

DOI: 10.18499/2225-7357-2019-8-1-89-95

УДК 611.711:611.821

14.03.01 – анатомия человека

© Коллектив авторов, 2019

Топографо-анатомические особенности позвоночного столба и спинного мозга у плодов человека 18–21 недели внутриутробного развития

Л. О. Шаликова*, Д. Н. Лященко, Э. Н. Галеева, Ю. В. Гулина,
В. А. Галиакбарова, А. Ю. Исенгулова

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Оренбург, Россия

Целью исследования явилось изучение особенностей анатомии позвоночного столба и спинного мозга, а также их взаимоотношения на этапе промежуточного плодного периода онтогенеза.

Материал и методы. Исследование проведено на секционном материале 20 плодов человека обоего пола 18–21 недели развития, полученных в результате прерывания беременности по социальным показаниям. В работе использовался комплекс морфологических методик – макромикроскопическое препарирование, изготовление разноплоскостных срезов по Н.И. Пирогову и серийных гистотопограмм с окраской по Ван Гизону.

Результаты. В ходе работы было выявлено, что в исследуемом периоде онтогенеза длина позвоночного столба варьирует от 110 ± 4.9 мм до 122 ± 4.7 мм. Отмечается формирование изгибов позвоночника, наиболее часто встречается грудной кифоз (в 80% случаев). Установлено, что поперечный размер тела позвонка на всем протяжении позвоночного столба имеет большее значение, чем переднезадний. В шейных позвонках наблюдается асимметрия отверстий в поперечных отростках. Установлен характер изменения позвоночного канала, количественно описана динамика изменений. Проведена морфометрия спинного мозга в корреляции с позвоночным столбом. Наибольшая длина спинномозговых корешков была зафиксирована на уровне Sc₅. В ходе исследования было выявлено, что развитие спинного мозга подвергается правилу билатеральной асимметрии, спинномозговые корешки одного и того же сегмента справа и слева не всегда располагаются симметрично и могут иметь разные значения длины.

Заключение. Таким образом, полученные данные о количественной морфометрии и топографии позвоночного столба и спинного мозга в 18–21 недели онтогенеза человека могут служить анатомической основой развивающейся фетальной хирургии и диагностических методов.

Ключевые слова: позвоночный столб, спинной мозг, анатомия, топография, фетальный период, онтогенез человека.

Topographic and Anatomical Features of the Human Vertebral Column and Spinal Cord at the 18–21 Weeks of Fetal Ontogenesis

© L. O. Shalikova*, D. N. Liashchenko, E. N. Galeeva, Y. V. Gulina, V. A. Galiakbarova, A. Y. Isengulova
Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia

The aim of study was to identify anatomical features of the vertebral column and spinal cord, as well as their relationships at the stage of the intermediate fetal period of ontogenesis.

Material and methods. The research included the study and analysis of the sectional material of 20 human fetuses of both genders at the 18–21 weeks of their development. The material was obtained as a result of abortion on social indications. The complex of morphological methods such as macro-microscopic preparation, N.I. Pirogov technique of preparations of variously-planared sections, preparation of series of histotopogrammes with van Gieson's staining was used in the study.

Results. The study has revealed that the length of the vertebral column varied from 110 ± 4.9 mm to 122 ± 4.7 mm in the investigated period of ontogenesis. The development of the vertebral column curvatures was observed; thoracic kyphosis being found most commonly (in 80% of cases). The transverse size of the vertebral body was larger than the anterior-posterior size of the vertebral column. There was an asymmetry of holes in the transverse processes of the cervical vertebrae. The character of changes in the vertebral canal was defined, the dynamics of these changes was quantitatively described. The morphometry of the spinal cord was performed in correlation with the spinal column. The largest length of the spinal roots was registered at the level of Sc₅. The study demonstrated that development of the spinal cord is subject to the rule of bilateral asymmetry: spinal roots of the same segment on the right and left sides are not always symmetrical and may have different length parameters.

Conclusion. Thus, the obtained data on quantitative morphometry and topography of the vertebral column and spinal cord at the 18–21 weeks of the human ontogenesis can be used as the anatomical basis for the developing fetal surgery and diagnostic methods.

Key words: vertebral column, spinal cord, topography, anatomy, fetal period, human ontogenesis.

***Автор для переписки:**

Шаликова Людмила Олеговна
Кафедра анатомии человека, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Советская, 6, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация.
E-mail: l.o.shalikova@yandex.ru

***Corresponding author:**

Ludmila Shalikova
Department of Human Anatomy, Orenburg State Medical University, ul. Sovetskaya, 6, Orenburg, 460000, Russian Federation
E-mail: l.o.shalikova@yandex.ru

Введение

Врожденные пороки развития (ВПР) позвоночного столба составляют существенную часть патологии опорно-двигательного аппарата. Немаловажным является тот факт, что они оказывают отрицательное влияние на функционирование различных систем внутренних органов, а также работу центральной нервной системы при затрагивании структур спинного мозга и его оболочек. Пороки развития нервной трубки в 2017 году составляли 29% от общего числа ВПР [4, 6]. Задачей третичной профилактики является проведение лечебных и реабилитационных мероприятий по устранению последствий порока развития или его осложнений. Стремительное развитие фетальной хирургии позволяет выполнить эту задачу уже внутриутробно [2, 11, 14, 16]. Однако для проведения столь сложных операций необходимо тщательное анатомическое обоснование, создание морфологической базы.

Формирование структур позвоночного столба подробно изучено в эмбриональном периоде [12, 13, 15]. Анатомические особенности спинного мозга наиболее полно отражены в работах Бурдей Г.Д., Школьников В.С., Родионова А.А., и др. [1, 3, 5, 7]. Однако исследования анатомии спинного мозга человека в плодном периоде, проведенные в корреляции с развитием позвоночного столба, немногочисленны [8], к тому же они не учитывают динамику становления архитектоники данной части опорно-двигательного аппарата. Необходимо также отметить, что анатомические исследования человека на этапе промежуточного плодного периода развития с учетом особенностей правовых и этических норм исследования данного материала во многих государствах не разрешаются законодательством. Однако именно этот период представляет для морфологов и клиницистов наибольший интерес, т.к., во-первых, он практически совпадает со сроками наиболее благоприятного проведения внутриутробной коррекции пороков, а, во-вторых, в данном периоде проводится второе скрининговое ультразвуковое исследование плода, для правильной интерпретации которого также необходимо создание анатомической базы.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение анатомии позво-

ночного столба и спинного мозга, а также их топографических особенностей на этапе промежуточного плодного периода онтогенеза человека.

Материал и методы исследования

Материалом исследования послужило 20 торсов плодов человека обоего пола, в возрасте от 18 до 21 недели, полученных при прерывании беременности по социальным показаниям, с соблюдением соответствующих этических и деонтологических норм, принятых в Российской Федерации (заключение ЛЭК ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России № 126 от 16.10.2015, при работе с секционным материалом торсов плодов учтены требования Федерального закона от 12.01.1996 № 8-ФЗ (ред. от 03.07.2016, с изм. от 19.12.2016) «О погребении и похоронном деле» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017). Указанный возрастной диапазон соответствует срокам второго триместра беременности и промежуточного плодного периода. Материал разделяли на 2 возрастные группы: в возрасте 18–19 недель и 20–21 недели. При проведении исследования был использован комплекс морфологических методик: макромикроскопическое препарирование, метод распилов в трех взаимно перпендикулярных плоскостях по Н.И. Пирогову, изготовление серийных разноплоскостных гистотопограмм с последующей окраской по Ван Гизону.

Все полученные морфометрические данные были подвергнуты вариационно-статистической обработке в среде Windows-XP с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Word Excel 2010» и «Статистика 10». Количественные данные, полученные в результате исследования, анализировались с применением параметрических методов. Вычисляли среднюю величину (\bar{X}), стандартную ошибку средней ($S_{\bar{x}}$), среднеквадратическое отклонение (σ), минимальное (\min) и максимальное (\max). Достоверность полученных различий между величинами групп в связи с нормальным распределением выборки определяли при помощи вычисления вероятности ошибки по распределению Стьюдента (p). В качестве минимально допустимого использовали уровень значимости $p < 0.05$.

Результаты и их обсуждение

В результате исследования было выявлено, что на сроке 18–21 недели развития человека отчетливо определяется позвоночный столб со всеми его структурами (рис. 1). Длина позвоночного столба у плодов в исследуемом периоде онтогенеза варьирует от 110 ± 4.9 мм до 122 ± 4.7 мм.

Достаточно дискуссионным остается вопрос в отношении формирования изгибов



Рис. 1. Сагиттальный разрез торса плода по правой парастеральной линии, вид слева. Фото макропрепарата, протокол №5, 18 недель, пол мужской. Обозначения: 1 – позвоночный столб, 2 – грудина, 3 – сердце, 4 – печень, 5 – петли кишки, 6 – спинной мозг, 7 – прямая кишка.

позвоночника. В литературе широко распространено мнение, что формирование лордозов и кифозов начинается в постнатальном периоде онтогенеза человека. Однако некоторые исследователи отмечают формирование изгибов внутриутробно. Так, К.М. Vagnall с соавторами уже в 1977 г., используя метод радиогрaфии, отметил наличие шейного лордоза в 83% случаев в группе 195 плодов 8–23 недель развития [9]. Е. Choufani в составе коллектива авторов в 2009 г., используя метод магнитно-резонансной томографии, доказал в 100% случаев наличие поясничного лордоза у 45 плодов в возрасте 23–40 недель [10]. Грудной и крестцовый кифозы рассматриваются как первичные, их наличие, особенно грудного, обусловлено характерным эмбриональным положением человека. Наше исследование в некоторой степени подтверждает приведенные выше данные, однако грудной кифоз нами был зарегистрирован только в 80% случаев, а крестцовый кифоз наблюдался только у 53% плодов. Значительно реже определялись шейный и поясничный лордозы. Так, изгиб кпереди в шейном отделе наблюдался в 40% случаев, тогда как поясничный лордоз был зафиксирован только у трети плодов. Данный раздел требует более тщательного изучения, в

том числе необходимо определить, при какой величине угла следует считать изгибом изменение оси позвоночника (рис. 2).

Позвонки в рассмотренном периоде онтогенеза имеют характерные возрастные особенности. Тело, как правило, имеет овальную форму, сплющено в сагиттальном направлении. Проведенная количественная морфометрия тел позвонков позволила установить динамику роста параметров тела позвонка. Были изучены поперечный и переднезадний размеры, при этом было установлено, что поперечный размер тела позвонка на всем протяжении позвоночного столба имеет большее значение, чем переднезадний.

Среднее значение поперечного размера тела свободных позвонков на 18-й–19-й неделе развития постепенно увеличивается от шейного позвонка C_2 (4.95 ± 0.36 мм) до поясничного L_3 (7.65 ± 0.57 мм), далее на уровне L_4 – L_5 наблюдается стабилизация значений. На 20-й–21-й неделях развития поперечный размер тела свободных позвонков имеет также наименьшее значение на уровне позвонка C_2 (5.48 ± 0.33 мм), а наибольшего значения достигает на уровне L_4 (9.36 ± 0.41 мм).

Поперечный размер тела крестцовых позвонков в каудальном направлении уменьшается более прогрессивно. Так, на сроке развития 18–19 недель его среднее значение на уровне позвонка Sc_1 составляет 5.23 ± 0.39 мм и уменьшается до 0.7 ± 0.08 мм на уровне Sc_5 , на 21-й неделе развития аналогичный параметр изменяется от 6.1 ± 0.26 мм на уровне основания крестца до 1.75 ± 0.07 мм на уровне верхушки крестца.

Поперечный размер тела копчиковых позвонков на сроке развития 18–19 недель составляет 0.5 ± 0.06 мм, к 21-й неделе данный параметр увеличивается до 0.9 ± 0.07 мм.

Переднезадний размер тела позвонков во всех возрастных группах и на протяжении всего позвоночного столба имеет достоверно меньшие значения, чем поперечный. Так, на 18-й неделе внутриутробного развития размер тела свободных позвонков в переднезаднем направлении увеличивается от 2.8 ± 0.29 мм на уровне шейного позвонка C_2 до 4.80 ± 0.37 мм на уровне поясничного позвонка L_4 . На 20-й – 21-й неделях развития среднее значение переднезаднего размера тела позвонка постепенно возрастает от шейного позвонка C_2 (3.35 ± 0.31 мм) до поясничного L_4 (5.94 ± 0.7 мм).

Переднезадний размер тела крестцовых позвонков в начале исследуемого периода уменьшается от Sc_1 (3.53 ± 0.31 мм) до (2.14 ± 0.12 мм). К 21-й неделе развития переднезадний размер тела позвонка на уровне Sc_1 достигает среднего значения (4.26 ± 0.22 мм), постепенно уменьшаясь до 2.34 ± 0.11 мм на уровне Sc_5 . Переднезадний размер тела копчиковых позвонков на иссле-

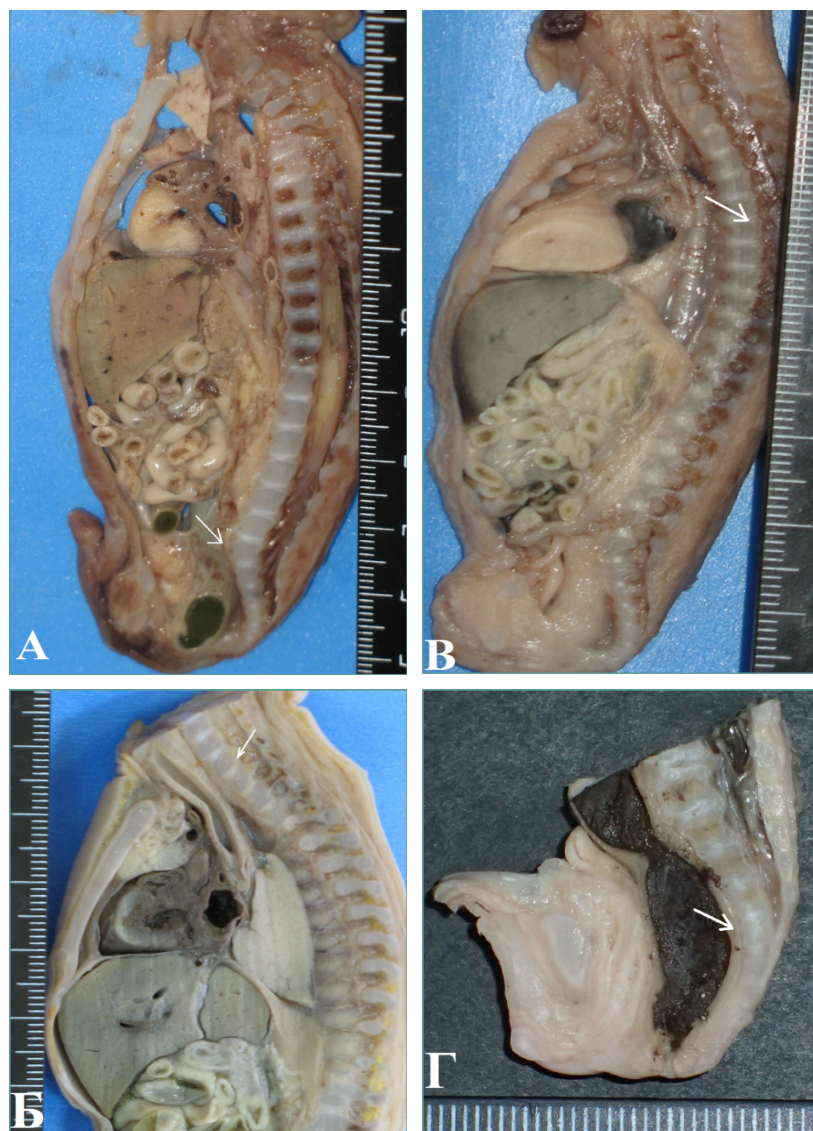


Рис. 2. Сагиттальные распилы торса плода 18–21 недели развития по срединной линии, вид слева. Фото макропрепаратов: А – протокол №18, 21-я неделя, пол мужской. Стрелкой обозначен поясничный лордоз. Б – протокол №11, 20-я неделя, пол женский. Стрелкой обозначен шейный лордоз. В – протокол №7, 18-я неделя, пол женский. Стрелкой обозначен грудной кифоз. Г – протокол №9, 19-я неделя, пол женский. Стрелкой обозначен крестцовый кифоз.

дуюмом сроке развития варьирует от 0.5 ± 0.07 мм до 0.68 ± 0.09 мм.

Также необходимо отметить, что значения переднезаднего и поперечного размеров тела позвонка незначительно превышают аналогичные значения межпозвоночного диска.

В шейных позвонках отчетливо определяются отверстия в поперечных отростках. Средние значения диаметра отверстия колеблется от 0.9 ± 0.07 мм до 1.4 ± 0.09 мм. Обращает на себя внимание асимметрия отверстий как в отношении их положения, так и размерных характеристик (рис. 3А).

В связи с тем, что расщепление дуги позвонка наиболее часто встречается в поясничном отделе, нами была проведена морфометрия отростков позвонков поясничного отдела. Значение длины остистого отростка в поясничном отделе в изучаемом периоде колеблется от 1.1 ± 0.09 мм до 2.5 ± 0.11 мм, а поперечного отростка – от 1.1 ± 0.08 мм до 1.8 ± 0.11 мм. Нижние суставные отростки имеют достоверно большие средние значения высоты, чем

верхние, (0.8 ± 0.04 мм и 1.9 ± 0.12 мм, соответственно).

В исследуемом периоде имеется по одной точке окостенения в теле каждого позвонка, и по – в дуге позвонка. На данном этапе еще не происходит сращения дуги позвонка с телом, и имеется четко выраженная хрящевая прослойка (рис. 4). По задней поверхности тел позвонков отмечаются выраженные питательные каналы.

На горизонтальных распилах по Н.И. Пирогову хорошо заметно, что позвоночное отверстие достаточно крупное, форма различается в зависимости от уровня. В шейном отделе позвоночное отверстие приближается к треугольной форме, тогда как в грудном и поясничном отделах имеет овальную форму (рис. 3, 4).

Размер позвоночного отверстия по направлению от шейного к крестцовому отделам позвоночного столба постепенно уменьшается. Поперечный размер позвоночного отверстия на всех уровнях имеет достоверно большее значение, чем переднезаднее, в среднем в

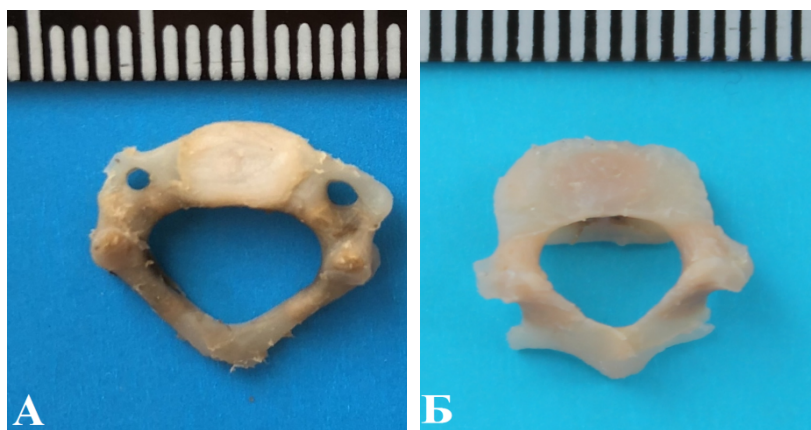


Рис. 3. Изолированные позвонки. Обозначения: А – шейный позвонок С₃. Фото макропрепарата, протокол №1, 18-я неделя, мужской пол. Б – поясничный позвонок L₃. Фото макропрепарата, протокол №12, 21-я неделя, женский пол.



Рис. 4. Грудной позвонок. Фото микропрепарата – гистотопограмма, горизонтальная проекция на уровне Th₄, окраска по Ван Гизону, ув. ×3. Протокол №10, 18 недель, женский пол. Обозначения: 1 – тело позвонка, 2 – позвоночное отверстие, 3 – спинной мозг, 4 – остистый отросток, 5 – точка окостенения, 6 – ножка дуги позвонка.

1.2–1.6 раз его превосходит. Однако на всем протяжении крестцового канала средние значения поперечного размера позвоночного отверстия превышают значения переднезаднего размера в 2 раза (табл.).

Неотъемлемой частью исследования позвоночного столба является изучение его топографических взаимоотношений со спинным мозгом. В рассматриваемом периоде онтогенеза спинной мозг представляет собой хорошо сформированный орган со свойственными ему структурами. Так же, как и у взрослых, он представляет собой вытянутый тяж, уплотненный в переднезаднем направлении. Отчетливо определяются шейное и поясничное утолщения, спинномозговые корешки, спинальные ганглии, твердая мозговая оболочка, мозговой конус, конский хвост (рис. 5). На гистотопограммах четко визуализируются центральный канал, передняя срединная щель и задняя срединная борозда.

Несмотря на видимое сходство со спинным мозгом взрослого, у плодов 18–21 недели внутриутробного развития спинной мозг име-

ет определенные особенности. Заканчивается спинной мозг плода на уровне тел поясничных позвонков L₄–L₅. Каудальная часть спинного мозга переходит в мозговой конус, среднее значение его поперечного размера составляет 1.05 ± 0.12 мм.

Морфометрия спинного мозга проводилась в корреляции с позвоночным столбом. При измерении поперечного размера спинного мозга на всем его протяжении удалось определить, что наибольший размер шейного утолщения приходится на уровень тела шейного позвонка С₆ и составляет 3.39 ± 0.23 мм, в то время как максимальное значение поясничного утолщения (3.85 ± 0.31 мм) наблюдается на уровне тела поясничного позвонка L₂.

Изучение спинного мозга происходит вплотную с изучением твердой мозговой оболочки (ТМО), которая отчетливо визуализируется как на макро-препаратах, так и на гистотопограммах. ТМО простирается до уровня крестцового позвонка Sc₃, образуя для спинного мозга дуральный мешок, который относительно прочно фиксируется в позвоночном канале.

Обращает на себя внимание большой объем субдурального пространства. Поперечный размер спинного мозга, заключенного в ТМО, практически в 2 раза больше, чем аналогичный показатель, изолированного спинного мозга. Так, среднее значение поперечного размера шейного утолщения спинного мозга в ТМО на уровне позвонка С₆ составляет 6.36 ± 0.39 мм, поясничное утолщение спинного мозга в ТМО имеет среднее значение 5.22 ± 0.31 мм на уровне позвонка L₃.

ТМО является вместилищем не только для спинного мозга, она продолжается и на спинномозговые корешки. При вскрытии ТМО обращает на себя внимание значительная длина спинномозговых корешков, их косонисходящий ход. Положение сегментов спинного мозга относительно позвоночника на данном этапе пренатального онтогенеза не соответствует правилу Шипо.

В крестцовом отделе сегменты спинного мозга имеют меньшие размеры, чем в остальных отделах спинного мозга, но в то же время

Таблица

Средние значения переднезаднего и поперечного размеров позвоночного отверстия в крестцовом отделе позвоночника на 18-й–21-й неделе внутриутробного развития ($X \pm S_x$, мм)

	Переднезадний размер		Поперечный размер	
	18–19 недель	20–21 неделя	18–19 недель	20–21 неделя
Sc ₁	2.22±0.10	2.9±0.03	5.49±0.03	6.3±0.43
Sc ₂	2.09±0.05	2.6±0.36	4.34±0.08	5.4±0.66
Sc ₃	1.57±0.32	2.0±0.15	3.64±0.04	4.0±0.25
Sc ₄	1.17±0.02	1.4±0.23	3.29±0.03	3.8±0.35
Sc ₅	0.61±0.13	0.9±0.02	2.9±0.07	3.1±0.13



Рис. 5. Спинной мозг. Фото макропрепарата, протокол № 13, 21-я неделя, женский пол. Обозначения: 1 – спинной мозг, 2 – поясничное утолщение, 3 – спинальный ганглий, 4 – мозговой конус, 5 – конский хвост, 6 – твердая мозговая оболочка.

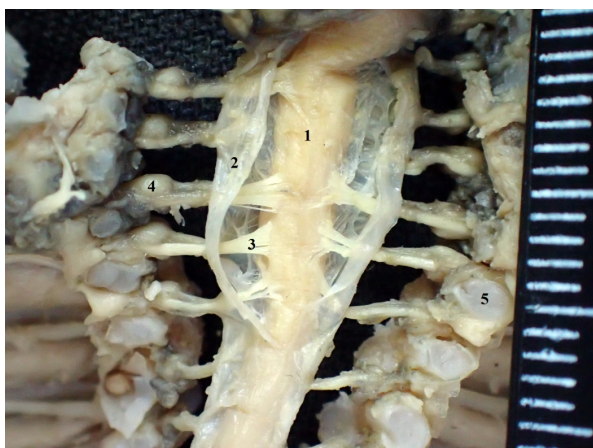


Рис. 6. Спинной мозг плода в твердой мозговой оболочке. Фото макропрепарата, протокол № 12, 19 недель, мужской пол. Обозначения: 1 – спинной мозг, 2 – твердая мозговая оболочка, 3 – передний корешок, 4 – ганглий, 5 – головка ребра.

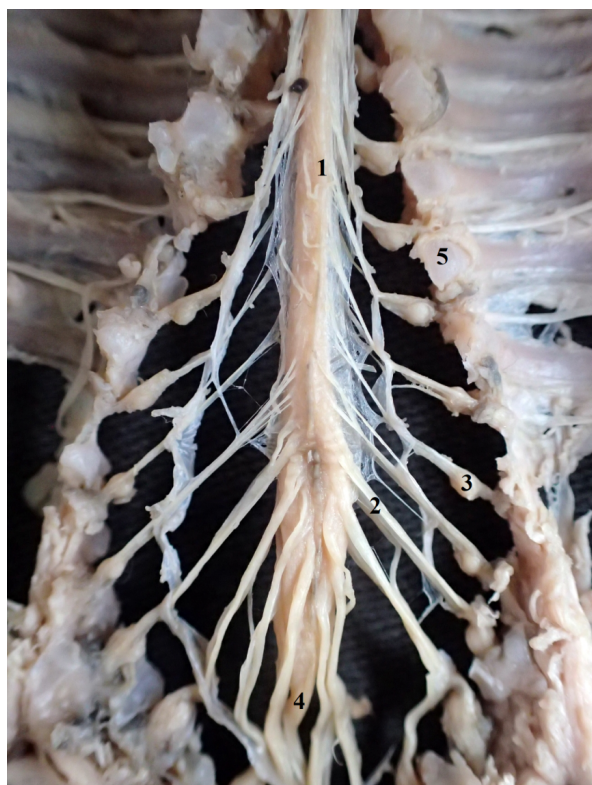


Рис. 7. Спинномозговые корешки нижних грудных, поясничных и крестцовых спинномозговых нервов. Фото макропрепарата, протокол № 13, 21-я неделя, женский пол. Обозначения: 1 – спинной мозг, 2 – передний корешок, 3 – ганглий, 4 – мозговой конус, 5 – головка ребра.

большую длину спинномозговых корешков, за счет чего происходит формирование конского хвоста. В шейном отделе значение длины спинномозговых корешков на 18-й – 21-й неделях развития не превышает 4.80 ± 0.21 мм. В грудном отделе оно незначительно увеличивается в среднем до 5.9 ± 0.33 мм. Спинномозговые корешки поясничных нервов имеют длину от 7.5 ± 0.41 мм до 12.60 ± 0.47 мм. Наибольшая длина была зафиксирована у спинномозговых корешков сегмента Sc_5 (15.64 ± 0.73 мм – слева и 15.78 ± 0.79 мм – справа. Детально изучив спинномозговые корешки, было выявлено, что развитие спинного мозга подвергается принципу билатеральной асимметрии. Спинномозговые корешки одного и того же сегмента справа и слева не всегда располагаются строго друг напротив друга и имеют разную длину.

Заключение

Таким образом, полученные данные о количественной морфометрии и топографии позвоночного столба и спинного мозга в 18–21 неделю онтогенеза человека могут служить анатомической основой развивающейся фетальной хирургии и диагностических методов. Сведения о строении позвоночного столба в промежуточном плодном периоде онтогенеза человека позволят проводить мониторинг развития плода на более поздних стадиях онтогенеза.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Бурдей Г. Д. Спинной мозг. Саратов; 1984. 236 [Burdei GD. Spinoi mozg. Saratov; 1984.236].
2. Воронов В. Г., Чмутин Г. Е. Нейрохирургическая вертебромедуллярная патология у детей и подростков. В 2-х томах. М.: РУДН, 2018; 2:520 [Voronov VG, Chmutin GE. Neurokhirurgicheskaya vertebromedullarnaya patologiya u detei i podrostkov. Moscow: RUDN; 2018.] (in Russian).
3. Куренков Е. Л., Макарова В. В. Онтогенез межпозвоночного диска у человека. Журнал анатомии и гистопатологии. 2018; 7(1): 98–107 [Kurenkov EL, Makarova VV. Ontogenesis of Human Intervertebral Disc. Journal of Anatomy and Histopathology. 2018;7(1):98–107] (in Russian). doi: 10.18499/2225-7357-2018-7-1-98-107
4. Нагорнева С. В., Прохорова В. С., Шелаева Е. В., Худовекова А. М. Анализ частоты выявления врожденных пороков развития у плодов за последние 5 лет (2013–2017). Журнал акушерства и женских болезней. 2018; 67(3): 44–48 [Nagorneva SV, Prokhorova VS, Shelaeva EV, Khudovcovova AM. The prevalence of congenital fetal anomalies for the past 5 years (2013–2017). Journal of obstetrics and women's diseases. 2018;67(3):44–48] (in Russian).
5. Родионов А. А. Морфогенез эпидурального пространства человека в эмбриональном и раннем плодном периодах. Морфология. 2009; 135(1): 25–30 [Rodionov AA, Asfandiyarov RI. Morphogenesis of human epidural space in the embryonic and early fetal periods. Morfologiya. 2009;135(1):25–30] (in Russian).
6. Российский статистический ежегодник. Стат.сб./Росстат. М., 2017; 686 [Russian Statistical Yearbook. Stat .book/Rosstat. Moscow; 2017. 686] (in Russian).
7. Школьников В. С., Гуминский Ю. Й. Особенности структуры и морфометрические параметры сегментов спинного мозга плодов человека и сиамских близнецов в сравнительном аспекте. Вестник ВГМУ. 2014; 13(1): 13–19 [Shkol'nikov VS, Guminskii YuI. Osobennosti struktury i morfometricheskie parametry segmentov spinnogo mozga plodov cheloveka i siamskikh bliznetsov v sravnitel'nom aspekte. Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta. 2014;13(1):13–19] (in Russian).
8. Arora M. Fetal anatomy: morphometry of vertebral canal and spinal cord of cervical region in human fetuses. Annals of International Medical and Dental Research. 2016;2(3): 128–131. doi: 10.21276/aimdr.2016.2.3.32
9. Bagnall KM, Harris PF, Jones PRM. A radiographic study of the human fetal spine. 1. The development of the secondary cervical curvature. J.Anat. 1977 Jul;123(3):777–82.
10. Choufani E, Jouve J-L, Pomeroy V, Adalian P, Chamoire K, Panuel M. Lumbosacral lordosis in fetal spine: genetic or mechanic parameter. European Spine Journal. 2009 Apr 24;18(9):1342–8.
11. Heuer GG, Moldenhauer JS, Scott Adzick N. Prenatal surgery for myelomeningocele: review of the literature and future directions. Child's Nervous System. 2017 May 17;33(7):1149–55.
12. Nizankowski C, Kurlej W. Contribution to studies on the apparent ascent of the spinal cord in human fetuses. Folia Morphol. 1982;41(1):33–48.
13. O'Rahilly R, Muller F, Meyer DB. The human vertebral column at the end of the embryonic period proper. 1. The column as a whole. J. Anat. 1980 Oct;131:565–75.
14. Adzick NS. Prospects for fetal surgery. Early Human Development. 2013 Nov;89(11):881–6. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2013.09.010
15. Roth ML, Purkyne JE. Normal neurovertebral growth relation. Acta Fac. Med. Univ. Brun., Opusc Morphol. 1985; 91:11–34.
16. Vrecenak JD, Flake AW. Fetal surgical intervention: progress and perspectives. Pediatric Surgery International. 2013 Apr 4;29(5):407–17.

Поступила в редакцию 12.11.2018

Received 12.11.2018

Принята в печать 2.02.2019

Accepted 2.02.2019

Для цитирования: Шаликова Л.О., Лященко Д.Н., Галева Э.Н., Гулина Ю.В., Галиакбарова В.А., Исенгулова А.Ю. Топографо-анатомические особенности позвоночного столба и спинного мозга у плодов человека 18–21 недели внутриутробного развития. Журнал анатомии и гистопатологии. 2019; 8(1): 89–95. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-1-89-95.

For citation: Shalikova LO., Liashchenko DN., Galeeva EN., Gulina YV., Galiakbarova VA., Isengulova AY. Topographic and anatomical features of the human vertebral column and spinal cord at the 18–21 weeks of fetal ontogenesis. Journal of Anatomy and Histopathology. 2019; 8(1): 89–95. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-1-89-95.