, комісуральні канатики.

Мета дослідження - порівняти зображення сагітального профілю мозолистого тіла натуральних анатомічних препаратів із зображеннями, отриманими за допомогою МРТ. Об'єктом дослідження служили 20 МР-томограм голови психічно здорових чоловіків у віці від 32 до 56 років, а також порівняна за віком така ж кількість анатомічних препаратів головного мозку. Головний мозок після двотижневої фіксації в 10% розчині формаліну розсікали по поздовжній сагітальній щілині на дві половини, медіальні поверхні яких фотографували. Морфометричний аналіз сагітального профілю мозолистого тіла здійснений за допомогою ПО RadiAnt Dicom Viewer і Adobe Photoshop CS6 Extended. Також були взяті цільні пластинки мозолистого тіла в його сагітальній площині, товщиною близько 2 мм, які піддали пластинації в епоксидній смолі. З них виготовлені поліровані шліфи, пофарбовані 1% розчином метиленового синього на 1% розчині бури. Встановлено, що контурні обриси сагітального профілю мозолистого тіла на фотознімках анатомічних препаратів є більш виразними, що реалізують деталі, які недоступні для магнітно-резонансної томографії. Доведено, що мозолисте тіло не можна розглядати як суцільну масу нервових провідників. У ньому вони розподілені по окремим порційним совокупностям (комісуральним канатикам). У поперечному перерізі вони надають сагітальному зрізу мозолистого тіла сегментарний характер, який може служити з метою більш чіткого розмежування в ньому комісуральних зв'язків між контрлатеральними центрами нової кори.

### Summary

COMPARATIVE EVALUATION OF MR IMAGES OF HUMAN CORPUS CALLOSUM SAGITTAL PROFILE AND CORRESPONDING ANATOMIC SPECIMENS

Boiagina O.D., Kostilenko Yu.P.

Key words: corpus callosum, MRI, anatomic specimens, commissural funiculi.

The aim of the study was to compare the images of natural anatomic specimen of the human corpus callosum sagittal profile with the ones obtained with MR scan. The study was based on 20 MR tomograms of the head of mentally healthy men aged from 32 to 56 years, as well as the same number of anatomic specimens of the brain comparable in terms of age. After two-week fixation in a 10% formalin solution, the brain was dissected along the longitudinal sagittal fissure into two parts and their medial surfaces were photographed. Morphometric analysis of the corpus callosum sagittal profile was carried out using the software RadiAnt Dicom Viewer and Adobe Photoshop CS6 Extended. Apart from this, whole plates of the corpus callosum (about 2 mm thick) were taken in its sagittal plane and plastified in epoxy resin. They were used to make polished thin sections stained with a 1% solution of methylene blue per a 1% borax solution. It has been found out that the contour outlines of the corpus callosum sagittal profile on photographs of anatomical specimens are more distinct and can show details, which are undetectable by the magnetic resonance imaging technique. It has been proven that corpus callosum can not be regarded as a whole mass of nerve conductors. They are divided into individual portions (commissural funiculi) inside the corpus callosum. In the cross section, they give a segmental character to the sagittal section of the corpus callosum that can serve to better delineating the commissural connections between the contralateral centers of the new cortex.