

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

На правах рукописи

Галиакбарова Виктория Альбертовна

**АНАТОМИЯ И ТОПОГРАФИЯ СПИННОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА
В 16-22 НЕДЕЛИ ПРЕНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА**

диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук по специальности
3.3.1. Анатомия и антропология.

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Лященко Диана Наилевна

Оренбург, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА I	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ АНАТОМИИ СПИННОГО МОЗГА НА ЭТАПАХ ПРЕНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	13
1.1. ЭМБРИОГЕНЕЗ СПИННОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА	13
1.2. ЛИТЕРАТУРНЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ МАКРОМИКРОСКОПИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ И ТОПОГРАФИИ СПИННОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА.....	15
1.3. ДАННЫЕ МЕТОДОВ ПРИЖИЗНЕННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СПИННОГО МОЗГА.....	23
1.4. АНАТОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ФЕТАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ СПИННОГО МОЗГА.....	25
1.5. ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ.....	30
ГЛАВА II	
МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	33
2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	33
2.2. ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
<i>2.2.1. Метод фиксации материала</i>	<i>36</i>
<i>2.2.2 Метод макромикроскопического препарирования</i>	<i>37</i>
<i>2.2.3. Метод распилов по Н.И. Пирогову в модификации</i>	<i>38</i>
<i>2.2.4. Метод изготовления серийных гистотопограмм</i>	<i>39</i>
<i>2.2.5. Метод морфометрии.....</i>	<i>40</i>
<i>2.2.5.1. Морфометрия макропрепаратов</i>	<i>40</i>
<i>2.2.5.2. Морфометрия поперечных срезов и гистотопограмм</i>	<i>44</i>
<i>2.2.6. Фотографирование и документирование полученных данных.....</i>	<i>46</i>
<i>2.2.7. Вариационно-статистическая обработка полученных данных.....</i>	<i>46</i>
ГЛАВА III	48
МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ СПИННОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА В 16-22 НЕДЕЛИ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ.....	48
3.1. ОПИСАТЕЛЬНАЯ АНАТОМИЯ СПИННОГО МОЗГА ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА	48
3.2. МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПИННОГО МОЗГА ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА В 16-22 НЕДЕЛИ.....	55
3.3. РЕЗЮМЕ.....	77

ГЛАВА IV**ТОПОГРАФИЯ СПИННОГО МОЗГА ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА****16-22 НЕДЕЛЬ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ..... 79****4.1. ОСОБЕННОСТИ СКЕЛЕТОТОПИИ СЕГМЕНТОВ СПИННОГО МОЗГА**

ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА 79

4.2. ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ

СПИННОГО МОЗГА И ОКРУЖАЮЩИХ СТРУКТУР 87

4.3. РЕЗЮМЕ 97**ГЛАВА V****АНАТОМИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР СПИННОГО МОЗГА..... 99****В ИЗУЧЕННОМ ПЕРИОДЕ ОНТОГЕНЕЗА 99****5.1. ОПИСАТЕЛЬНАЯ АНАТОМИЯ И МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
КОРЕШКОВ СПИННОМОЗГОВЫХ НЕРВОВ У ПЛОДОВ**

РАССМОТРЕННОГО ПЕРИОДА 99

5.2. ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СПИННОМОЗГОВЫХ

ГАНГЛИЕВ В 16-22 НЕДЕЛИ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ 130

5.3. РЕЗЮМЕ 147**ГЛАВА VI****ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИИ И ТОПОГРАФИИ СПИННОГО МОЗГА
ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ОТДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР В 16-22 НЕДЕЛИ
ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ****(ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ) 150****ВЫВОДЫ..... 161****СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 163****СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 189**

ВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Пороки развития нервной трубки, в частности пороки развития спинного мозга, нередко являются причиной детской смертности и инвалидности [Нагорнева С.В. и др., 2018; Демикова Н.С. и др., 2019; Khoshnood B., Loane M., de Walle H., 2015]. Синдром фиксированного спинного мозга объединяет группу таких пороков, для которых характерно нарушение функции каудальных отделов спинного мозга, включающих двигательные, чувствительные, трофические и тазовые нарушения [Воронов В.Г. и др., 2010,2011; Рудакова А.В., 2011]. Наиболее часто встречающимся из этой группы пороков является *spina bifida* – врожденный порок развития позвоночного столба, причиной которого стало нарушение закрытия нервной трубки к 28 дню беременности, приводящий к дефекту позвоночного канала и сопровождающийся образованием менингоцеле или миеломенингоцеле. По данным разных авторов частота расщелины позвоночника составляет от 3,4 до 4,63 на 10 000 новорожденных [Иванов В. А., 2022; Boulet S.L., Yang Q., Mai C. et al. 2008; Woodhouse C.R.J., 2008]. Примерно 10% живорожденных детей с миеломенингоцеле умирают в младенческом возрасте [Scott Adzick N., et al. 2011]. Нередко миеломенингоцеле сопровождается развитием грыжи заднего мозга, образуя мальформацию Арнольда-Киари, или Киари II [Курцер М.А., 2018; Steinbok P., Irvine B., Cochrane D.D., Irwin B.J., 1992]. Рандомизированное клиническое исследование Management of Myelomeningocele Study (2003-2010) предоставило доказательство первого уровня о том, что пренатальная внутриутробная коррекция таких пороков, выполненная до 26 недель, достоверно снижает риск смерти и потребность в шунтировании, улучшает неврологический статус новорожденных и повышает вероятность самостоятельной ходьбы [Костюков К.В., Гладкова К.А. и др., 2019; Stiefel D.,

Copp A.J., Meuli M., 2007; Scott Adzick N. et al., 2011; Botelho R., Imada V., Rodrigues da Costa K. et al., 2017].

Пороки развития нервной трубки и, в частности, spina bifida обычно обнаруживаются во втором триместре беременности с 16 недель развития, но чаще всего в 19-21 недели внутриутробного развития. Согласно приказу Минздрава России № 1130н, вступившему в силу с января 2021 года, данный срок соответствует второму ультразвуковому скринингу. Для уточнения диагноза, уровня дефекта и степени смещения проводят МРТ диагностику. Частота выявления расщепления позвоночника во втором триместре беременности по разным данным составляет от 68 до 100% [Курцер М.А., 2018; Boyd P., Wellesley D., De Walle H., Tenconi R., Garcia-Minaur S., Zandwijken G.R., 2000].

Для своевременной диагностики и внутриутробной коррекции пороков развития нервной трубки необходимо наличие фундаментальных знаний по анатомии и топографии спинного мозга и прилежащих структур. В литературе имеется большое количество сведений об основных этапах эмбриогенеза нервной трубки и становлении позвоночного столба [Пэттен Б.М., 1959; Токин Б.П., 1966; Фалин Л.И., 1976; Заточная В.В., 2018; Bandtlow C.E., et al., 2000; Sadler T., 2005; Kramer E.R. et al., 2006; Akita K. et al., 2008; Dobbertin A. et al., 2010; Wozniak W., 2010; Kwok J.C. et al., 2011; Endo T., 2015; Lang B.T. et al., 2015; Wiese S. et al., 2015; Nikolopoulou E., 2017].

Сведения по анатомии и топографии спинного мозга в эмбриональном периоде имеются в работах Н.В. Поповой-Латкиной (1966), Г.Д. Бурдей (1984), А.А. Родионова (2009), В.В. Заточной (2018), R. O'Rahilly (1986), R.A. Nieveinstein et al. (1993), W. Woźniak (2004), H.S. Jang, K.H. Cho, H. Chang et al. (2015). Кроме того, представлены единичные данные по анатомии спинного мозга плода [Школьников В.С., 2014; Barson A.J., 1970; Saifuddin A. et al., 1976; Soleiman J. et al., 2005; Govender S., 1989; Vettivel S., 1991; Kesler H. et al., 2007; Arthurs O.J. et al., 2013; Cho K.H., Jin Z.W., Abe H. et al., 2016; Elvan Ö. et al., 2020]. Но эти сведения чаще всего представлены анатомическими данными о

поздних сроках плодного периода или периода новорожденности, которые не могут быть использованы для пренатальной диагностики и фетальной хирургии.

Таким образом, существует необходимость в более детальном изучении фетальной анатомии и топографии спинного мозга и прилежащих структур, описании его возрастных, половых и индивидуальных особенностей в промежуточном плодном периоде онтогенеза.

Исследование выполнено в рамках научного направления кафедры анатомии человека Оренбургского государственного медицинского университета, посвященного изучению анатомии и топографии органов и структур плода [Попова Р.А., 2005; Михайлов С.Н., 2008; Яхина И.М., 2009; Лисицкая С.В., 2010; Щербаков С.М., 2011; Луцай Е.Д., 2013; Лященко Д.Н., 2013; Шаликова Л.О., 2013; Галеева Э.Н., 2016; Сенникова Ж.В., 2016; Саренко А.А., 2016; Никифорова С.А., 2016; Шальнева И.Р., 2017; Гулина Ю.В., 2020; Гусев Д.В., 2020; Исенгулова А.Ю., 2022; Найденова С.И., 2022; Муртазина Н.И., 2023].

Цель и задачи исследования

Цель работы – получение новых комплексных данных по анатомии и топографии спинного мозга человека у плодов 16-22 недель развития.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Изучить особенности макромикроскопической анатомии спинного мозга человека у плодов 16-22 недель развития.
2. Описать топографию спинного мозга плода человека в разные сроки исследуемого периода на макропрепаратах, серийных гистотопограммах и распилах по Н.И. Пирогову.

3. Изучить особенности анатомии спинномозговых корешков и ганглиев 16-22 недели внутриутробного развития.
4. Дать количественную оценку изменениям анатомии и топографии спинного мозга у плода с интервалом в 2 недели.

Научная новизна работы

В ходе проведенного исследования получен комплекс новых количественных данных по макромикроскопической анатомии и топографии спинного мозга у плодов человека 16-22 недель развития. Впервые детально, с возрастным интервалом в 2 недели, выполнено подробное изучение анатомии как спинного мозга в целом, так и его твердой оболочки, спинномозговых корешков и чувствительных узлов спинномозговых нервов в рассмотренном периоде внутриутробного развития.

Особую ценность представляют данные по топографии спинного мозга плода человека. Впервые подробно, с детальной возрастной разбивкой, описана скелетотопия всех сегментов спинного мозга человека в 16-22 недели внутриутробного развития. Кроме того, описаны взаимоотношения спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного столба в каждой изученной возрастной группе плодов.

Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные в результате работы морфометрические данные расширяют фундаментальные знания морфологов по анатомии и топографии спинного мозга и прилежащих структур плода человека. Комплекс полученных сведений может быть использован в ходе учебного процесса в высших учебных заведениях и НИИ морфологического, акушерско-гинекологического, неонатологического профилей.

Сведения по нормальной анатомии спинного мозга могут быть полезны для своевременной пренатальной диагностики врожденных пороков нервной трубки при выполнении УЗ-скрининга или МРТ.

Кроме того, полученные анатомические данные могут послужить основой для внутриутробной хирургической коррекции пороков развития центральной нервной системы.

Методология и методы исследования

Настоящее исследование выполнено на кафедре анатомии человека ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России в период с 2020 по 2023 гг. Изучение анатомии и топографии спинного мозга плода человека проводилось на основании изучения и анализа материала торсов 60 плодов человека обоего пола на сроке гестации от 16 до 22 недель, полученных в результате прерывания нормально протекающей беременности по социальным показаниям. Возрастной период, выбранный для выполнения исследования, соответствует акушерским срокам второго триместра беременности и второму УЗ-скрининговому исследованию на сроке 19-21 недели беременности (Приказ Минздрава России №1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология» от 20.10.2020), а также частично соответствует промежуточному плодному периоду онтогенеза [Колесников Л.Л. и др., 2014]. Кроме того, представленный возрастной диапазон подходит для морфологического обоснования внутриутробной коррекции пороков развития спинного мозга и позвоночного столба, проводимых на сроке 20-25 недель гестации [Курцер М.А. и др., 2018; Костюков К.В. и др., 2019; Adzick N.S., Thom E.A., Spong C.Y., 2011; Adalina Sacco et al. 2019]. Весь секционный материал был разделен на четыре возрастные группы: 16-17 недель, 18-19 недель, 20-21 недели и 22 недели. Для решения поставленных задач настоящего исследования был использован комплекс классических, хорошо апробированных методов: метод

фиксации материала, метод макромикроскопического препарирования, метод распилов по Н.И. Пирогову в модификации, метод изготовления серийных гистотопограмм, метод морфометрии, фотографирование и документирование полученных данных, вариационно-статистические методы обработки полученных данных.

Основные положения, выносимые на защиту

1. В 16-22 недели внутриутробного развития спинной мозг человека почти полностью сформирован: представлен в виде тяжа, уплощенного в переднезаднем направлении, имеет более выраженное шейное и менее развитое пояснично-крестцовое утолщения. Рост спинного мозга в изученном отрезке онтогенеза происходит неравномерно, в основном в начале периода, с 16 по 19 недели, и преимущественно за счет грудной и крестцово-копчиковой частей.

2. Скелетотопия сегментов спинного мозга плода значительно отличается от таковой у новорожденных и взрослого человека. Фетальной особенностью его топографии является так называемое «восхождение» мозгового конуса спинного мозга плода. Взаимоотношения спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного столба у плода в 16-22 недели развития имеют сильную корреляционную зависимость.

3. Анатомия и топография спинномозговых корешков и чувствительных ганглиев спинномозговых нервов у плода зависят от уровня расположения сегментов спинного мозга и имеют свои особенности в каждом отделе позвоночного столба, что следует учитывать при проведении внутриутробных медицинских вмешательствах и манипуляциях на глубоко недоношенных новорожденных.

Степень достоверности, апробация результатов и личное участие автора

Высокая степень достоверности обусловлена достаточным количеством материала и выбором методов исследования. Статистическая обработка полученных данных была проведена при помощи параметрических методов в прикладных программах «Microsoft Word Exel» и «Statistical0».

Основные положения работы были апробированы и доложены на: международном научно-практическом форуме студентов и молодых ученых, посвященном 70-летию Оренбургской государственной медицинской академии (2014 г.); научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию Ярославской государственной медицинской академии «Современные проблемы нейробиологии» (2014 г.); Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием в рамках «Дней молодежной медицинской науки» (2015 г.); V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием студентов и молодых ученых в рамках «Дней молодежной медицинской науки», посвященной 70-летию студенческого научного общества имени Ф.М. Лазаренко Оренбургского государственного медицинского университета (2016 г.); II Международном молодежном научно-практическом форуме «Медицина будущего: от разработки до внедрения» (2018 г.); 11-th International Symposium on Clinical and Applied Anatomy (ISCAA) (Мадрид, 2019г.); V Международном молодежном научно-практическом форуме «Медицина будущего: от разработки до внедрения» (2021г.); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Молодые ученые науке и практике XXI века» (2022г.); Российской научно-практической конференции с международным участием «Вопросы теоретической и прикладной морфологии», посвященной 90-летию кафедры анатомии человека БГМУ и 80-летию Заслуженного

работника высшей школы РФ, Заслуженного деятеля науки РБ, д.м.н., профессора В.Ш. Вагаповой (2022 г.).

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в выполнении всех этапов научного диссертационного исследования. Анализ источников литературы, работа с секционным материалом, изготовление всех препаратов, использование комплекса морфологических методов, обработка и оценка полученных данных, написание и оформление рукописи научно-квалификационной работы осуществлялись лично соискателем.

Подготовка публикаций по теме научно-квалификационной работы осуществлялась автором совместно с научным руководителем.

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО Самарского государственного медицинского университета, в учебный процесс кафедры анатомии человека и кафедры акушерства и гинекологии ФГБОУ ВО ОрГМУ МЗ РФ.

Диссертационная работа отмечена премией Губернатора Оренбургской области для талантливой молодежи в 2022 году (Указ Губернатора Оренбургской области № 620–УК от 23.11.2022 г.).

Публикации

По материалам диссертационного исследования опубликованы 19 печатных работ, из них 4 публикации (в том числе 3 статьи) в журналах, входящих в Перечень ведущих научных журналов и изданий рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 189 страницах и состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы, включающего 230 источников литературы, в том числе 98 работ отечественных и 132 публикаций иностранных авторов. Список литературы составлен в соответствии с ГОСТ7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание». Работа иллюстрирована 23 рисунками (схемы, фотографии макропрепаратов, срезов по Н.И. Пирогову, сканограммы гистотопограмм), содержит 37 таблиц и 24 диаграммы.

ГЛАВА I
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ АНАТОМИИ
СПИННОГО МОЗГА НА ЭТАПАХ ПРЕНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА
(Обзор литературы)

1.1. Эмбриогенез спинного мозга человека

Эмбриональное развитие нервной системы, в частности спинного мозга, достаточно хорошо освещено в современной литературе. Источником развития нервной системы у эмбриона является эктодерма. Согласно Б.М. Пэттену (1959), на сроке 18-19 дней после оплодотворения дорзальный участок эктодермы утолщается, образуя нервную пластинку, которая в дальнейшем из-за неравномерного роста вдавливается в центре и приподнимается по краям, складываясь в продольный желобок, являющийся основой развития центральной нервной системы. До момента закрытия нервной трубки эктодерма нервного желобка представляет собой один слой клеток, обладающий высокой митотической активностью [Данилов Р.К., Боровая Т.Г., 2003; Карафа-Корбут Н.О., 2021]. К моменту закрытия нервной трубки ее стенка становится многослойной, отделяется от эктодермы бесследно. Суженная задняя часть первичной нервной трубки дифференцируется в спинной мозг. Нервные клетки латеральной части нервной трубки размножаются быстрее, чем дорзальные и вентральные, таким образом овальный просвет трубки становится щелевидным [Пэттен Б.М., 1959; Фалин Л.И., 1976; Moore Keith L. et al., 2016]. Клетки, расположенные рядом с этим просветом, являются герминативными, из них образуются молодые клетки, которые смещаются от пограничной мембраны в сторону спинного мозга и образуют плащевой слой, содержащий большое количество тесно расположенных ядер. Рядом с пограничной мембраной образуется эпендимный слой, состоящий из удлиненных, радиально расположенных клеток. Снаружи от плащевого слоя находится краевой слой, в котором

практически нет ядер. Из образующихся трех слоев спинного мозга первые признаки дифференцировки обнаруживаются у плащевого слоя. Он дает начало спонгиобластам и нейробластам, из которых затем соответственно образуются нейроглия и нейроны [Данилов Р.К., 2003; Карафа-Корбут Н.О., 2021]. В последующем наблюдается додифференцировка плащевого слоя в серое вещество спинного мозга. Эти процессы объясняют раннее развитие серого вещества относительно белого. В свою очередь эпендимный слой формирует эпителиоидную выстилку центрального канала. Между тем, краевой слой значительно увеличивается за счет растущих нервных волокон и формирует будущее белое вещество спинного мозга. В ходе развития спинного мозга широкий щелевидный просвет нервной трубки редуцируется в узкий центральный канал [Валькер Ф.И., 1959; Пэттен Б.М., 1959; Токин Б.П., 1966; Moore, Keith L., 2016].

Ганглионарная пластинка, не связанная ни с эктодермой, ни с нервной трубкой, растет в переднезаднем направлении и дает начало чувствительным ганглиям задних корешков спинномозговых нервов [Фалин Л.И., 1976]. Из клеток каждого сегментарно расположенного ганглия растут нервные волокна как к спинному мозгу, так и к периферии, образуя задние корешки спинномозговых нервов. В свою очередь передний корешок образуется из волокон, растущих из нейробластов самой нервной трубки. За пределами спинного мозга оба корешка объединяются, образуя ствол спинномозгового нерва.

Параллельно с развитием структур спинного мозга происходит формирование позвоночного канала. Знание закономерностей этих процессов лежит в основе понимания возникновения пороков развития спинного мозга и позвоночного столба. Имеются данные, что смыкание нейрональных отростков вокруг закладки спинного мозга начинается с верхних грудных и верхних шейных позвонков. Затем этот процесс распространяется в краниальном и каудальном направлениях. Окончательное формирование позвоночного канала завершается к 12 неделям внутриутробного развития

[Заточная В.В., 2018; Sadler T., 2005; Grzymislawska M., Wozniak W., 2010]. Это объясняет наиболее частую локализацию spina bifida в пояснично-крестцовой области.

Транскрипция и дифференцировка различных типов клеток в различных сегментах спинного мозга протекает под действием множества факторов. Имеются крупные исследования, показывающие влияние факторов роста фибробластов, протеогликанов, ретиноевой кислоты внеклеточного матрикса и др. на правильную дифференцировку нервных клеток, нарушение синтеза которых лежит в основе возникновения спинальной мышечной атрофии [Bantlow C.E., Zimmermann D. R., 2000; Kramer E.R. et al., 2006; Akita K. et al., 2008; Dobbertin A., Czvitkovich S., Theocharidis U. et al., 2010; Kwok J.C. et al., 2011; Yang H.J. et al., 2014; Endo T., 2015; Lang B.T. et al., 2015; Wiese S. et al., 2015].

1.2. Литературные данные о возрастных особенностях макромикроскопической анатомии и топографии спинного мозга человека

Анатомия и топография спинного мозга вызывала особый интерес еще в XIX веке. В 1859 году Benedikt Stilling опубликовал результат 13-летней работы, в котором описал спинной мозг человека (на материале трупов заключенных) и животных (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся и т.д.) [Stilling B., 1859]. Он подробно описал основные структуры спинного мозга взрослого человека и млекопитающих (задний, боковой и передний канатики, серое вещество, соотношение масс серого и белого вещества на разных уровнях).

Особый интерес всегда представляли закономерности роста спинного мозга в позвоночном канале. Длина спинного мозга прямо зависит от возраста и длины тела человека. У взрослого человека она составляет 42-45см. По

данным Б.М. Пэттена (1959), до 12 недель внутриутробного развития спинной мозг занимает всю длину позвоночного канала, при этом сегментарно расположенные спинномозговые нервы выходят через межпозвоночные отверстия непосредственно в месте отхождения от спинного мозга. Далее рост позвоночного канала происходит быстрее, чем рост спинного мозга, что более выражено в каудальных отделах. В связи с тем, что нервные волокна к этому моменту уже достаточно сформированы, ход корешков спинномозговых нервов меняется в каудальном направлении до места выхода из позвоночного канала. Имеются единичные данные о длине спинного мозга в пренатальном периоде. По данным В.С. Школьников, Ю.Й. Гуминского (2014), у плода 17-18 недель развития спинной мозг имеет длину $96 \pm 4,6$ мм, а на сроке 35-36 недель - $150,2 \pm 4,2$ мм. Кроме того, есть сведения о том, что спинной мозг плода 25-32 недель внутриутробного развития имеет длину $105,55 \pm 11,30$ мм [Arthurs O.J., Thayyil S., Wade A., et al., 2013], которые были подтверждены Ö. Elvan, M. Aktekin, G. Kayan в 2020 году [Elvan Ö. et al., 2020].

Уровень расположения мозгового конуса имеет особое значение для понимания нормальной анатомии спинного мозга и позвоночного столба. У взрослого человека нижней границей мозгового конуса является уровень L₁ позвонка. На ранних этапах эмбриогенеза мозговой конус располагается на уровне нижних крестцовых сегментов [Фалин Л.И, 1976]. Однако с третьего месяца внутриутробного развития каудальные отделы спинного мозга растут медленнее, чем позвоночный канал, поэтому к моменту рождения мозговой конус находится на уровне межпозвоночного диска L_{II-III} [Пэттен Б.М., 1959; Barson A.J., 1970]. Уровень конуса ниже L_{III} при рождении считается аномальным [Saifuddin A. et al., 1998; Soleiman J. et al., 2005; Kesler H. et al., 2007]. Процесс восхождения мозгового конуса в плодном периоде онтогенеза человека представляет наибольший интерес и является дискуссионным. В литературе имеются противоречивые данные об уровне мозгового конуса у плода, полученные в результате аутопсии [Barson A.J., 1970; Govender S., Charles R.W., Haffejee M.R., 1989; Vettivel S., 1991; Elvan Ö., Kayan G., Aktekin

М., 2020], магнитно-резонансной томографии [Widjaja E., Whitby E.H., Paley M.N., 2006; Arthurs O.J., Thayyil S., Wade A., Chong W.K., Sebire N.J., Taylor A.M., 2013; Shalaby S.A. et al., 2015] и ультразвукового исследования [Wolf S., Schneble F., Troger J., 1992; Robbin M.L., Filly R.A., Goldstein R.B., 1994; Rowland-Hill C.A., Gibson P.J., 1995; Beek F.J., de Vries L.S., Gerards L.J., 1996; Sahin F, Selc M, Ecin E., 1997; Zalel Y., Lehavi O., Aizenstein O., 2006]. На 20-й неделе беременности мозговой конус заканчивается на уровне L_{IV}-L_V позвонка или выше [Arthurs O.J., Thayyil S., Wade A., et al. 2013]. Уровень мозгового конуса в 25-32 недели был обнаружен между L_I и L_{III} позвонками [Elvan Ö., Aktekin M., Kayan G., 2020].

Однако все эти данные в большей степени касаются либо эмбрионального периода, либо позднего плодного периода. В отношении анатомии и физиологии мозгового конуса взрослого человека представлено достаточное количество данных, позволяющее сформировать полноценную картину [Бурдей Г. Д., 1960, 1969, 1975, 1984; Saifuddin A. et al., 1998; Malas M.A., Salbacak A., Büyükmumcu M., et al., 2001; Demiryürek D. et al., 2002; Soleiman J. et al., 2005; Hauck E.F. et al., 2008; Morimoto T. et al., 2013, 2016].

Продолжением конуса спинного мозга вместе с его оболочками является терминальная нить. Выполнен ряд исследований, касающихся анатомии терминальной нити на сроке 6-14 недель внутриутробного развития [Nivelstein R.A. et al, 1993; Jang H.S., Kwang Ho Cho, Nyuk Chang et al., 2015; Jang H.S., Cho K.H. et al., 2015, 2016;]. По данным этих работ каудальный отдел спинного мозга в целом и терминальная нить в частности образуются вследствие вторичной нейруляции и подвержены выраженной индивидуальной изменчивости.

В современной литературе имеются данные, касающиеся анатомии спинномозговых корешков плода и показавшие, что на сроке 25-32 недели внутриутробного развития имеются различия в количестве корешковых нитей, из которых формируется корешок спинномозгового нерва. Так, количество вентральных корешковых нитей больше, чем дорсальных во всех сегментах

[Elvan Ö., Aktekin M., Kayan G., 2020]. По данным этих же авторов, число корешковых нитей и ширина сегмента в шейном отделе больше, чем в грудном. В поясничной части спинного мозга количество корешковых нитей снова увеличивается, однако высота сегмента становится меньше. Для микрохирургических вмешательств чрезвычайно важной является информация о длине зоны входа и выхода спинномозговых корешков. У плодов человека 25-32 недель внутриутробного развития наблюдается тенденция увеличения длин зоны входа дорсального и зоны выхода вентрального корешков от шейной части к грудной с последующим уменьшением в поясничной части спинного мозга. Подобная тенденция сохраняется и у взрослого человека [Nashold B.S., et al., 1992; Kubo Y., Waga S., Kojima T. et al., 1994; Karatas A., Caglar S., Savas A. et al., 2005; Hauck E.F., Wittkowski W., Bothe H.W., 2008; Zhou M.W., Wang W.T., Huang H.S. et al., 2010; Bozkurt M., Canbay S., Neves G.F. et al., 2012].

Ряд работ посвящен размерам самого спинного мозга в разных возрастных периодах. На ранних этапах эмбриогенеза диаметр нервной трубки имеет почти постоянный диаметр, однако после образования почек конечностей в тех сегментах спинного мозга, которые будут иннервировать верхние и нижние конечности, возникают заметные утолщения [Пэттен Б.М., 1959]. В.С. Школьников (2014) провел морфометрию шейного и пояснично-крестцового утолщений в 35-36 недель внутриутробного развития и выяснил, что длина утолщений составляет $34,0 \pm 3,3$ мм и $23,0 \pm 2,6$ мм соответственно, ширина шейного утолщения в среднем равна $6,5 \pm 0,5$ мм, а пояснично-крестцового - $5,5 \pm 0,5$ мм.

Имеются данные о переднезаднем и поперечном размерах спинного мозга на уровне некоторых сегментов каждой части спинного мозга в 17-18 и 35-36 недель внутриутробного развития [Школьников В.С., Гуминский Ю.Й., 2014]. Кроме того, эти же авторы описали центральный канал, который у плода на уровне шейных сегментов имеет щелевидную форму и широким основанием ориентирован в вентральном направлении, на уровне грудных

сегментов приобретает форму «капли», уже с вентральной ориентацией широкой части, на уровне поясничных сегментов – поперечно-овальную форму и ориентирован в переднезаднем направлении, а в крестцовых сегментах – овальную форму. По данным В.С. Школьникова (2014), у здорового плода уже на сроке 16-17 недель развития сформированы передняя срединная щель, а также борозды спинного мозга.

Имеются данные об анатомии твердой мозговой оболочки спинного мозга в начале эмбрионального периода [O'Rahilly R., Müller F., 1986; Patelska-Banaszewska M., Woźniak W., 2004]. Анализ имеющихся литературных данных показал, что твердая мозговая оболочка спинного мозга всегда продолжается вдоль нервных корешков с различной толщиной у плодов 28-30 недель развития [Cho K.H., Jin Z.W., Abe H. et al., 2016]. Та же тенденция сохраняется и у взрослого человека [Lang J., Geisel U., 1983; Бурдей, Г. Д., 1971, 1984; Mourgela S., Anagnostopoulou S., Sakellaropoulos A., Koulousakis A., Warnke J.P., 2007].

У взрослых людей от мягкой мозговой оболочки в латеральном направлении между передними и задними спинномозговыми корешками отходит зубчатая связка, прикрепляющаяся к паутинной и твердой мозговой оболочкам. Она простирается от верхнего края большого затылочного отверстия до уровня мозгового конуса для фиксации спинного мозга [Tubbs R.S. et al., 2001, 2011, 2018; Adeeb N. et al., 2013; Polak-Kraśna K. et al, 2019]. Ö. Elvan (2020) совместно с другими исследователями изучали зубчатую связку плодов человека сроком 25-32 недели внутриутробного развития. Эти работы показали, что на данном сроке развития зубчатая связка распространяется от первого шейного до первого поясничного сегментов спинного мозга и более развита в шейно-грудном отделе.

Говоря об оболочках спинного мозга, нельзя не упомянуть о межоболочечных пространствах. Развитие эпидурального пространства в первые дни эмбриогенеза описано Magdalena Patelska-Banaszewska, Witold Woźniak (2004). По данным А.А. Родионова (2009), формирование первичного

эпидурального пространства, заполненного рыхлой мезенхимой с очагами местного сосудообразования, происходит на сроке 6-7 недель внутриутробного развития. К 8-9 неделям развития завершается процесс формирования твердой мозговой оболочки и, соответственно, эпидурального пространства во всех отделах. При этом развитие эпидурального пространства протекает в краниокаудальном направлении [Гайворонский И.В., 2019, 2020, 2021; Sensenig E.C., 1957; Patelska-Banaszewska M., Woźniak W., 2004]. Кроме того, А.А. Родионовым (2009) был введен термин «спинально-канальный индекс», под которым понималось соотношение сагиттальных диаметров спинного мозга и позвоночного канала. Изучение данного индекса привело к выводу, что у эмбрионов с 7 до 9,5 недель развития объемный рост спинного мозга превышает таковой позвоночного канала. У плодов 9-10 недель рост размеров спинного мозга несколько замедляется, что приводит к изменению объемных отношений между ним и быстро увеличивающимся позвоночным каналом. В этом же исследовании было показано, что рост твердой мозговой оболочки координируется не со спинным мозгом, а с позвоночным каналом, однако формообразовательные процессы позвоночного канала протекают под влиянием спинного мозга. Формирование тел позвонков индуцируется хордой, а образование их дужек – спинным мозгом. Таким образом, морфогенез первичного эпидурального пространства определяется формирующим влиянием спинного мозга и твердой мозговой оболочки, а вторичного – преимущественно стенками позвоночного канала [Попова-Латкина Н.В., 1966, 1975; Фалин Л.И., 1976; Карлсон Б., 1983; Родионов А.А., 2009, 2014; Ursu T.R., Porter R.W. and Navartnam V., 1996]. Плоды длиной 60 мм имеют эпидуральное пространство, заполненное соединительной тканью [Munkacsı I., 1990, Hamid M. et al. 2002]. У плодов 28-30 недель развития эпидуральное пространство заполнено венозными сплетениями и расширяется в вентролатеральном направлении [Maitra S., Baidya D. K., Pawar D.K. et al., 2014; Cho K.H., Jin Z.W., Abe H. et al., 2016].

В литературе имеются некоторые данные о строении эпидуральных связок в пренатальном периоде. У плодов можно выделить задние, боковые и передние связки, закрепляющие мешок твердой мозговой оболочки. Атланто-дуральная и крестцовая связки являются постоянными [Munkacsı I., 1990]. Однако некоторые авторы отмечают формирование данных связок только к 39 неделе беременности [Hamid M. et al., 2002]. Относительно взрослого человека, передние связки простираются на всем протяжении и фиксируют оболочку к задней продольной связке (связки Гофмана). Наибольшая выраженность этих связок приходится на крестцовом уровне и продолжается по ходу концевой нити. По данным S. Wadhvani et al. (2004) существуют три передние связки: срединная, латеральная и проксимальная корневая (от нервного корешка до задней продольной связки). Существование последней Гофман отрицал [Munkácsı I., 1990]. Передние связки находятся между передними и задними венозными сплетениями, а задние связки являются непостоянными. Помимо связок эпидуральное пространство содержит в себе внутреннее позвоночное венозное сплетение, соединительную ткань и заднюю продольную связку [Вердиев Н.Д., Гайворонский И.В., Родионов А.А., 2021, Wiltse L.L. et al., 1993, 2000, Newell R.L. 1999; Tardieu, G.G. et al., 2016]. Хотя R.P. Husemeyer с соавтором (1980) утверждали, что передняя твердая мозговая прочно прикреплена к задней продольной связке и отрицал наличие каких-либо связок. Согласно данным Н.Д. Вердиева и др. (2021) в эпидуральном пространстве взрослого человека для фиксации мешка твердой мозговой оболочки в позвоночном канале выделяют пять форм эпидуральных структур: трабекулы, пластинки, сложные и комбинированные формы и связки. Анатомии и топографии эпидурального пространства взрослого человека посвящены работы Г.Д. Бурдей (1984), В.Н. Николенко (1993), Ю.А. Шакалова (2006), А.А. Родионова (2007), И.В. Гайворонского и др. (2019, 2020, 2021), D.E. Haines (1991).

Фундаментальное описание кровоснабжения спинного мозга представлено в монографии Г. Лазорт (1977). Особое внимание венозному

оттоку от спинного мозга уделяли Г.Т. Сухих (1975), В.М. Боев (1977), R.J., И.И. Каган (2016), А.А. Родионов, И. В. Гайворонский, А. И. Гайворонский, П.С. Пащенко [и др.] (2016, 2017), И.В. Гайворонский (2020), M. Lewandowsky (1928), R.J.M. Groen [et al.] (2005).

Согласно данным ряда авторов, внутренние позвоночные венозные сплетения представляют собой бесклапанную венозную сеть, кровь в которых осуществляется разнонаправленно в зависимости от позы и давления в грудной и брюшной полостях. Данные венозные сплетения анастомозируют с внутрикостными, паравerteбральными и магистральными венами, а также с синусами твердой мозговой оболочки головного мозга. Венозный отток от спинного мозга наблюдается уже на сроке 5-6 недель, передние эпидуральные вены формируются в 6-11 недель, а задние – в 11-13 недель. К 13 неделе внутриутробного развития у человека формируются три венозных дренажных системы: спинальная, эпидуральная, внутрикостная [А.А. Родионов 2016, 2017; Гайворонский И.В. и др., 2020; Groen R.J.M. et al., 2005; Nathoo N. et al., 2011; Tubbs R.S. et al., 2007, 2018; Carpenter K., Decater T., Iwanaga J., 2021]. По данным R.J.M. Groen (2005) морфология переднего внутреннего позвоночного сплетения на сроке 21-25 недель внутриутробного развития очень похожа на таковое у взрослого человека. В то время как заднее внутреннее венозное сплетение имеет свои особенности.

Ряд работ посвящен артериальному кровоснабжению спинного мозга взрослого человека [Нацвлишвили З.Г., 2004,2006; Миронов С.П., Ветрилэ С.Т., Нацвлишвили З.Г., 2006; Папиташвили В.Г., 2009, 2015; Аракелян В.С., 2015, 2018; Бокерия Л.А., Аракелян В.С., Городков А.Ю., 2018; Santillan A., Nacarino V., Greenberg E. et al., 2012]. Некоторые ученые особенно выделяют артерию Адамкевича, которая отходит от подреберной артерии, кровоснабжает поясничное утолщение и встречается в 85% случаев [Koshino T., Murakami G., Morishita K. et al., 1999; Fujisawa Y. et al., 2006].

1.3. Данные методов прижизненной визуализации спинного мозга

С 1980-х годов ультразвуковое исследование (УЗИ) было методом визуализации первой линии для исследования позвоночного канала и его содержимого [Хомутова Е.Ю., 2005; Miller J., Reid B., Randall Kemberling C., 1982; Malinger G., Paladini D., Haratz K.K. et al., 2020]. Имеется ряд работ, посвященных УЗИ новорожденных, которые показывают возможность идентификации мозгового конуса, терминальной нити, конского хвоста и субарахноидального пространства [Schenk J.P., Herweh C., Günther P., Rohrschneider W. et al., 2006; Chern J.J., Kirkman J.L., Shannon C.N. et al., 2012; Kucera J.N., Coley I., O'Hara S. et al., 2014; Ausili E., Maresca G., Massimi L. et al., 2018; Valente I., Pedicelli A. et al., 2019]. Это позволяет диагностировать всю группу пороков, объединенных под названием «синдром фиксированного спинного мозга». Однако ранняя диагностика таких пороков возможна еще в пренатальном периоде. До 2020 года на территории Российской Федерации проводился трехкратный ультразвуковой скрининг беременных: в 11-14, 18-21 и 30-34 недели беременности. С января 2021 года вступил в силу приказ Минздрава России №1130н, согласно которому скрининг проводится на сроке 11-14 и 19-21 недели беременности. Скрининговое двухмерное ультразвуковое исследование имеет чувствительность около 60%. Трехмерный ультразвук, несомненно, предлагает большую чувствительность, примерно 80% [Gorincour G. et al., 2014]. УЗ-скрининг позвоночного столба на предмет наличия порока *spina bifida* возможен с 16 недель развития [Boyd P., Wellesley D., De Walle H., 2000; Kohl T. 2014; Ausili E., Maresca G., Massimi L. et al., 2018]. На данном сроке хорошо визуализируются задние центры оксификации позвоночника. При наличии *spina bifida* остистые отростки позвонков на поперечном сканировании не смыкаются, а образуют U- или Y-образную конфигурацию. При наличии менингоцеле или менингомиелоцеле в области дефекта определяется тонкостенный грыжевой мешок. Нередкое сочетание *spina bifida* с синдромом Арнольда-Киари (тип II) повышает частоту

выявления этой патологии. Синдром Арнольда-Киари характеризуется каудальным смещением мозжечка. Наиболее типичными эхографическими признаками этой патологии являются изменение формы головы плода («лимон») и мозжечка («банан»), менее частыми – венрикуломегалия и уменьшение бипариетального размера по сравнению с нормативными значениями [Медведев М.В., Алтынник Н.А., 2008; Чугунова Л.А., Шмаков Р.Г., Гладкова К.А., 2022].

При выявлении множественных патологий плода при помощи ультразвуковой диагностики для уточнения диагноза и планирования способа коррекции данных пороков применяют магнитно-резонансную томографию (МРТ) [Masselli G. et al., 2020].

В результате различных исследований было выявлено, что МРТ имеет более высокое контрастное разрешение и более информативно, чем ультразвуковое исследование [Гервиг И., Хальперн Б., Андреас М., 2015; Nachen H.J., 1981; Coakley F.V., Glenn O.A., Qayyum A., Barkovich A.J., Goldstein R., Filly R.A., 2004]. По данным Комитета по безопасности Общества МРТ (Safety Committee of the Society for MRI), МРТ – это неинвазивное диагностическое исследование, которое не включает ионизирующее излучение и не имеет известных связанных с ним негативных побочных эффектов или сообщений об отсроченных последствиях. Основным недостатком МРТ является подвижность плода. В структуре всех МРТ обследований плода диагностика патологии ЦНС занимает около 80% [Masselli G. et al., 2020]. Чувствительность метода в визуализации нервной ткани составляет при спинномозговых грыжах – 100%, липомах – 73,33%, диастематомии – 92,85% [Аль-Абси Е.А.М., 2009].

При этом для наиболее лучшей визуализации позвоночного столба плода рекомендуют аксиальную, фронтальную и сагиттальную проекции в Т2 ВИ, толщина среза 2-3мм [Чувашова О.Ю., 2014; Huang Y.L., Wong A.M., Liu H.L. et al., 2010, 2014]. Особенно хорошо на МРТ изображениях визуализируется мозговой конус, представляющий особый интерес для

фетальных хирургов. До 35-й недели гестации он расположен между уровнями L_{II} и L_V, после 35 недели - между уровнями L_I и L_{III} [Widjaja E., Whitby E.H., Paley M.N., Griffiths P.D., 2006]. Наиболее целесообразно проводить МРТ плода на сроке 20-38 недель беременности. При выявлении выраженных изменений на УЗИ (чаще всего это признаки аномалий развития ЦНС) МРТ проводят на 16-19 неделе [Коростышевская А.М. и др., 2012, 2013, 2014, 2015; Чувашова О.Ю., 2014; Masselli G. et al., 2020]. Безопасность МРТ исследования плода подтверждают большинство авторов, в том числе, по данным ACR – SPR Practice guideline for the safe and optimal performance of fetal magnetic resonance imaging (MRI) издание American College of Radiology (2010), включающей более 30 000 радиологов, онкологов-радиологов США. Кроме того, имеется большое количество работ, посвященных ретроспективному анализу МРТ диагностики пороков развития центральной нервной системы, показывающих эффективность исследования [Zugazaga C. A., Martín Martinez C., Duran Feliubadalo C., 2013; Sun Y., Ning G., Li X. et al., 2022].

1.4. Анатомическое обоснование фетальной хирургии спинного мозга

В современной медицине плода спектр патологий, коррегируемый посредством открытых операций, значительно сужен. Существуют единичные наблюдения о попытках выполнения операций, связанных с патологией сердечно-сосудистой системы плода, но в основном открытые операции у плода выполняются при аденоматозе легкого, миеломенингоцеле и крестцово-копчиковой тератоме [Полякова В.А., Ральченко Е.С., 2012; Абрамян М.А., 2014].

Первые внутриутробные операции проводились по строгим показаниям, и чаще всего они касались тех патологических состояний, которые угрожали жизни плода и приводили к перинатальной смерти. Такая тактика была принята для того, чтобы максимизировать потенциальную пользу для плода при минимизации риска для матери [Liley A.W., 1963]. Заболевания плода, при

которых предполагалось пренатальное вмешательство, включали тяжелые обструктивные уропатии, врожденные диафрагмальные грыжи, плацентарные аномалии, такие как фето-фетальный трансфузионный синдром, и неиммунную водянку, вторичную по отношению к анатомическому дефекту.

Миеломенингоцеле был первым нелетальным пороком развития плода, подвергшимся внутриутробной хирургии у человека [Saadai P., Farmer D.L., 2012].

Spina bifida

Spina bifida – врожденный порок развития позвоночного столба, причиной которого стало нарушение закрытия нервной трубки к 28 дню беременности, приводящий к дефекту позвоночного канала и сопровождающийся образованием менингоцеле или миеломенингоцеле. По данным разных авторов, частота расщелины позвоночника составляет от 3,4 до 4,63 на 10 000 новорожденных [Boulet S.L., Yang Q., Mai C. et al., 2008], 10% живорожденных детей с миеломенингоцеле умирают в младенческом возрасте [N. Scott Adzick et al. 2011; Kohl T., 2014].

У детей со spina bifida клинически будут наблюдаться двигательные нарушения, которые коррелируют с уровнем поражения спинного мозга [Bruner J.P., Richards W.O., Tulipan N.B., et al., 1999; Mitchell L. E., Adzick N. S., Melchionne J., et al., 2004; Vande Velde S. Et al., 2007; Oliver E.R., Heuer G.G., Thom E.A., 2020]. При поражении на уровне крестца самостоятельно не могут передвигаться 7% пациентов, с поражением на уровне L_V - 9%, L_{IV} – 43% пациентов, L_I-L_{III} – 100% пациентов [Bowman R.M., McLone D.G., Grant J.A. et al., 2001; Meuli M., Moehrlen U., 2013]. Большинство пациентов испытывают нейрогенную дисфункцию сфинктеров мочевого пузыря и прямой кишки, что приводит к нарушению контроля мочеиспускания и дефекации соответственно. Также могут возникать сенсорные нарушения. У 80-90% больных, родившихся с миеломенингоцеле, развивается гидроцефалия,

вызванная нарушением формирования ликворных путей [Teo C., Jones R., 1996; Bruner J.P., Tulipan N.B., Richards W.O. et al., 2000; Rei J., Pereira J., Reis C., Salvador S., Vaz R., 2017; Kabagambe S.K., Jensen G.W., Chen Y.J. et al., 2018]. Нередко миеломенингоцеле сопровождается развитием грыжи заднего мозга, образуя мальформацию Арнольда-Киари, или Киари II [Курцер М.А., Притыко А.Г., Спиридонова Е.И. и др., 2018; Steinbok P., Irvine B., Cochrane D.D., Irwin B.J., 1992]. Кроме того, у людей с расщелиной позвоночника наблюдается уменьшение ожидаемой продолжительности жизни. Крупное когортное исследование людей с оперированной spina bifida в течении первых 48 часов жизни показало, что каждый третий из когорты умирает в возрасте до 5 лет, 26% умирают в течение следующих 35 лет от эпилепсии, тромбоэмболии легочной артерии, острой гидроцефалии, острого уросепсиса [Steinbok P., Irvine B., Cochrane D.D., Irwin B.J., 1992; Oakeshott P., Hung G., Poulton A., Reid F., 2010].

Существуют открытые (spina bifida aperta) и закрытые (spina bifida occulta) расщелины позвоночного канала. Spina bifida occulta представляет собой дефект позвоночного канала с неповрежденной вышележащей кожей, такие пороки не приводят к гидроцефалии и грыже заднего мозга. Spina bifida aperta сопровождается повреждением кожи над участком поражения, через который происходит обнажение спинного мозга и его оболочек, что и приводит в конечном счете к образованию менингоцеле или миеломенингоцеле [Farmer D.L., von Koch C.S., Peacock W.J. et al., 2003].

Анатомия спинного мозга и его оболочек плода значительно изменяется при данном пороке. Так, при spina bifida aperta в центре миеломенингоцеле твердая мозговая оболочка открыта и спаяна с глубокими слоями кожи, мягкая мозговая оболочка срастается с поверхностными слоями кожи и эпидермиса, паутинная оболочка так же открыта, обнажая ткани спинного мозга. Таким образом, открытый участок спинного мозга полностью открыт и подвергается различного рода повреждающим воздействиям [Grover M., Meuli M., Meuli-Simmen C., 1996]. Эти события легли в основу возникновения гипотезы «двух

ударов», которая объясняет возникновение неврологического дефицита при миеломенингоцеле. Первым «ударом» является сам дефект развития нервной трубки, а второй «удар» - это дополнительное повреждение обнаженных нервных элементов спинного мозга. Ультразвуковое исследование плодов с расщеплением позвоночника и нормальным движением ног в начале беременности подтверждает, что двигательная функция присутствует первоначально и утрачивается позже в результате повреждения открытого спинного мозга [Korenromp M.J., Van Good J.D., Bruinse H.W., Kriek R., 1986]. Кроме того, посмертный анализ мертворожденных и абортированных плодов с миеломенингоцеле предположил недавнее внутриутробное повреждение обнаженной нервной ткани [Hutchins G.M., Meuli M., Meuli-Simmen C., Jordan M.A., Hefez D.S., Blakemore K.J. 1996]. Наконец, пациенты с более легкими формами дефектов нервной трубки, при которых аномальные нервные элементы остаются покрытыми кожей или мембраной, имеют более нормальное нервное развитие, чем пациенты с миеломенингоцеле [Oya N., Suzuki Y., Tanemura M., 2000].

Все это говорит о том, что своевременное пренатальное закрытие спинного мозга может потенциально остановить отрицательную динамику и сохранить неврологическую функцию.

Пороки развития нервной трубки и, в частности, *spina bifida* обычно обнаруживаются во втором триместре беременности во время второго ультразвукового скрининга в 19-21 недели внутриутробного развития [Volpe P., De Robertis R., Fanelli T., 2022]. Поражение лучше всего визуализируется в сагиттальной плоскости. Характерными ультразвуковыми признаками при *spina bifida* являются каудальное смещение мозжечка плода, увеличение желудочков мозга, дефект дужек позвонков и грыжевое выпячивание. Для уточнения диагноза, уровня дефекта и степени смещения проводят МРТ диагностику. Частота выявления расщепления позвоночника во втором триместре беременности по разным данным составляет от 68 до 100% [Курцер

М.А. и др., 2018; Boyd P., Wellesley D., De Walle H., Tenconi R., Garcia-Minaur S., Zandwijken G.R., 2000].

Spina bifida является одной из причин прерывания беременности по медицинским показаниям. Ранее такие виды пороков оперировали в течение первых 48 часов после рождения. Возможности современной медицины позволяют проводить коррекцию подобного рода пороков внутриутробно.

Первая открытая репарация позвоночника плода была проведена в 1997 году [Adzick N.S., Sutton L.N., Crombleholme T.M., Flake A.W., 1998]. В начале 90-х годов лаборатория центра лечения плода при Калифорнийском университете Сан-Франциско начала исследовать возможность и эффективность внутриутробного восстановления миеломенингоцеле [Farmer D.L., Koch C.S., Peacock W.J., 2003].

С 1997 года по 2003 год подобным операциям подверглись более 200 новорожденных с расщелиной позвоночника. В результате проведения таких операций улучшался прогноз в отношении грыжи заднего мозга в сравнении с постнатальной хирургической коррекцией. Однако проведение подобных операций сопровождалось значительным риском как со стороны плода (фетальная или неонатальная смерть, преждевременные роды), так и со стороны матери (разрыв матки). В 2003 году было начато рандомизированное клиническое исследование Management of Myelomeningocele Study (MOMS), направленное на сравнение исходов внутриутробной и послеродовой коррекции миеломенингоцеле. Критериями включения были одноплодная беременность, миеломенингоцеле с верхней границей, расположенной между Th_I и Sc_I, признаки грыжи заднего мозга, гестационный возраст от 19,0 до 25,9 недели при рандомизации, нормальный кариотип, гражданство США и возраст матери не менее 18 лет. У исследуемых пациентов наблюдался различный уровень поражения: грудные позвонки – 5% и 4%, L_I-L_{II} - 27% и 12%, L_{III}-L_{IV} - 38% и 56%, L_V-Sc_I 29% и 28% в группе пренатальной хирургии и группе постнатальной хирургии соответственно. Операции проводились на сроке 19-25+6 недель беременности. В 2010 году исследование было прервано

ввиду доказанной эффективности пренатальной хирургической коррекции расщелины позвоночника. По сравнению с постнатальной хирургией пренатальная хирургия миеломенингоцеле, выполненная до 26 недель беременности, снизила риск смерти или потребность в шунтировании к 12 месяцам, а также улучшила баллы по комбинированному показателю умственной и двигательной функции с поправкой на уровень поражения в возрасте 30 месяцев. Пренатальная хирургия также улучшила несколько вторичных исходов, включая степень грыжи заднего мозга, связанную с мальформацией Киари II, двигательную функцию (измеряемую разницей между уровнем нейромоторной функции и уровнем анатомического поражения), а также вероятность возможности самостоятельно ходить по сравнению с постнатальной хирургией [Морозов С.Л., Полякова О.В., Яновская Н.В., 2020; Adzick N.S., Thom E.A., Spong C.Y. et al., 2011]. Основными преимуществами внутриутробной коррекции подобного рода пороков являются предотвращение негативного воздействия амниотической жидкости на спинной мозг плода, устранение вклинения основания головного мозга из-за фиксации спинного и уменьшение степени вентрикуломегалии [Костюков К.В., Гладкова К.А., Сакало В.А. и др., 2019; Острик К.А., Пырегов А.В., Гладкова К.А., 2022; Scully S.M., Mallon M., Kerr J.C., et al., 2012; Adzick N. S., 2013].

1.5. Общая оценка данных литературы

Таким образом, в современной литературе имеется четкое представление об этапах закладки и развитии нервной трубки и спинного мозга в эмбриогенезе. Как отечественные, так и зарубежные авторы уделяют большое внимание эмбриональному периоду пренатального онтогенеза. Это связано в первую очередь с формированием фундаментальных знаний о развитии и анатомии спинного мозга человека, а также с основой понимания

формирования врожденных пороков развития нервной трубки и позвоночного столба.

В связи со значительным развитием возможностей пренатальной диагностики и фетальной хирургии все большую актуальность приобретают работы, посвященные промежуточному плодному периоду онтогенеза. Имеются единичные работы, посвященные взаимоотношению спинного мозга с позвоночным каналом. Одним из самых дискуссионных вопросов является скелетотопия сегментов спинного мозга. Особый интерес представляют анатомия и топография мозгового конуса в пренатальном периоде. Некоторыми авторами были описаны терминальная нить и начальные отделы спинномозговых корешков. Кроме того, ряд работ посвящен диаметру спинного мозга и его утолщений. Кровоснабжение спинного мозга также не лишено внимания, в литературе имеется достаточно данных как в отношении артерий, так и в отношении его венозного русла. Однако все эти данные в большей степени касаются либо эмбрионального периода, либо позднего плодного периода. Более подробно в литературе описаны оболочки спинного мозга и межоболочечные пространства у плода.

В отношении методов прижизненной диагностики можно сказать, что наиболее обширно освещены сведения по ультразвуковой анатомии спинного мозга и позвоночного столба плода. Однако, в последние годы появляется все больше работ, в которых приводятся данные по МРТ исследованию плода и, в частности, спинного мозга.

На сегодняшний день повышенный интерес к анатомии спинного мозга плода связан с активным развитием внутриутробной коррекции врожденных пороков развития, таких как *spina bifida*. Оперативное вмешательство по поводу данного порока проводят на сроке 20-25 недель развития, что требует детального морфологического обзора этого периода развития. Однако, даже современные данные об анатомии спинного мозга в этом периоде носят единичный характер и являются неполными.

В связи с вышесказанным становится очевидным, что стремительное развитие возможностей методов прижизненной визуализации, а также ранняя диагностика и внутриутробная коррекция пороков нервной трубки и позвоночного столба диктуют необходимость более детального изучения анатомии и топографии спинного мозга человека, особенно в промежуточный плодный период онтогенеза.

ГЛАВА II

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика объекта исследования

Исследование выполнено на основании изучения и анализа материала торсов 60 плодов человека обоего пола на сроке гестации от 16 до 22 недель, полученных из фетальной коллекции кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО ОрГМУ. В исследовании был использован секционный материал, полученный в результате прерывания нормально протекающей физиологической беременности по социальным показаниям (согласно Постановлению Правительства РФ №98 от 6 февраля 2012 года) с соблюдением всех соответствующих деонтологических, этических и юридических норм (ФЗ РФ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» № 323-ФЗ от 21 ноября 2011 года, Постановление РФ №750 от 21 июля 2012г. «Об утверждении Правил передачи неостребованного тела, органов и тканей умершего человека для использования в медицинских, научных и учебных целях, а также использования неостребованного тела, органов и тканей умершего человека в указанных целях» (В редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 06.03.2015 № 201; от 17.12.2016 № 1397), Приказ Министерства здравоохранения РФ от 6 июня 2013 г. N 354н «О порядке проведения патолого-анатомических вскрытий»).

Критериями включения плодов в исследование стали:

- одноплодная физиологически протекающая беременность;
- отсутствие у матери соматической патологии;
- отсутствие в анамнезе беременности данных о нарушениях фетоплацентарного кровотока, осложнений беременности;
- соответствие антропометрических показателей плода акушерско-гинекологическому анамнезу;

- отсутствие пороков развития у плода при скрининговых ультразвуковых исследованиях и при визуальном осмотре при заборе материала.

Тема диссертационного исследования одобрена локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России (протокол №258 от 9 октября 2020г.).

Возрастной период, выбранный для выполнения исследования, соответствует акушерским срокам второго триместра беременности и второму УЗ-скрининговому исследованию на сроке 19-21 недели беременности (Приказ Минздрава России №1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология» от 20.10.2020), а также является частью промежуточного плодного периода онтогенеза [Колесников Л.Л. и др., 2014]. Кроме того, представленный возрастной диапазон максимально подходит для морфологического обоснования внутриутробной коррекции пороков развития спинного мозга и позвоночного столба, проводимых на сроке 20-25 недель гестации [Курцер М.А. и др., 2018; Костюков К.В. и др., 2019; Adzick N.S., Thom E.A., Spong C.Y., 2011].

Установление возраста плода для каждого случая, включенного в данную выборку, проводилось с учетом данных акушерского анамнеза, медицинской документации (прижизненное УЗ-исследование, обменная карта беременной, история болезни). Проверку возраста каждого плода проводилась с использованием двух методов: 1. Измерением теменно-пяточного и теменно-копчикового размеров [Б. Пэттен, 1959]; 2. Измерением четырех биометрических показателей: масса плода, теменно-копчиковый размер, окружность головы и длина стопы [И.А. Кириллова и др., 1991].

В соответствии с поставленными задачами исследования весь секционный материал был разделен на четыре возрастные группы: 16-17 недель, 18-19 недель, 20-21 недели и 22 недели. Распределение объектов

исследования в настоящем диссертационном исследовании по сроку развития и гендерному признаку представлено в таблице №1.

Таблица № 1

**Количественное и гендерное распределение объектов исследования
в соответствии с возрастными группами**

№	Срок гестации	Количество образцов		
		Пол		Итого
		Муж	Жен	
1	16-17 недель (№№ протоколов)	1, 7,14, 18, 23,34, 48, 50	6, 15, 28, 31, 32, 38, 41, 42, 45	17
2	18-19 недель (№№ протоколов)	52, 53, 54, 60, 65, 66	68, 88, 89, 90, 91, 92, 93,95	14
3	20-21 неделя (№№ протоколов)	101, 103, 104, 107, 110, 115, 117	105, 108, 116, 127, 130, 134, 138, 142, 149	16
4	22 недели (№№ протоколов)	151, 154, 155, 163, 164, 165	173, 175, 176, 182, 185, 191, 193	13
Всего				60

2.2. Описание методов собственного исследования

Для решения поставленных задач настоящего исследования был использован комплекс классических, хорошо апробированных методов:

1. метод фиксации материала;
2. метод макромикроскопического препарирования;
3. метод распилов по Н.И. Пирогову в модификации;
4. метод изготовления серийных гистотопограмм;
5. метод морфометрии;
6. фотографирование и документирование полученных данных;
7. вариационно-статистические методы обработки полученных данных.

Для детального изучения анатомии и топографии спинного мозга плода человека весь секционный материал был изучен в соответствии с дизайном исследования, представленном на рисунке 1.

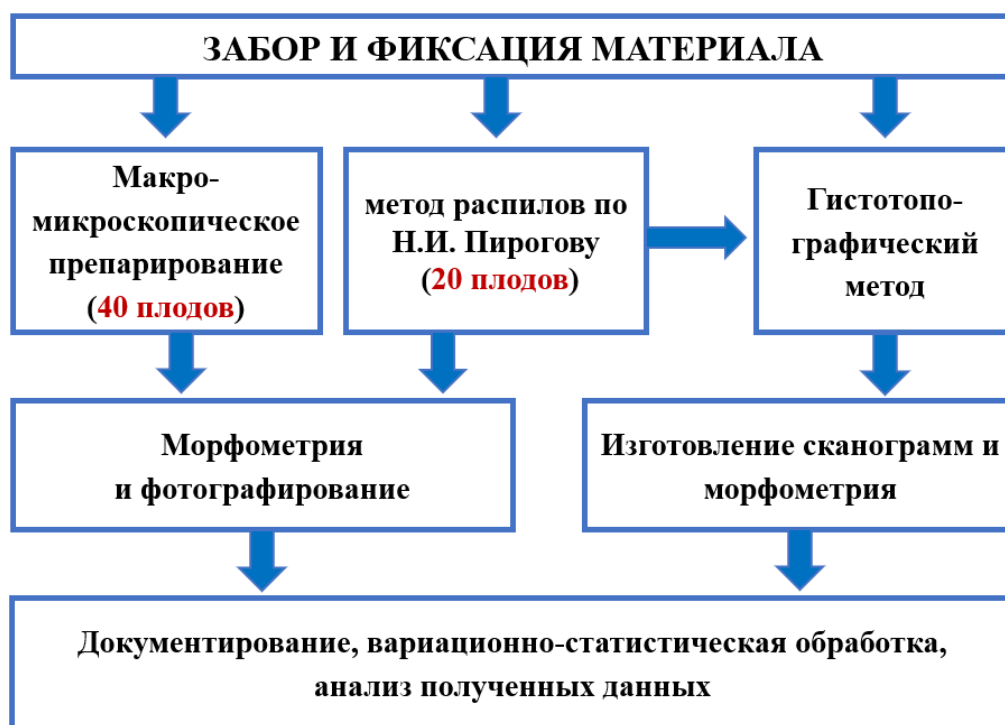


Рис. 1 Дизайн исследования

2.2.1. Метод фиксации материала

Забор материала для коллекции кафедры проводился сразу после прерывания беременности. В течение первых 24 часов в пупочную вену плода вводился 5-% раствор формалина. Показателем законченности процесса и сигналом к остановке введения формалина было истечение раствора через пупочную артерию, после чего осуществлялась перевязка культи пуповины. После этого фетальный образец помещался в емкость с таким же раствором формалина на 5 суток. По истечении этого времени материал погружали в более концентрированный раствор формалина (8-10%) на 30 суток. На каждом

этапе проводилось введение формалина в затылочный родничок и позвоночный канал. Такая методика обеспечивала правильную фиксацию и равномерное распределение раствора в ткани, органы и, в частности, в спинной мозг плода.

2.2.2 Метод макромикроскопического препарирования

Метод макромикроскопического препарирования представлял собой послойное удаление тканей и выделение структур с использованием оптического увеличения и микрохирургических инструментов. Последовательность проведения манипуляции отличалась в зависимости от вида доступа. Наиболее простым и малоинвазивным был дорсальный доступ. В этом случае первым этапом при помощи анатомического офтальмологического пинцета и офтальмологического скальпеля удалялась кожа и малочисленная подкожно-жировая клетчатка вдоль позвоночного столба торса плода. После удаления поверхностных тканей производилась послойная диссекция всех мышц спины. При этом наибольшие сложности возникали с удалением медиального тракта, для этого был использован хирургический офтальмологический пинцет. Следующим этапом производилось вскрытие позвоночного канала и обнажение твердой оболочки спинного мозга. Микрохирургическими офтальмологическими ножницами производилось рассечение дужки позвонка по задней срединной линии и ее удаление при помощи микрохирургического пинцета путем поворота в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси. Для предотвращения повреждения тканей твердой оболочки и спинного мозга манипуляция проводилась отдельно для каждого позвонка. Последующая работа с твердой оболочкой и тканями спинного мозга проводилась при помощи очков-лупы Levenhuk Zeno Vizor (Россия) со светодиодной подсветкой и сменными линзами различной степени увеличения. После полной визуализации твердой оболочки и выделения 31 пары спинномозговых корешков и ганглиев

проводилось ее вскрытие микрохирургическими офтальмологическими ножницами. На данном этапе особое внимание уделялось корешковым нитям, отходящим от спинного мозга. После каждого этапа препарирования проводили морфометрию необходимых структур и фотографирование препарата с различных ракурсов фотоаппаратом Panasonic Lumix DMCTZ3 (Китай) с использованием масштабной линейки для последующего проведения морфометрии в программе Scale (Россия).

Наиболее сложным и трудоемким являлся вентральный доступ. Первым этапом проводилось вскрытие грудной и брюшной полостей торса плода по передней срединной линии. После визуализации всех органов выполняли препарирование и извлечение содержащихся в этих полостях органов, в том числе крупных сосудов и нервов. Далее проводилась диссекция серозных оболочек и фасций задней стенки грудной и брюшной полостей. После визуализации передней поверхности тел позвонков выполнялось вскрытие позвоночного канала путем рассечения ножек каждого позвонка посредством офтальмологических ножниц. Удаление тел позвонков позволяло визуализировать спинной мозг в твердой мозговой оболочке, а также спинномозговые корешки, формирующие спинномозговые нервы. Последующая визуализация ткани спинного мозга проводилась точно так же, как и при дорсальном доступе. В ходе работы было выявлено, что морфометрические показатели при дорсальном и вентральном доступах не имели статистически значимой разницы, поэтому макромикроскопическое препарирование препаратов проводилось преимущественно с применением дорсального доступа.

2.2.3. Метод распилов по Н.И. Пирогову в модификации

Для изучения топографии спинного мозга плода был использован метод распилов по Н.И. Пирогову. По оригинальной методике Николай Иванович проводил срезы замороженных трупов толщиной 2-2,5 см. Для проведения

настоящего исследования метод был модифицирован посредством отсутствия заморозки и уменьшения толщины среза до 0,5-1,0 см. Для выполнения таких срезов зафиксированные формалином торсы плодов подвергались предварительной подготовке. Сначала проводилось препарирование позвоночного столба с дорсальной стороны по вышеописанной методике. Под оптическим увеличением с использованием очков-лупы выполнялась идентификация и маркировка позвонков путем прошивания дуг позвонков цветной леской (через 1-2) с фиксацией всех верифицированных уровней в протоколе каждого случая. Это способствовало точному определению уровня среза. После предварительной подготовки при помощи микротомного ножа торс плода рассекали в горизонтальной плоскости на уровне каждого позвонка. Сагиттальные распилы выполняли строго по срединной линии. В связи с положением плода и их меньшей информативностью фронтальные срезы не использовали. Морфометрические измерения распилов проводили с обеих сторон каждого среза для повышения точности измерений.

Изучение полученных срезов показало, что для анатомии и топографии спинного мозга наиболее информативными являются горизонтальные распилы. Они позволяют полностью визуализировать поперечный срез спинного мозга, мешка твердой оболочки и позвоночного канала, выявить их топографо-анатомические взаимоотношения на разных уровнях. Кроме того, такие срезы позволили изучить ход спинномозговых корешков и положение спинальных чувствительных ганглиев. Все выполненные срезы были подвергнуты фотографированию и морфометрии. В ходе исследования при помощи данного метода было изготовлено 20 случаев.

2.2.4. Метод изготовления серийных гистотопограмм

Еще одним информативным методом изучения анатомии и топографии спинного мозга был метод изготовления серийных гистотопограмм. Для этого была использована часть полученных распилов по Н.И. Пирогову.

Предварительно фиксированные срезы промывали в проточной воде в течение 24-48 часов. Для удаления из тканей воды срезы проводили через серию спиртов. Каждые 24 часа спирт заменялся более концентрированным (60%, 80%, 96%, 96%, 100%). После этого препарат на сутки помещался в раствор спирт-эфира, а затем пропитывался последовательно целлоидином I и II. После посадки на блоки препарат помещался в емкость с парами хлороформа. Следующим этапом изготавливали серию строго ориентированных срезов с толщиной 20-40 мкм, которые впоследствии окрашивались по традиционному способу Ван Гизона. Окрашенные срезы помещали в канадский бальзам между двумя стеклами, дожидались их окончательного застывания. Готовые стекла серий гистотопограмм изучали при помощи микроскопа МБС-2 при 2,4,8-кратном увеличении. Для наиболее точной морфометрии гистотопограммы были оцифрованы при помощи сканера Epson Perfection V600 с получением сканограмм высокого разрешения.

2.2.5. Метод морфометрии

Для детального изучения анатомии и топографии спинного мозга в промежуточном плодном периоде онтогенеза была проведена морфометрия макропрепаратов, распилов по Н.И. Пирогову и серийных гистотопограмм, выполненных во взаимно перпендикулярных проекциях. Измерения проводили как на натуральных препаратах с использованием электронного штангенциркуля, так и на цифровых фотографиях, сканограммах при помощи компьютерной программы Scale (лицензионная версия).

2.2.5.1. Морфометрия макропрепаратов

Измерение спинного мозга, его структур и оболочек проводилось последовательно согласно послойному препарированию [Автандилов Г.Г.,

1990]. Вскрытие позвоночного канала позволило изучить анатомию и провести морфометрию следующих показателей твердой мозговой оболочки:

- длина твердой мозговой оболочки, измеряемая от наружного края большого затылочного отверстия, до места прикрепления терминальной нити;

- длина каждой части мешка твердой мозговой оболочки (шейной, грудной, поясничной и крестцово-копчиковой). В международной анатомической классификации [Колесников Л.Л., 2003] нет понятия «части» твердой мозговой оболочки спинного мозга. С учетом того, что оболочка образует так называемые футляры, окутывающие корешки спинномозговых нервов, идентификация и морфометрия частей оболочки проводились в соответствии с шейными, грудными, поясничными, крестцовыми и копчиковыми парами спинномозговых нервов. Выделение таких условных частей позволило изучить соотношение длины различных отделов, темп прироста и топографию твердой мозговой оболочки;

- межкорешковые промежутки. Под этим термином было принято расстояние между нижним краем вышележащего и верхним краем нижележащего корешка спинного мозга с обеих сторон (Рис. 2);

- длина участка спинномозгового корешка от твердой оболочки до чувствительного спинномозгового ганглия (Рис. 2);

- поперечный размер твердой оболочки спинного мозга, который измеряли между местами отхождения спинномозговых корешков на каждом уровне, данный показатель косвенно отображает поперечный диаметр мешка твердой мозговой оболочки (Рис. 2);

- межганглионарная дистанция, показывающая расстояние между двумя ганглиями одного спинномозгового сегмента (Рис. 2);

- максимальный продольный и максимальный поперечный диаметры спинномозгового ганглия.

После вскрытия твердой оболочки проводили морфометрию непосредственно спинного мозга и его структур:

- длина спинного мозга – от сегмента C_1 до сегмента Co_1 ;

- длина каждой части спинного мозга, границы которых определялись по месту отхождения спинномозговых корешков, что позволило изучить взаимоотношение частей спинного мозга, темп прироста и топографию каждой части спинного мозга;

- межкорешковые промежутки измеряли между нижним краем вышележащего и верхним краем нижележащего корешка спинного мозга с обеих сторон (Рис. 3);

- длина спинномозгового корешка от спинного мозга до чувствительного спинномозгового ганглия (Рис. 3);

- длина шейного и поясничного утолщений, которую измеряли после вскрытия твердой мозговой оболочки. Шейное утолщение включает в себя сегменты С₂–С₇, пояснично-крестцовое утолщение включало в себя сегменты Th₁₂–Sc₃. Кроме того, фиксировали уровень расположения утолщений для отображения их топографии. В клинической медицине в пределах поясничного утолщения выделяют понятие эпиконуса, который включает в себя сегменты L₅-Sc₂, но изучение этой структуры в данное исследование не входило;

- поперечный размер спинного мозга измерялся между двумя самыми отдаленными точками спинного мозга в горизонтальной плоскости и фиксировался на уровне каждого позвонка (Рис. 3);

- длина мозгового конуса;

- длина терминальной нити.

Для описания топографии и сравнения с правилом Шипо определяли и фиксировали уровень каждого сегмента спинного мозга относительно тел позвонков.

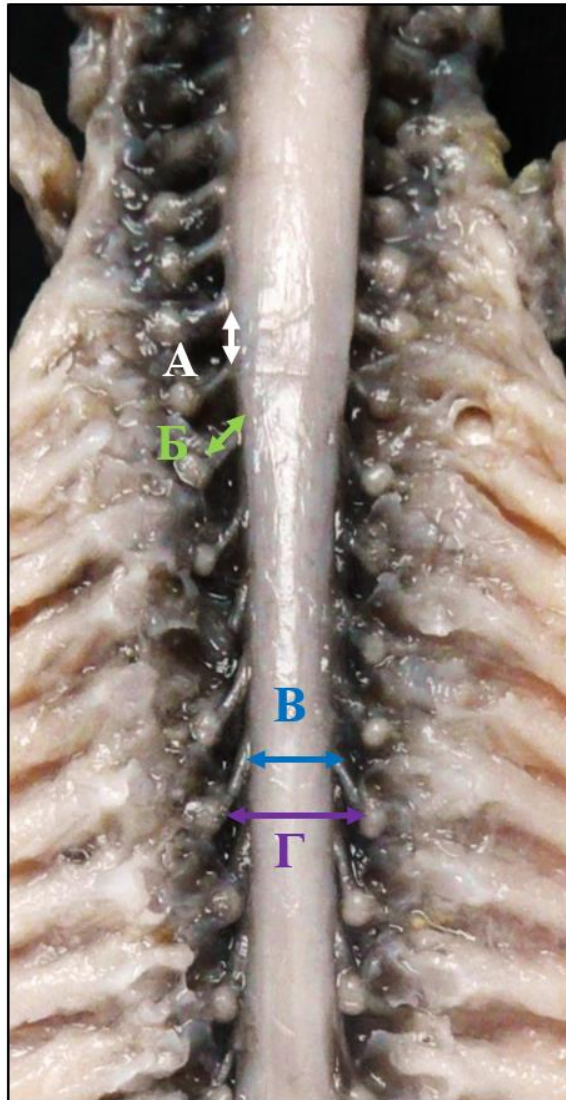


Рис. 2 Схема измерений показателей в твердой оболочке спинного мозга.

Фото макропрепарата торса плода, увеличение в 7 раз.

Протокол № 64, срок гестации – 18 недель, пол – мужской.

А – межкорешковый промежуток, Б - длина корешка до ганглия,
В – межкорешковый поперечник, Г – межганглионарный поперечник.

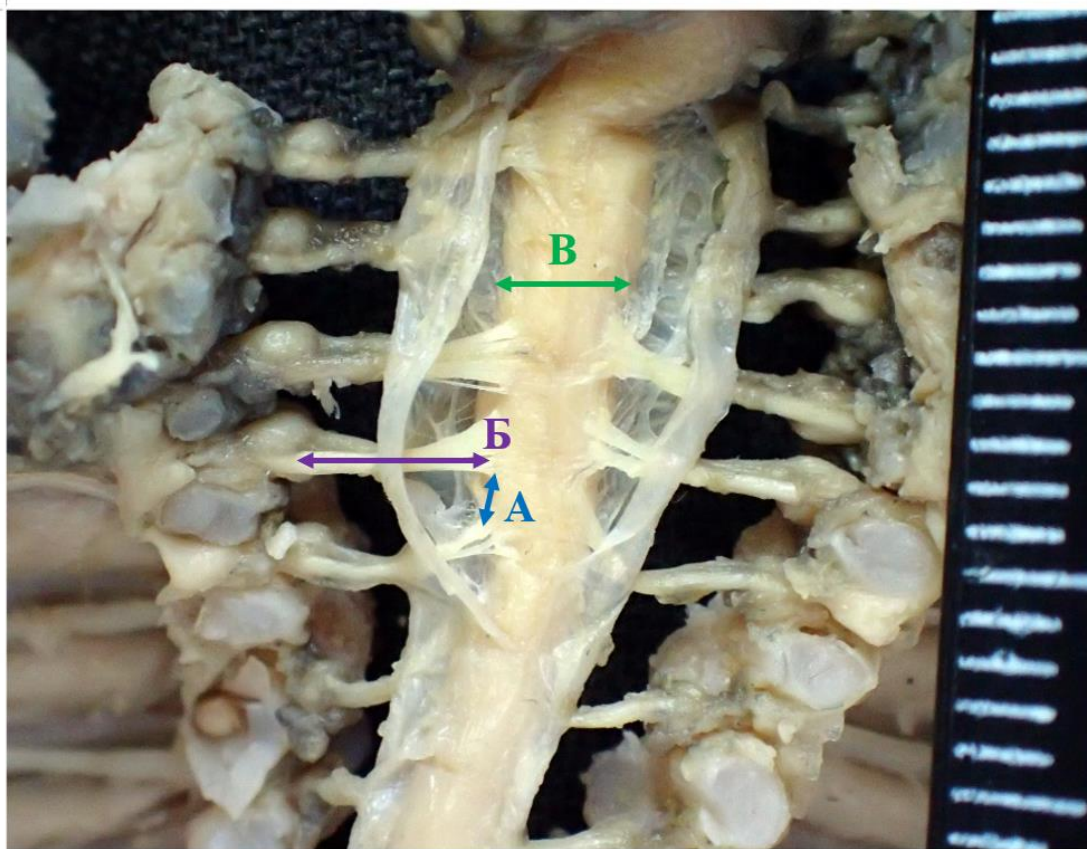


Рис. 3 Схема измерений показателей без твердой оболочки спинного мозга.

Фото макропрепарата торса плода, увеличение в 9 раз.

Протокол № 101, срок гестации – 21 недель, пол – мужской.

A – межкорешковый промежуток, Б - длина корешка до ганглия,

B – поперечный размер спинного мозга.

2.2.5.2. Морфометрия поперечных срезов и гистотопограмм

Морфометрия поперечных срезов и гистотопограмм позволяет изучить как анатомию, так и топографию спинного мозга и его структур. Согласно протоколу исследования на каждом срезе проводили морфометрию следующих структур:

- поперечный (а) и продольный (b) диаметры позвоночного канала между самыми отдаленными точками;
- площадь поперечного сечения (S) позвоночного канала, которая определялась по формуле:

$$S = a/2 \times b/2 \times \pi; \quad (1)$$

- поперечный (a) и продольный (b) диаметры спинного мозга между самыми отдаленными точками;

- площадь поперечного сечения (S) спинного мозга, которую вычисляли по формуле:

$$S = a/2 \times b/2 \times \pi; \quad (2)$$

- поперечный (a) и продольный (b) диаметры пространства, ограниченного твердой оболочкой спинного мозга, между самыми отдаленными точками;

- площадь поперечного сечения (S) пространства, ограниченного твердой оболочкой спинного мозга, которая определялась по формуле:

$$S = a/2 \times b/2 \times \pi; \quad (3)$$

Для сопоставления размеров позвоночного канала и спинного мозга у плода в период формирования эпидурального пространства А.А. Родионовым и Р.И. Асфандияровым (2009) был предложен показатель спинально-канального индекса, выраженный отношением сагиттальных диаметров спинного мозга и позвоночного канала. Для изучения взаимоотношений размеров позвоночного канала, твердой мозговой оболочки и спинного мозга вышеописанный индекс был модифицирован и введены следующие понятия:

- спинально-канальный индекс – это отношение площади поперечного сечения спинного мозга ($S_{см}$) к площади поперечного сечения позвоночного канала ($S_{пк}$). Формула для расчета:

$$(S_{см} \div S_{пк}) \times 100\%; \quad (4)$$

- спинально-дуральный индекс – это отношение площади поперечного сечения спинного мозга ($S_{см}$) к площади поперечного сечения мешка твердой мозговой оболочки ($S_{тмо}$). Формула для расчета:

$$(S_{см} \div S_{тмо}) \times 100\%; \quad (5)$$

- дурально-канальный индекс – это отношение площади поперечного сечения мешка твердой мозговой оболочки ($S_{тмо}$) к площади поперечного сечения позвоночного канала ($S_{пк}$). Формула для расчета:

$$(S_{тмо} \div S_{пк}) \times 100\%. \quad (6)$$

2.2.6. Фотографирование и документирование полученных данных

Для фиксации всех полученных данных были составлены два вида протоколов: 1 - для документирования макропрепаратов, 2 – для поперечных срезов и гистотопограмм. Для каждого случая был заведен отдельный протокол, в котором указывались номер случая, дата получения материала, срок гестации, пол, данные морфометрии. Все измерения были внесены в отдельные сводные таблицы. К каждому протоколу прикладывалась серия фотографий, выполненная на каждом этапе исследования конкретного случая. Фотографии были выполнены при помощи фотоаппарата Panasonic-Lumix DMC-TZ3 (Китай) с использованием линейки для дальнейшей возможности электронной морфометрии.

2.2.7. Вариационно-статистическая обработка полученных данных

Сводные таблицы всех протоколов исследования позволили провести вариационно-статистический анализ всех полученных данных в программе «Statistica10». Для определения соответствия распределения полученных

данных нормальному распределению был использован критерий Шапиро-Уилка. В последующем с учетом полученного нормального распределения данных выборки для статистического анализа были использованы параметрические методы. В каждой группе определяли следующие показатели:

- среднее значение (M);
- стандартную ошибку средней величины (Sx);
- среднеквадратическое отклонение (σ);
- наименьшее значение параметра (\min);
- наибольшее значение параметра (\max);
- темп прироста ($T_{пр}$).

Критический уровень статистической значимости (p) при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05. Для оценки достоверности был использован критерий Стьюдента.

Описание полученных результатов исследования проводилось в соответствии с международной анатомической терминологией [Колесников Л.Л., 2003; FIPAT. TA2, 2019], ороанатомической терминологией [Никитюк Д.Б., Васильев С.С., Дыдыкин С.С. и др., 2023]. Для обозначения номера сегмента спинного мозга и спинномозгового корешка были использованы арабские цифры, для обозначения номера позвонка – римские.

ГЛАВА III

МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ СПИННОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА В 16-22 НЕДЕЛИ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ

3.1. Описательная анатомия спинного мозга плода человека

Спинальный мозг человека в 16-22 недели внутриутробного развития представляет собой вполне сформированную целостную структуру. После удаления кожи, мягких тканей в области позвоночника и позвонков в процессе макромикроскопического препарирования отчетливо визуализируется спинной мозг плода, окруженный твердой мозговой оболочкой, которая во многом повторяет его контур, в том числе и в области шейного и пояснично-крестцового утолщений (Рис. 4).

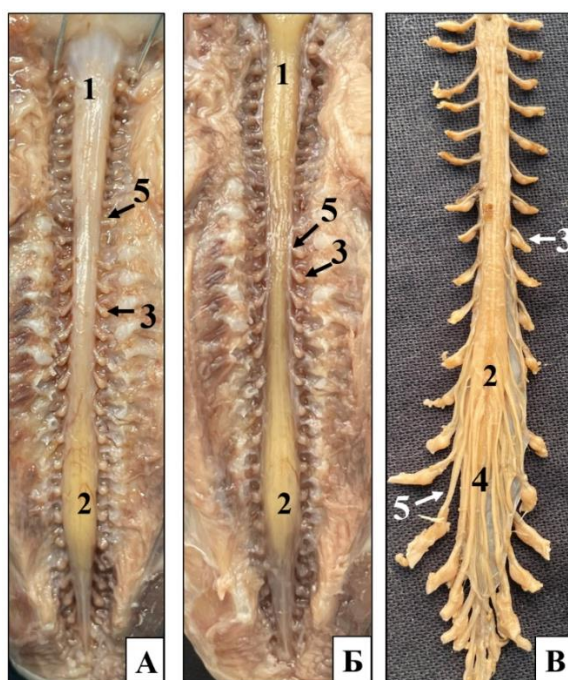


Рис.4 Спинальный мозг плода. **А** – в твердой мозговой оболочке (вид сзади). **Б** – после удаления твердой мозговой оболочки (вид сзади). Фото макропрепарата, протокол №18, 17 недель, мужской пол, увеличение в 1,5 раза. **В** – изолированный спинальный мозг плода (вид спереди). Фото макропрепарата, протокол №67, 18 недель, женский пол, увеличение в 1,5 раза.

1 – шейное утолщение спинного мозга, 2 – пояснично-крестцовое утолщение спинного мозга, 3 – спинномозговой ганглий, 4 – конский хвост спинного мозга, 5 – спинномозговой корешок.

Кроме того, у плода хорошо определяются как участок спинномозговых корешков от оболочки до спинномозгового ганглия, так и сами ганглии (более подробно эти структуры описаны в главе V).

Удаление оболочек спинного мозга позволило изучить спинной мозг плода как самостоятельную структуру. В 16-22 недели внутриутробного развития для спинного мозга человека характерно наличие передней срединной щели, задней срединной, передней латеральной и задней латеральной борозд, которые определяются как на макропрепаратах, так и на серийных гистотопограммах (Рис. 5). Однако, дифференцировать борозды возможно только при сохраненной мягкой мозговой оболочке, так как после ее диссекции ткани спинного мозга становятся слишком хрупкими, и спинной мозг теряет свою форму.

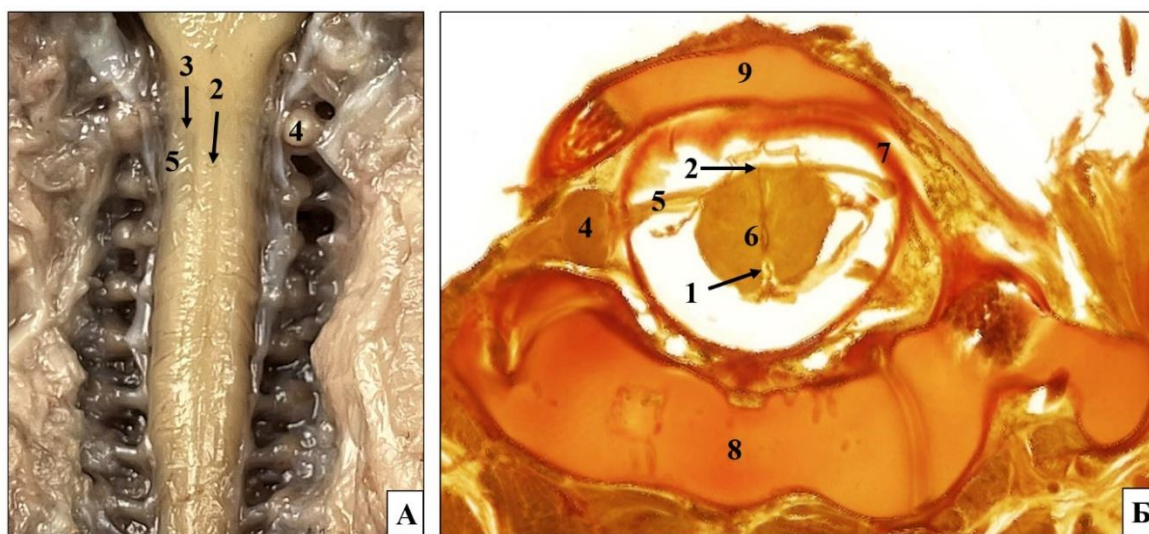


Рис.5 Борозды и щели спинного мозга плода.

А - Фото макропрепарата, вид сзади, протокол №18, 17 недель, мужской пол. Б - Скан гистотопограммы –срез в горизонтальной плоскости на уровне C_1 , окрашенный по Ван Гизону, протокол № 88, 18 недель, женский пол, увеличение в 9 раз.

1 – передняя срединная щель, 2 – задняя срединная борозда,
3 – задняя латеральная борозда, 4 – спинномозговой ганглий,
5 – корешок спинномозгового нерва, 6 – центральный канал,
7 – твердая мозговая оболочка, 8 – передняя дуга позвонка C_1 ,
9 - задняя дуга позвонка C_1 .

Следует отметить, что от задней продольной борозды к центральному каналу проходит задняя срединная перегородка, которая вместе с передней срединной щелью делит поперечный срез спинного мозга на две равные половины (Рис. 5Б). Относительно латеральных борозд можно отметить, что степень их выраженности увеличивается от 16 к 22 неделе развития. На всем протяжении спинного мозга в них визуализируются зоны входа и выхода корешковых нитей, формирующих передние и задние корешки спинномозговых нервов. Кроме того, в шейной части спинного мозга между передними и задними корешками визуализируется спинномозговой корешок XI пары черепных нервов (добавочного нерва) (Рис. 6).

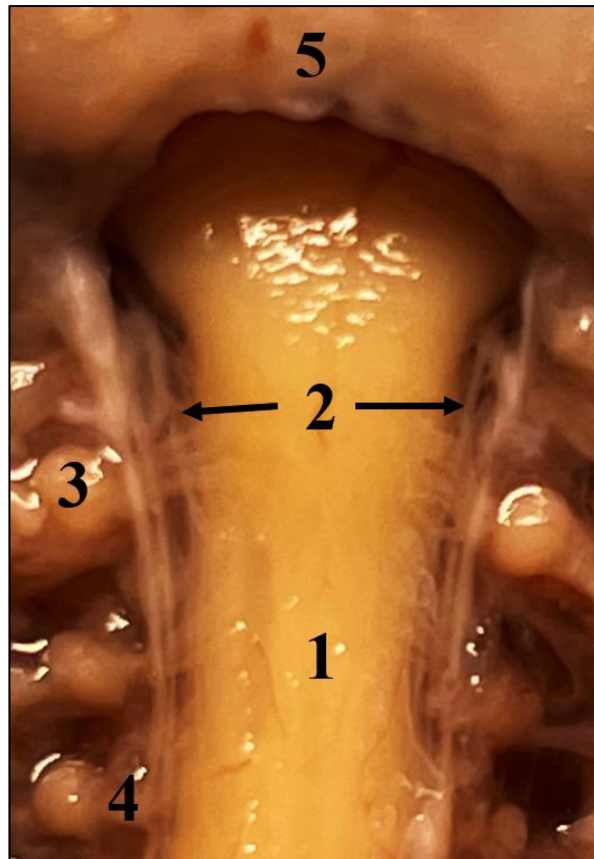


Рис.6 Спинномозговой корешок XI пары черепных нервов.

Фото макропрепарата, протокол №18, 17 недель, мужской пол.

1 – спинной мозг, 2 – спинномозговой корешок XI пары черепных нервов,
3 – спинномозговой ганглий, 4 – корешок спинномозгового нерва,
5 – затылочная кость.

Несмотря на то, что спинной мозг имеет форму трубки (тяжа), его ширина неодинакова на всем его протяжении, при этом без оптического увеличения определяются шейное и пояснично-крестцовое утолщения.

Шейное утолщение формируется за счет сегментов C₃-Th₁, которые участвуют в иннервации верхних конечностей. Было выявлено, что в 16-21 недели внутриутробного развития шейное утолщение начинается на уровне С_{II} позвонка, заканчивается на уровне Th_I позвонка. В 22 недели развития верхней границей шейного утолщения является позвонок С_{II}, а нижней границей – позвонок С_{VII}. В отношении протяженности утолщения было отмечено, что его длина равномерно увеличивается от 16 к 22 неделе развития. Так, в 16-17 недель она составляет в среднем 16,39±0,50 мм (при минимальном значении 13,21мм и максимальном – 18,08мм), в 18-19 недель развития – 17,79±0,51мм (минимально – 14,98 мм, максимально – 20,43 мм), в 20-21 недели гестации – 19,08±0,51мм (при диапазоне значений от 16,28 мм до 21,65 мм), к 22 неделям внутриутробного развития его длина достигает 20,23±0,52 мм (минимально – 17,34 мм, максимально – 22,74 мм). Темп прироста протяженности (длины) шейного утолщения от 16 к 22 неделе составил 23%. Данные по ширине утолщения спинного мозга на каждом скелетопическом уровне относительно тел позвонков представлены в таблице 2.

Таблица 2

Ширина сегментов спинного мозга, составляющих шейное утолщение, на уровне тел позвонков (X±Sx, мм)

Тело позвонка	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста, %
С _{II}	3,27±0,14	3,74±0,08	3,88±0,09	3,91±0,13	20
С _{III}	3,27±0,15	3,72±0,09	3,86±0,10	3,95±0,14	21
С _{IV}	3,27±0,15	3,67±0,06	3,89±0,12	3,95±0,14	21
С _V	3,21±0,15	3,78±0,09	3,83±0,12	3,96±0,14	23
С _{VI}	3,22±0,14	3,57±0,09	3,87±0,13	3,95±0,14	23
С _{VII}	3,22±0,13	3,42±0,09	3,76±0,11	3,96±1,14	23
Th _I	2,70±0,13	2,53±0,06	3,59±0,10	-	33

Примечание: *сравнимые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Анализ приведенных в таблице данных показал, что ширина шейного утолщения равномерно увеличивается на всем протяжении от 16 к 22 неделе развития. Наименьший темп прироста данного показателя наблюдался на уровне позвонка C_{II} (20%), наибольший – на уровне позвонка Th_I (33%). В 16-17 недель внутриутробного развития шейное утолщение имеет наибольшие показатели ширины на уровне позвонков $C_{II} - C_{IV}$ ($3,27 \pm 0,14$ мм) с постепенным уменьшением к Th_I ($2,70 \pm 0,13$ мм). В 18-19 недель развития наибольшая ширина шейного утолщения приходится на уровень тела позвонка C_V ($3,78 \pm 0,09$ мм), наименьшая – на уровень тела позвонка Th_I ($2,53 \pm 0,06$ мм). В следующей возрастной группе (20-21 недели гестации) наибольшая ширина шейного утолщения наблюдалась на уровне позвонка C_{IV} ($3,89 \pm 0,12$ мм), а наименьшее значение снова пришлось на уровень тела позвонка Th_I ($3,59 \pm 0,10$ мм). К концу изученного периода шейное утолщение имеет схожие значения на всем протяжении в пределах $3,95-3,96 \pm 0,14$ мм.

Пояснично-крестцовое утолщение спинного мозга у плода образовано сегментами $Th_{12} - Sc_3$, которые участвуют в иннервации нижних конечностей. Расположение утолщения в каудальной части спинного мозга определяет наибольшую изменчивость и вариабельность его топографии во всех возрастных группах плодов, что является одной из выявленных фетальных особенностей. Так, в начале изучаемого периода (16-17 недели внутриутробного развития) оно расположено на уровне позвонков $Th_{XI} - L_{IV}$, в 18 – 21 недели развития – на уровне $Th_{XI} - L_{III}$, в 22 недели – $Th_X - L_{III}$. Длина пояснично-крестцового утолщения, как и шейного, увеличивается от 16 к 22 неделе: в первой группе его длина составила $14,92 \pm 0,53$ мм, в 18-19 недель развития – $15,64 \pm 0,41$ мм, в 20-21 недели гестации – $16,92 \pm 0,48$ мм, в конце изученного периода – $18,20 \pm 0,50$ мм. Темп прироста протяженности пояснично-крестцового утолщения спинного мозга человека от 16 к 22 неделе составил 22%. Морфометрические данные ширины пояснично-крестцового утолщения на различных уровнях позвоночного столба представлены в таблице 3.

**Ширина сегментов спинного мозга, составляющих
пояснично-крестцовое утолщение на уровне тел позвонков ($X \pm S_x$, мм)**

Тело позвонка	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*
Thx	-	-	-	2,80±0,13
Thxi	2,36±0,10	2,7±0,07	2,80±0,12	2,87±0,13
Thxii	2,79±0,12	2,81±0,03	3,34±0,11	3,66±0,16
Li	3,38±0,10	3,45±0,11	3,60±0,12	3,95±0,21
Lii	3,37±0,11	3,50±0,16	3,64±0,16	3,56±0,16
Liii	3,33±0,10	2,81±0,16	3,31±0,15	2,43±0,15
Liv	2,73±0,12	-	-	-

Примечание: *сравнимые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

В начале изученного периода (16-17 недель развития) наибольшая ширина пояснично-крестцового утолщения приходится на уровень тела позвонка L_I и составляет $3,38 \pm 0,10$ мм; в группах 18-19 и 20-21 недели развития наибольшую ширину имеют сегменты, находящиеся на уровне тела позвонка L_{II} ($3,50 \pm 0,16$ мм и $3,64 \pm 0,16$ мм соответственно); в конце изученного периода (22 недели гестации) самая широкая часть пояснично-крестцового утолщения снова приходится на тело позвонка L_I и составляет $3,95 \pm 0,21$ мм. Расчет темпа прироста ширины сегментов спинного мозга, составляющих пояснично-крестцовое утолщение, посчитали некорректным в связи с наибольшей изменчивостью топографии и различным расположением во всех возрастных группах этой структурной части спинного мозга плода.

Следует отметить, что в 16-22 недели внутриутробного развития морфометрические параметры шейного утолщения спинного мозга человека превалируют над размерами пояснично-крестцового утолщения, что в целом подтверждает наличие краниокаудального градиента развития в пренатальном периоде.

Ниже пояснично-крестцового утолщения спинной мозг плода уменьшается в диаметре и образует *мозговой конус* (Рис. 7). В его формировании участвуют сегменты $S_{3-}C_{01}$.

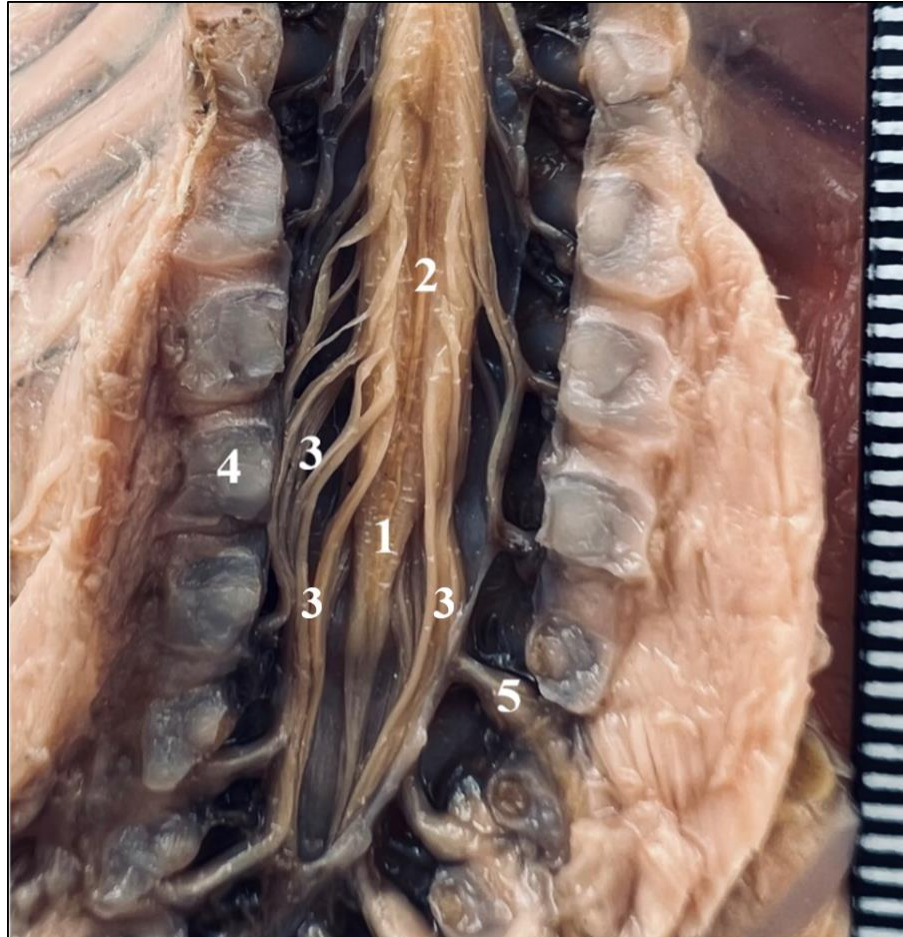


Рис. 7 Мозговой конус спинного мозга плода человека.
 Фото макропрепарата, протокол № 90, 19 недель, женский пол,
 увеличение в 4 раза.

*1 – мозговой конус спинного мозга, 2 – пояснично-крестцовое утолщение,
 3 – спинномозговые корешки, формирующие конский хвост,
 4 – дуга поясничного позвонка, 5 – спинномозговой ганглий.*

В связи с тем, что мозговой конус является самой каудальной частью спинного мозга, его скелетотопия на сроке 16-22 недель внутриутробного развития представляет особый интерес. Изучение препаратов позволило установить, что в 16-17 недель развития мозговой конус спинного мозга человека начинается на уровне середины позвонка L_{IV} , заканчивается на уровне тела позвонка L_V ; в группах 18-19 недель и 20-21 недели развития

мозговой конус располагается на уровне всего тела позвонка L_{IV}, к концу изученного периода (22 недели развития) конус определяется от межпозвоночного диска L_{II-III} до нижнего края тела позвонка L_{III}. Таким образом, в рассматриваемом периоде онтогенеза мозговой конус скелетотопически смещается вверх от 16 к 22 неделе развития. Относительно протяженности мозгового конуса было выявлено, что его длина увеличивается от 16 к 22 неделе развития: в начале изученного периода его средняя длина составила $2,92 \pm 0,08$ мм (с минимальным значением 2,64мм, максимальным – 3,48мм), в 18-19 недель развития - $3,94 \pm 0,14$ мм (минимально – 3,37, максимально – 4,71мм), в 20-21 недели развития – $4,84 \pm 0,11$ мм (при диапазоне значений от 4,37 мм до 5,34 мм), к 22 неделе средняя длина мозгового конуса достигает $6,16 \pm 0,13$ мм (от 5,45мм до 6,85 мм).

Мозговой конус спинного мозга плода, как и взрослого человека, заканчивается *терминальной нитью*, которая крепится к копчиковым позвонкам. Длина терминальной нити у плода увеличивается закономерно с изменением уровня окончания мозгового конуса. В 16-17 недель внутриутробного развития ее средняя длина составила $14,47 \pm 0,17$ мм (от 13,87 мм до 15,34 мм), в 18-19 недель - $16,20 \pm 0,17$ мм (от 15,38 мм до 17,41 мм), в 20-21 недели - $18,50 \pm 0,17$ мм (17,85 мм минимально и 19,34 мм максимально), к 22 неделе развития средняя длина была равна $21,82 \pm 0,16$ мм (при диапазоне значений от 20,94 мм до 22,47 мм). Терминальная нить продолжается ниже спинного мозга в составе «конского хвоста» (подробнее описан в главе V).

3.2. Морфометрическая характеристика спинного мозга плода человека в 16-22 недели

В связи с анатомической близостью и клинической значимостью морфометрические параметры спинного мозга были изучены и описаны совместно с показателями твердой оболочкой спинного мозга плода.

Для анализа особенностей роста спинного мозга человека в рассматриваемом периоде онтогенеза в первую очередь была измерена его длина во всех возрастных группах. Было выявлено, что в 16-17 недель внутриутробного развития длина спинного мозга составила $65,30 \pm 0,96$ мм (при диапазоне значений от 60,83 мм до 69,94 мм), в 18-19 недель развития – $74,72 \pm 1,49$ мм (с минимальным значением 66,54 мм, максимальным – 80,97 мм), в 20-21 недели гестации – $81,44 \pm 1,12$ мм (от 73,60 мм до 86,36 мм), к концу изученного периода значения данного параметра достигли $88,28 \pm 1,42$ мм (при диапазоне значений от 81,90 мм до 93,94 мм).

В свою очередь твердая оболочка спинного мозга имела большую длину по сравнению с самим спинным мозгом. Так, в 16-17 недель внутриутробного развития средняя длина твердой оболочки была равна $73,43 \pm 2,10$ мм (при диапазоне значений от 64,72 мм до 82,40 мм), в 18-19 недель развития – $82,28 \pm 1,42$ мм (минимально – 76,93 мм, максимально – 90,47 мм), в 20-21 недели гестации средняя длина твердой оболочки составила $89,18 \pm 1,73$ мм (от 81,41 мм до 96,92 мм), а к 22 неделе достигла $97,29 \pm 2,05$ мм (при минимальном значении 88,83 мм, максимальном – 110,59 мм). Таким образом, длина спинного мозга плода человека от длины твердой оболочки спинного мозга составляет в 16-17 недель 88,93%, в 18-19 недель 90,81%, в 20-21 недели 91,32%, в 22 недели – 90,74%. Наиболее наглядная разница между протяженностью спинного мозга и его твердой оболочки в 16-22 недели развития представлена в диаграмме 1.

Особый интерес представляют показатели интенсивности роста спинного мозга, которые представлены в диаграмме 2. За весь рассматриваемый период (с 16 по 22 неделю развития) длина спинного мозга увеличилась на 35,19%. Однако, как видно из диаграммы, наибольший темп прироста длины спинного мозга наблюдался между группами 16-17 недель и 18-19 недель развития и составил 14,43%. Между тем, темп прироста длины спинного мозга от 18 к 21 неделе и от 21 к 22 неделе имел сопоставимые значения и составил 8,99% и 8,40% соответственно.

Диаграмма 1

**Средняя длина спинного мозга и твердой оболочки
в 16-22 недели внутриутробного развития**

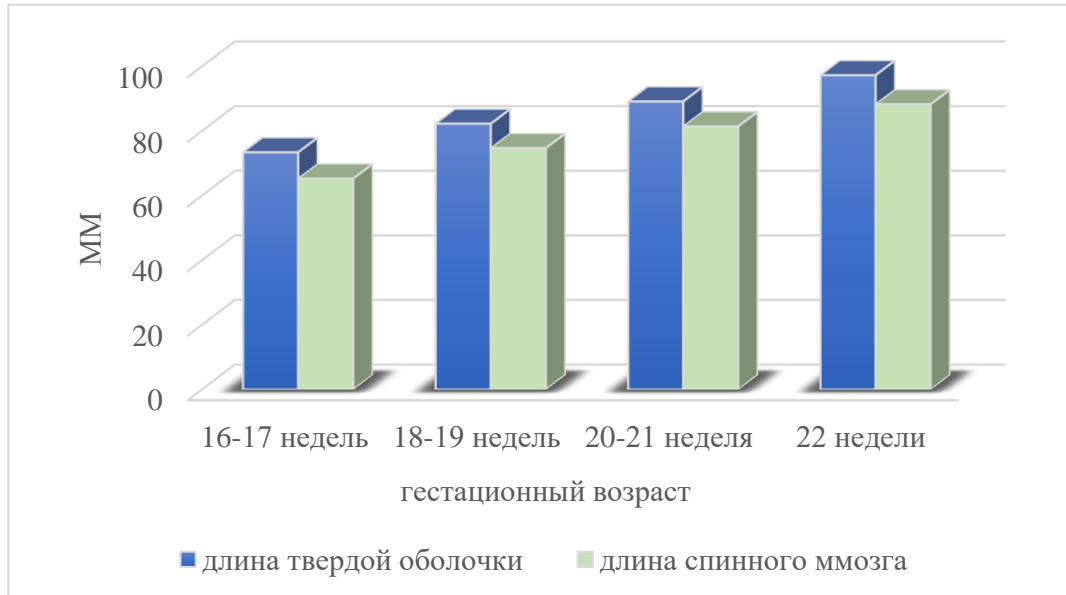
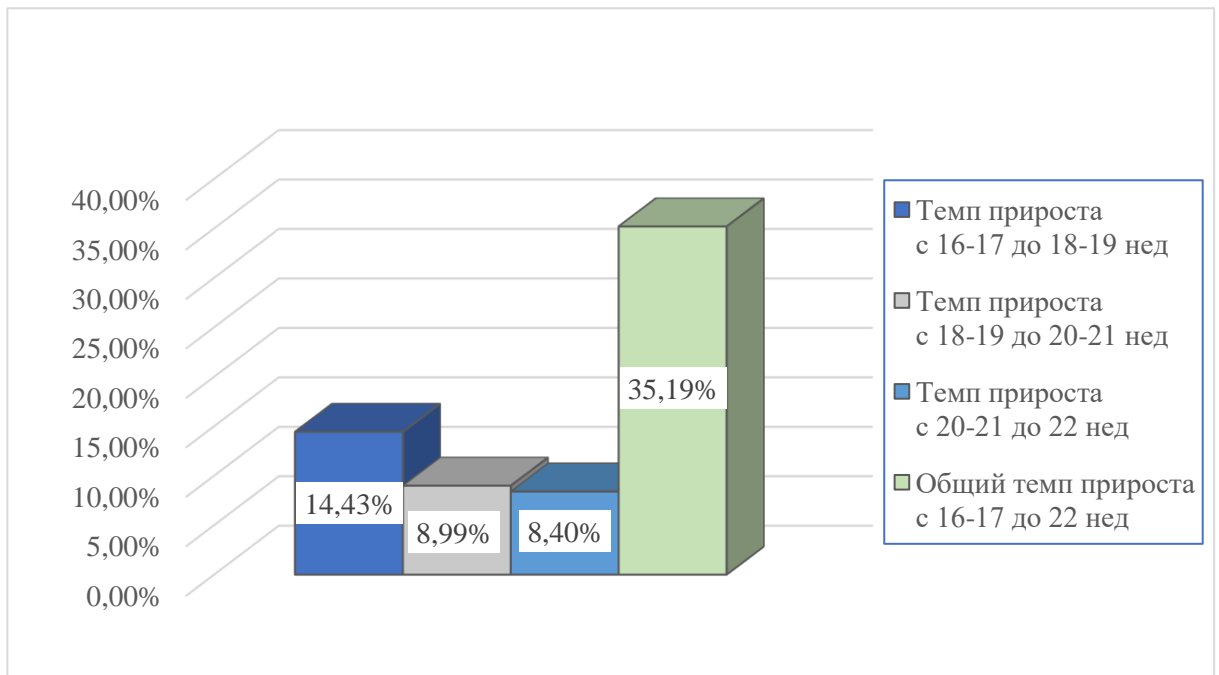
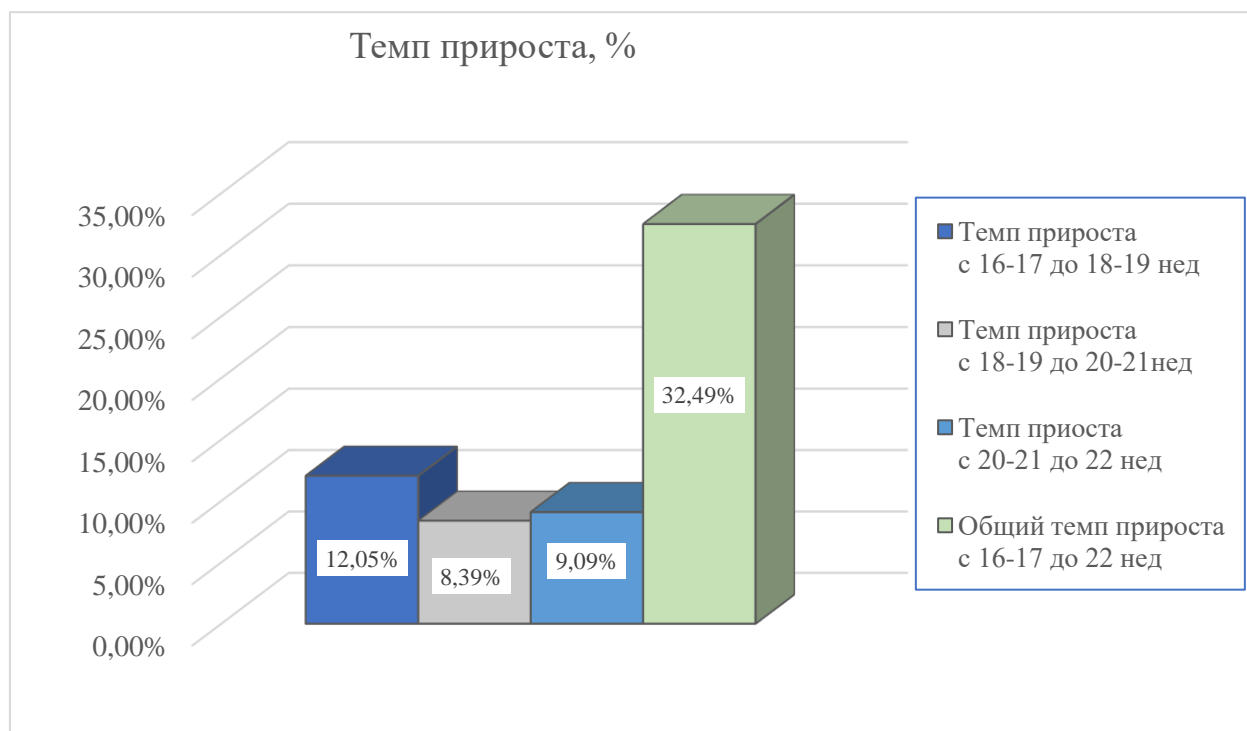


Диаграмма 2

**Интенсивность роста длины спинного мозга человека
в 16-22 недели внутриутробного развития**



Интенсивность роста длины твердой оболочки спинного мозга человека в 16-22 недели внутриутробного развития



При анализе интенсивности роста твердой оболочки спинного мозга (диаграмма 3) было выявлено, что он сохраняет ту же тенденцию: наибольший темп прироста данного показателя (12,05%) был выявлен в первой половине изученного периода (между группами 16-17 и 18-19 недель развития). За весь исследуемый период длина оболочки спинного мозга увеличилась на 32,49%. Следует отметить, что интенсивность роста спинного мозга более выражена, чем интенсивность роста его твердой оболочки.

Спинальный мозг плода, как и у взрослого человека, состоит из пяти частей. Шейная часть включает в себя 8 сегментов, грудная часть – 12 сегментов, поясничная и крестцовая – по 5 сегментов, копчиковая – 1 сегмент. Дальнейшим этапом исследования стало измерение длины каждой части спинного мозга, при этом крестцовая и копчиковая части были объединены в одну группу. Под сегментом спинного мозга общепринято называть участок, которому соответствуют передние и задние корешки и половина зоны вышележащих межкорешковых промежутков [Бурдей Г.Д., 1971,1975,1984].

Поэтому измерение границ частей спинного мозга производили с учетом этих понятий. Результаты измерений представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина частей спинного мозга
в 16-22 недели внутриутробного развития**

Возраст плода	Показа - тель	Части спинного мозга			
		шейная	грудная	поясничная	крестцово- копчиковая
16-17 недели*	X±Sx	17,85±0,51	29,85±0,52	11,42±0,31	6,17±0,11
	Min	14,57	27,15	9,67	4,32
	Max	19,53	31,85	12,76	10,12
18-19 недели	X±Sx	19,19±0,52	34,68±1,01	14,07±0,39	6,77±0,62
	Min	16,3	30,2	12,43	4,3
	Max	21,7	40,5	16,4	9,4
20-21 недели	X±Sx	20,57±0,25	37,65±0,60	14,76±0,73	8,45±0,42
	Min	19,55	35,41	10,25	6,21
	Max	22,1	40,24	17,3	10,43
22 неделя*	X±Sx	21,43±0,47	42,33±0,44	15,64±0,63	8,88±0,42
	Min	18,87	40,16	12,73	7,10
	Max	23,85	44,11	18,15	11,21

Примечание: *сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

В рассматриваемом периоде онтогенеза человека все части спинного мозга увеличиваются от 16 к 22 неделе развития, при этом наибольшую протяженность имеет грудная часть. Ее длина в 16-17 недель составляет $29,85 \pm 0,52$ мм (при диапазоне значений от 27,15 мм до 31,85 мм), к 22 неделе длина грудной части спинного мозга увеличивается до $42,33 \pm 0,44$ мм (минимально – 40,16 мм, максимально – 44,11 мм). Наименьшую протяженность имеет крестцово-копчиковая часть спинного мозга, длина которой в 16-17 недель составила $6,17 \pm 0,11$ мм (при минимальном значении 4,32 мм, максимальном - 10,12 мм). Более наглядно степень выраженности частей спинного мозга ко всей его длине представлена в диаграмме 4.

Диаграмма 4

**Отношение каждой части спинного мозга человека к его длине
в 16-22 недели внутриутробного развития**

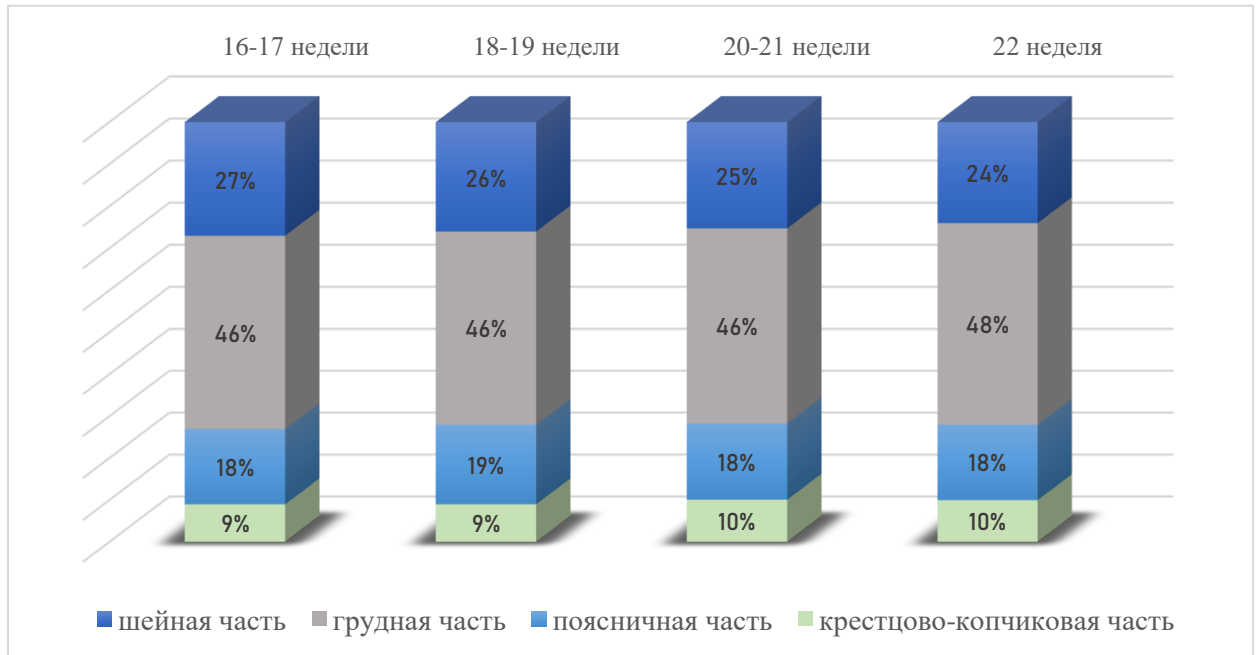
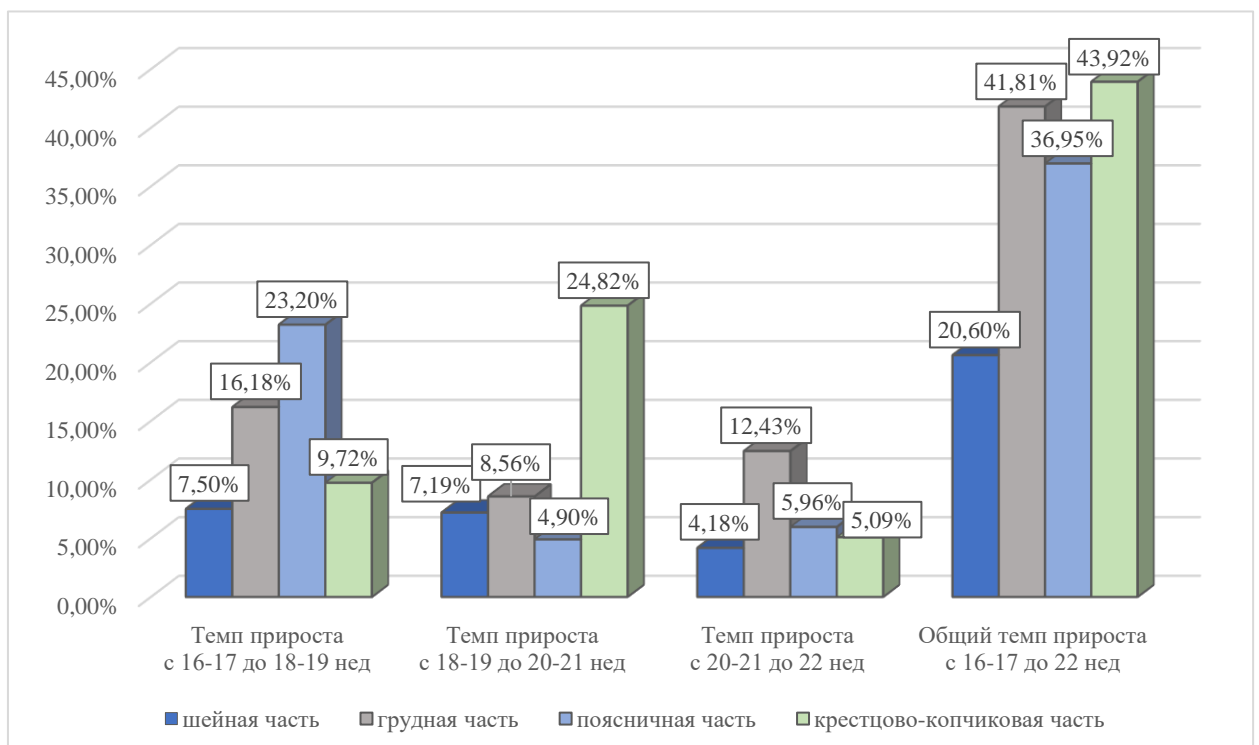


Диаграмма 5

**Интенсивность роста частей спинного мозга человека
в рассмотренном периоде развития**



Таким образом, в 16-22 недели внутриутробного развития шейная часть спинного мозга составляет 24-27%, грудная – 46-48%, поясничная – 18-19%, крестцово-копчиковая – 9-10% от всей длины спинного мозга. Следует отметить, что каждая часть спинного мозга имеет различную интенсивность роста (диаграмма 5).

Рассматривая весь изученный отрезок пренатального периода, можно отметить, что рост спинного мозга в большей степени происходит за счет крестцово-копчиковой (темп прироста 43,92%) и грудной (темп прироста 41,81%) частей спинного мозга. Однако, при более детальном изучении всех периодов видно, что в разных возрастных группах превалирует та или иная часть спинного мозга. Так, в период с 16 по 19 недели развития рост спинного мозга происходит за счет поясничной части, темп прироста которой составляет 23,20%, и в меньшей степени за счет грудной части (темп прироста – 16,18%). С 19 по 21 недели развития наибольший темп прироста имеет крестцово-копчиковая часть спинного мозга (24,82%). К концу изученного периода (с 21 по 22 недели развития) длина спинного мозга увеличивается в большей степени за счет грудной части спинного мозга (темп прироста – 12,43%). Следует отметить, что шейная часть спинного мозга у плода на протяжении всего рассматриваемого периода растет наименее активно по сравнению с остальными частями.

В международной анатомической классификации [Колесников Л.Л., 2003] нет понятия «части» твердой мозговой оболочки спинного мозга. С учетом того, что оболочка образует так называемые футляры, окружающие корешки спинномозговых нервов, идентификация и морфометрия частей оболочки проводились в соответствии с шейными, грудными, поясничными, крестцовыми и копчиковыми парами спинномозговых нервов (Рис. 8). Результаты морфометрии представлены в таблице 5.

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина частей твердой оболочки
спинного мозга в 16-22 недели внутриутробного развития**

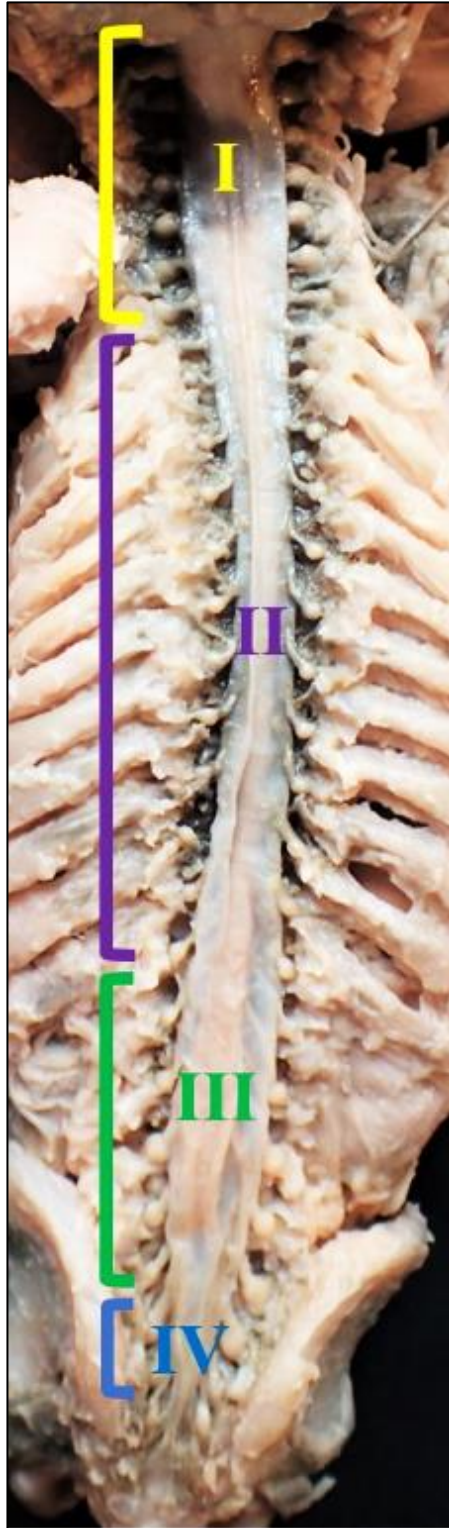
Возраст плода	Пока- затель	Части твердой оболочки спинного мозга			
		шейная	грудная	поясничная	крестцово- копчиковая
16-17 недели*	$X \pm Sx$	18,03±0,59	33,97±1,33	14,77±0,77	6,67±0,29
	Min	15,37	28,54	11,47	5,21
	Max	20,51	41,25	20,28	7,58
18-19 недели	$X \pm Sx$	19,97±0,56	35,56±1,00	16,64±0,71	7,11±0,54
	Min	17,7	34,28	13,00	4,32
	Max	22,31	43,74	21,46	10,28
20-21 недели	$X \pm Sx$	21,10±0,60	41,26±1,34	17,43±0,66	9,39±0,65
	Min	18,43	34,5	15,32	5,59
	Max	24,48	47,85	21,34	12,81
22 неделя*	$X \pm Sx$	21,98±0,63	44,21±1,20	20,60±0,74	10,49±0,55
	Min	19,23	38,51	17,44	7,34
	Max	25,14	51,38	25,17	13,15

Примечание: *- сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Анализируя показатель длины каждой части твердой оболочки спинного мозга, можно отметить, что она повторяет закономерности самого спинного мозга, несмотря на то, что из-за особенностей фетальной скелетотопии спинного мозга его сегменты находятся выше, чем корешки. Взаимоотношения частей мешка твердой оболочки спинного мозга плода и длины всей оболочки близки к таковым у спинного мозга и наглядно представлены в диаграмме 6.

Шейная часть мешка твердой мозговой оболочки в 16-22 недели внутриутробного развития составляет 23-25%, грудная – 45-47%, поясничная – 20-21%, крестцово-копчиковая – 9-11% от всей длины мешка твердой мозговой оболочки.

Следует отметить, что в отношении интенсивности роста каждой части твердой оболочки спинного мозга наблюдалась картина, отличная от таковой у самого спинного мозга. Это наглядно отображено в диаграмме 7.



**Рис. 8 Условно выделяемые части твердой оболочки
спинного мозга плода.**

Фото макропрепарата, протокол №130, 20 недель, женский пол,
увеличение в 2,5 раза.

*I – шейная часть, II – грудная часть, III – поясничная часть,
IV – крестцово-копчиковая часть.*

Диаграмма 6

Отношение каждой части твердой оболочки спинного мозга человека к ее длине в 16-22 недели внутриутробного развития

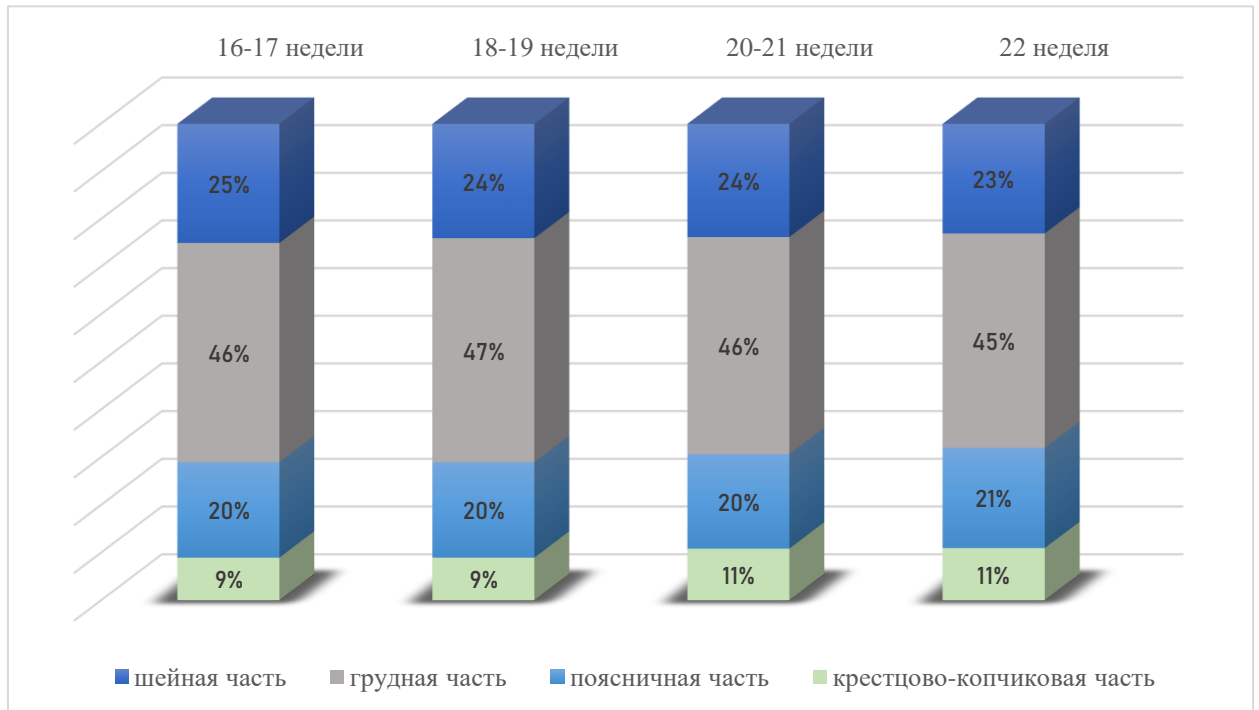
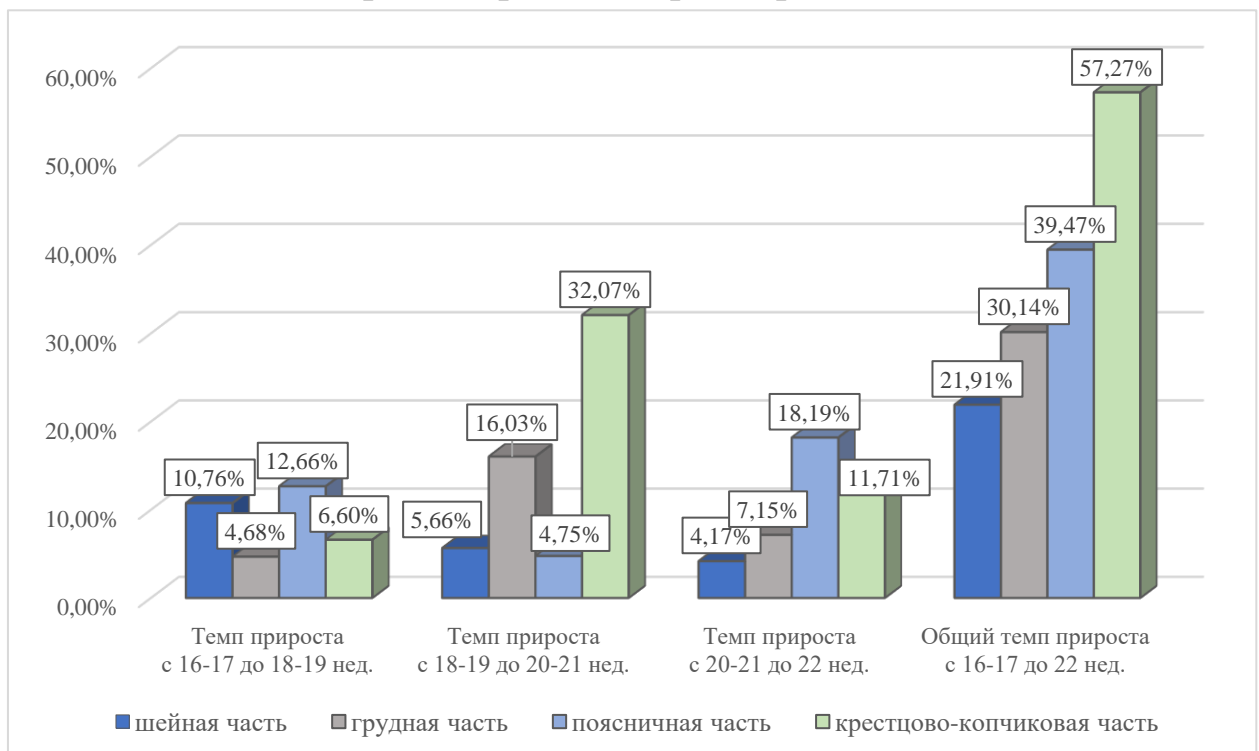


Диаграмма 7

Интенсивность роста частей твердой оболочки спинного мозга человека в рассмотренном периоде развития



Увеличение темпов прироста частей твердой оболочки спинного мозга от 16 к 22 неделе внутриутробного развития происходит в кранио-каудальном направлении. Шейная часть увеличивается на 21,91%, грудная часть на 30,14%, поясничная на 39,47%, крестцово-копчиковая – на 57,27%. Таким образом, рост твердой оболочки спинного мозга в 16-22 недели развития происходит за счет крестцово-копчиковой части. Однако, в разных возрастных группах плодов превалирует рост различных частей твердой мозговой оболочки. В начале периода (с 16 по 19 недели) интенсивнее растут шейная (10,76%) и поясничная части (12,66%). С 19 по 21 недели гестации интенсивнее возрастает длина грудной (16,03%) и крестцово-копчиковой частей (32,07%) твердой оболочки спинного мозга. В конце изученного периода (21-22 недели) рост оболочки происходит за счет поясничной части (18,19%).

Корешковые нити, формирующие спинномозговые корешки, выходят из спинного мозга не на всем его протяжении, поэтому на поверхности спинного мозга имеются бескорешковые пространства, протяженность которых различна во всех частях спинного мозга. В связи с этим, следующим этапом изучения линейных параметров спинного мозга стало измерение межкорешкового промежутка, который является косвенным показателем протяженности спинного мозга плода и, в частности, сегментов спинного мозга. Под этим параметром было принято расстояние между соседними (вышележащим и нижележащим) корешками слева и справа. Данные измерений представлены в таблицах 6-7.

**Размер межкорешковых промежутков спинного мозга человека
в 16-19 недель внутриутробного развития ($X \pm Sx$, мм)**

Корешки	16-17 недели*		18-19 недели*	
	слева	справа	слева	справа
C ₁ -C ₂	0,85±0,10	0,70±0,07	1,0±0,03	0,98±0,04
C ₂ -C ₃	0,83±0,08	0,68±0,07	1,04±0,02	0,93±0,04
C ₃ -C ₄	0,93±0,07	1,19±0,07	1,13±0,02	1,25±0,04
C ₄ -C ₅	0,85±0,08	1,09±0,05	1,07±0,02	1,20±0,04
C ₅ -C ₆	0,84±0,07	0,96±0,08	1,04±0,04	1,17±0,03
C ₆ -C ₇	1,02±0,05	1,07±0,05	1,15±0,04	1,20±0,05
C ₇ -C ₈	1,17±0,07	1,25±0,05	1,31±0,05	1,42±0,04
C ₈ -Th ₁	1,14±0,06	1,09±0,06	1,35±0,05	1,26±0,06
Th ₁ -Th ₂	1,15±0,05	1,28±0,05	1,28±0,03	1,44±0,03
Th ₂ -Th ₃	1,30±0,06	1,33±0,07	1,76±0,07	1,41±0,12
Th ₃ -Th ₄	1,60±0,12	1,75±0,10	1,70±0,12	2,03±0,04
Th ₄ -Th ₅	2,05±0,13	1,86±0,09	2,28±0,09	1,99±0,09
Th ₅ -Th ₆	1,87±0,09	1,60±0,12	2,13±0,16	1,75±0,03
Th ₆ -Th ₇	1,89±0,08	2,14±0,11	2,17±0,03	2,66±0,15
Th ₇ -Th ₈	2,08±0,12	2,44±0,09	2,20±0,02	2,73±0,05
Th ₈ -Th ₉	2,01±0,12	2,00±0,07	2,18±0,12	2,11±0,15
Th ₉ -Th ₁₀	2,42±0,07	2,64±0,09	2,55±0,14	2,89±0,12
Th ₁₀ -Th ₁₁	2,05±0,13	2,14±0,11	2,16±0,04	2,22±0,07
Th ₁₁ -Th ₁₂	2,14±0,11	1,95±0,14	2,47±0,07	2,20±0,12
Th ₁₂ -L ₁	1,83±0,09	1,91±0,06	1,93±0,04	2,23±0,15
L ₁ -L ₂	1,89±0,08	1,60±0,12	2,02±0,04	1,74±0,08
L ₂ -L ₃	1,13±0,10	0,93±0,10	1,38±0,04	1,17±0,03
L ₃ -L ₄	1,21±0,07	0,95±0,11	1,38±0,13	1,09±0,06
L ₄ -L ₅	0,83±0,07	0,80±0,07	1,01±0,03	1,01±0,06
L ₅ -Sc ₁	0,69±0,06	0,68±0,06	0,91±0,04	0,8±0,03
Sc ₁ -Sc ₂	0,37±0,05	0,34±0,05	0,48±0,03	0,41±0,02
Sc ₂ -Sc ₃	0,37±0,05	0,37±0,05	0,41±0,03	0,49±0,03
Sc ₃ -Sc ₄	0,34±0,05	0,37±0,05	0,39±0,01	0,47±0,03
Sc ₄ -Sc ₅	0,32±0,04	0,31±0,04	0,33±0,02	0,31±0,02

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Размер межкорешковых промежутков спинного мозга человека
в 20-22 недели внутриутробного развития ($X \pm Sx$, мм)**

Корешки	20-21 недели*		22 неделя*	
	слева	справа	слева	справа
C ₁ -C ₂	1,62±0,06	1,55±0,19	1,89±0,16	1,71±0,13
C ₂ -C ₃	1,62±0,10	1,56±0,09	1,86±0,11	1,74±0,11
C ₃ -C ₄	1,58±0,09	1,68±0,10	1,81±0,10	1,77±0,11
C ₄ -C ₅	1,49±0,09	1,61±0,11	1,77±0,10	1,83±0,11
C ₅ -C ₆	1,47±0,16	1,58±0,14	1,77±0,13	1,90±0,13
C ₆ -C ₇	1,75±0,13	1,71±0,12	1,92±0,15	1,92±0,11
C ₇ -C ₈	1,72±0,12	1,76±0,16	1,94±0,14	2,01±0,09
C ₈ -Th ₁	1,65±0,10	1,86±0,13	1,86±0,08	2,06±0,10
Th ₁ -Th ₂	1,82±0,10	1,83±0,10	1,98±0,12	2,07±0,10
Th ₂ -Th ₃	2,03±0,18	2,03±0,13	2,14±0,11	2,18±0,12
Th ₃ -Th ₄	2,05±0,15	2,19±0,09	2,45±0,13	2,55±0,09
Th ₄ -Th ₅	2,43±0,10	2,20±0,15	2,53±0,12	2,37±0,10
Th ₅ -Th ₆	2,47±0,15	2,58±0,20	2,65±0,09	2,86±0,10
Th ₆ -Th ₇	2,72±0,19	2,76±0,16	2,83±0,11	2,88±0,09
Th ₇ -Th ₈	2,63±0,10	2,86±0,07	2,91±0,10	3,10±0,09
Th ₈ -Th ₉	2,68±0,15	2,45±0,10	2,99±0,11	3,13±0,08
Th ₉ -Th ₁₀	2,70±0,13	2,96±0,13	3,02±0,11	3,15±0,10
Th ₁₀ -Th ₁₁	2,64±0,16	2,70±0,13	3,07±0,12	2,98±0,14
Th ₁₁ -Th ₁₂	2,46±0,10	2,66±0,16	3,13±0,09	3,14±0,16
Th ₁₂ -L ₁	2,47±0,19	2,81±0,23	3,13±0,12	3,25±0,16
L ₁ -L ₂	2,24±0,14	2,13±0,19	2,98±0,15	2,40±0,21
L ₂ -L ₃	1,87±0,13	1,69±0,20	2,15±0,11	2,23±0,11
L ₃ -L ₄	1,75±0,09	1,62±0,16	2,37±0,17	2,27±0,20
L ₄ -L ₅	1,39±0,10	1,54±0,23	1,91±0,11	1,94±0,09
L ₅ -Sc ₁	1,14±0,11	1,03±0,08	1,45±0,12	1,24±0,08
Sc ₁ -Sc ₂	0,63±0,10	0,64±0,11	0,87±0,08	0,82±0,08
Sc ₂ -Sc ₃	0,58±0,09	0,61±0,09	0,80±0,08	0,83±0,06
Sc ₃ -Sc ₄	0,62±0,09	0,59±0,09	0,82±0,09	0,71±0,09
Sc ₄ -Sc ₅	0,58±0,07	0,55±0,07	0,72±0,07	0,70±0,07

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

В изученном периоде онтогенеза расстояние между корешками в шейном отделе увеличивается от C_1 к C_3 , после чего снова уменьшается. Начиная с корешков C_6 - C_7 , наблюдается тенденция к увеличению межкорешковых промежутков, которая сохраняется вплоть до поясничной части спинного мозга плода, где расстояние между корешками снова уменьшается в краниокаудальном направлении. Таким образом, на протяжении всего спинного мозга плода наибольшее расстояние выявлено между грудными корешками, наименьшее – между крестцовыми. Вышеописанная закономерность сохраняется на протяжении всего изученного периода (16-22 недели внутриутробного развития). Следует отметить, что во всех случаях в отношении этого параметра была выражена билатеральная асимметрия абсолютных значений справа и слева при отсутствии статистически достоверной разницы между ними.

В твердой оболочке спинного мозга также можно выделить межкорешковые промежутки, морфометрию которых выполнили аналогичным образом справа и слева. Результаты измерений представлены в таблицах 8-9. При сравнительном анализе было выявлено, что межкорешковые промежутки твердой оболочки имеют схожие закономерности, что и у спинного мозга, но с большим размахом полученных количественных данных.

**Размер межкорешковых промежутков твердой оболочки
спинного мозга человека
в 16-19 недель внутриутробного развития ($X \pm S_x$, мм)**

Корешки	16-17 недели*		18-19 недели*	
	слева	справа	слева	справа
C ₁ -C ₂	0,90±0,09	0,81±0,06	1,35±0,11	1,23±0,04
C ₂ -C ₃	0,95±0,07	0,80±0,06	1,53±0,09	1,57±0,14
C ₃ -C ₄	1,03±0,06	1,29±0,07	1,69±0,10	1,67±0,08
C ₄ -C ₅	0,99±0,08	1,21±0,06	1,80±0,19	1,71±0,17
C ₅ -C ₆	1,00±0,06	1,15±0,07	1,66±0,06	1,75±0,16
C ₆ -C ₇	1,19±0,06	1,21±0,05	1,77±0,10	1,58±0,12
C ₇ -C ₈	1,27±0,08	1,34±0,06	1,62±0,06	1,57±0,11
C ₈ -Th ₁	1,21±0,06	1,18±0,06	1,75±0,08	1,87±0,08
Th ₁ -Th ₂	1,24±0,06	1,36±0,05	1,81±0,09	2,10±0,06
Th ₂ -Th ₃	1,68±0,07	1,70±0,08	2,11±0,08	2,24±0,14
Th ₃ -Th ₄	1,90±0,10	2,07±0,10	2,43±0,15	2,42±0,19
Th ₄ -Th ₅	2,29±0,12	2,06±0,09	2,36±0,17	2,63±0,14
Th ₅ -Th ₆	1,99±0,09	1,82±0,14	2,17±0,14	2,42±0,18
Th ₆ -Th ₇	2,08±0,07	2,22±0,10	2,34±0,17	2,39±0,18
Th ₇ -Th ₈	2,14±0,12	2,49±0,09	2,23±0,17	2,80±0,25
Th ₈ -Th ₉	2,06±0,12	2,10±0,07	2,10±0,17	2,82±0,18
Th ₉ -Th ₁₀	2,49±0,07	2,68±0,09	2,71±0,28	2,70±0,20
Th ₁₀ -Th ₁₁	2,01±0,15	2,26±0,12	2,58±0,21	2,92±0,23
Th ₁₁ -Th ₁₂	2,60±0,13	2,72±0,15	3,05±0,25	3,09±0,20
Th ₁₂ -L ₁	2,91±0,09	2,59±0,10	3,18±0,28	3,22±0,32
L ₁ -L ₂	2,61±0,11	3,06±0,12	3,30±0,20	3,54±0,26
L ₂ -L ₃	2,46±0,17	2,55±0,17	2,93±0,22	2,97±0,22
L ₃ -L ₄	2,05±0,07	1,80±0,10	2,63±0,29	2,46±0,23
L ₄ -L ₅	1,88±0,08	2,03±0,09	2,44±0,22	2,67±0,17
L ₅ -Sc ₁	1,05±0,04	1,14±0,09	1,60±0,17	1,71±0,14
Sc ₁ -Sc ₂	1,00±0,06	1,03±0,07	1,58±0,13	1,68±0,17
Sc ₂ -Sc ₃	0,93±0,07	0,97±0,07	1,63±0,28	1,53±0,13
Sc ₃ -Sc ₄	0,84±0,05	0,93±0,05	1,46±0,15	1,42±0,09
Sc ₄ -Sc ₅	0,75±0,03	0,87±0,06	1,02±0,15	1,23±0,15

Примечание: *- сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Размер межкорешковых промежутков твердой оболочки
спинного мозга человека
в 20-22 недели внутриутробного развития ($X \pm Sx$, мм)**

Корешки	20-21 недели*		22 неделя*	
	слева	справа	слева	справа
C ₁ -C ₂	2,07±0,12	2,11±0,17	2,24±0,12	2,21±0,19
C ₂ -C ₃	2,40±0,10	2,08±0,15	2,51±0,12	2,20±0,15
C ₃ -C ₄	1,76±0,12	1,89±0,08	1,89±0,11	1,95±0,09
C ₄ -C ₅	1,92±0,11	1,96±0,07	1,96±0,13	2,06±0,09
C ₅ -C ₆	1,89±0,11	1,84±0,10	2,01±0,08	1,95±0,13
C ₆ -C ₇	1,81±0,09	1,73±0,09	2,05±0,09	1,88±0,06
C ₇ -C ₈	1,79±0,10	1,71±0,10	1,92±0,05	1,95±0,09
C ₈ -Th ₁	1,87±0,09	2,04±0,10	2,19±0,09	2,21±0,10
Th ₁ -Th ₂	2,11±0,19	2,28±0,20	2,46±0,14	2,48±0,13
Th ₂ -Th ₃	2,22±0,17	2,48±0,16	2,99±0,13	2,92±0,19
Th ₃ -Th ₄	2,68±0,22	2,76±0,14	3,02±0,20	3,02±0,15
Th ₄ -Th ₅	2,55±0,11	2,87±0,19	2,95±0,17	3,44±0,16
Th ₅ -Th ₆	2,74±0,18	2,80±0,15	3,48±0,20	3,67±0,16
Th ₆ -Th ₇	2,90±0,18	2,73±0,18	3,62±0,20	3,44±0,21
Th ₇ -Th ₈	2,81±0,23	3,28±0,31	3,74±0,22	3,79±0,22
Th ₈ -Th ₉	2,91±0,23	3,28±0,21	3,63±0,21	3,80±0,28
Th ₉ -Th ₁₀	3,37±0,30	3,32±0,23	4,00±0,24	3,80±0,22
Th ₁₀ -Th ₁₁	3,13±0,23	3,49±0,23	3,84±0,18	4,16±0,30
Th ₁₁ -Th ₁₂	3,72±0,26	3,62±0,24	4,33±0,21	4,48±0,21
Th ₁₂ -L ₁	3,78±0,25	3,84±0,24	4,36±0,41	4,90±0,21
L ₁ -L ₂	3,87±0,34	3,75±0,31	4,72±0,20	4,24±0,16
L ₂ -L ₃	3,58±0,25	3,61±0,27	4,06±0,14	4,11±0,12
L ₃ -L ₄	3,02±0,18	3,07±0,13	3,32±0,14	3,39±0,13
L ₄ -L ₅	2,63±0,20	2,75±0,18	2,95±0,11	2,92±0,18
L ₅ -Sc ₁	1,84±0,15	1,98±0,15	1,86±0,10	2,19±0,09
Sc ₁ -Sc ₂	1,68±0,07	1,81±0,13	1,74±0,08	1,75±0,15
Sc ₂ -Sc ₃	1,87±0,16	1,78±0,15	1,79±0,19	1,70±0,18
Sc ₃ -Sc ₄	1,46±0,11	1,49±0,12	1,39±0,13	1,40±0,15
Sc ₄ -Sc ₅	1,05±0,08	1,20±0,07	0,99±0,08	1,11±0,10

Примечание: *сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Следующим этапом исследования стало изучение поперечного размера спинного мозга плода человека в 16-22 недели внутриутробного развития. С точки зрения практической значимости морфометрических данных, а также в связи с большой протяженностью спинного мозга в позвоночном канале, ширину спинного мозга измеряли на уровне тел всех позвонков (Рис. 9). Результаты морфометрии представлены в таблице 10.

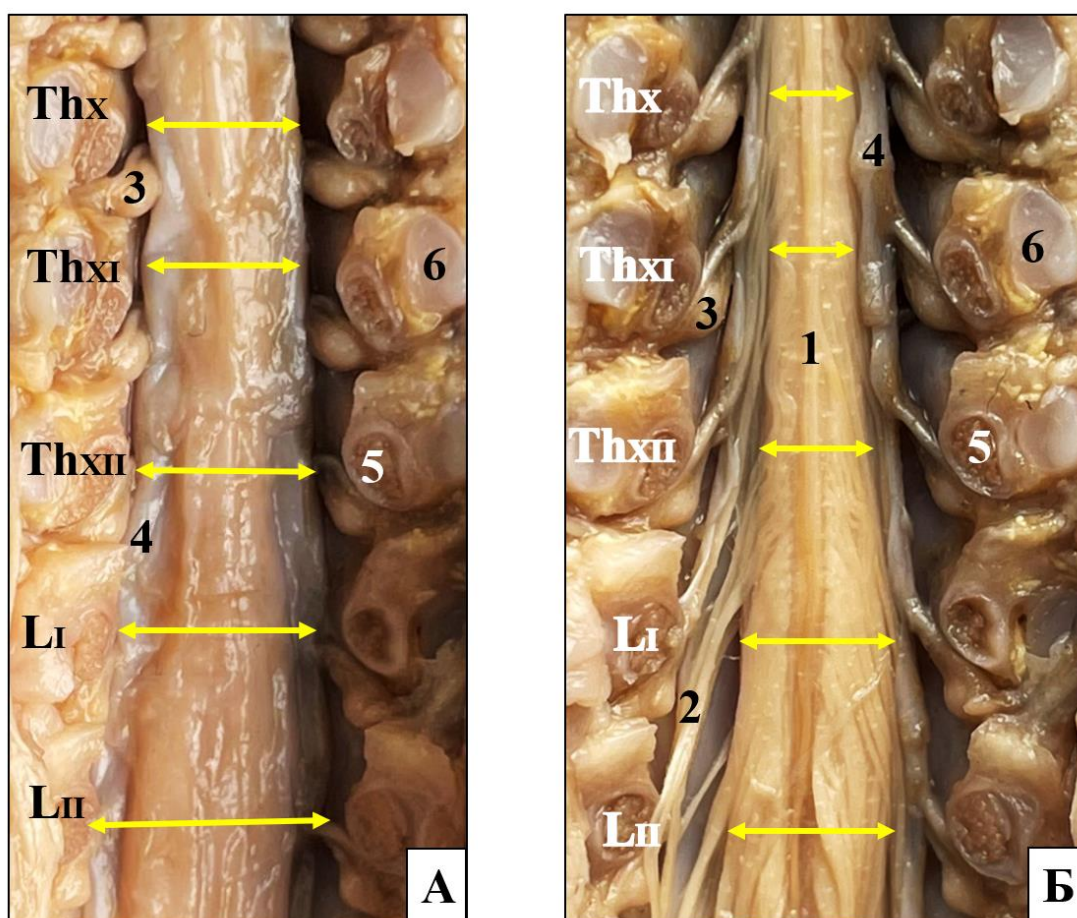


Рис. 9 Поперечный размер спинного мозга и твердой мозговой оболочки плода.

А – твердая оболочка спинного мозга сохранена.

Б – твердая оболочка спинного мозга удалена.

Фото макропрепарата, протокол №67, 18 недель, женский пол, увеличение в 6 раз.

1 – спинной мозг, 2 – спинномозговые корешки, 3 – спинномозговой ганглий, 4 – твердая мозговая оболочка, 5 – дуга позвонка Th_{xii}, 6 – ребро Th_{xi}.

**Поперечный размер спинного мозга плода человека в 16-22 недели
внутриутробного развития на уровне тел позвонков ($X \pm S_x$, мм)**

Уровень позвонков	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
C_I	3,18±0,15	3,54±0,10	3,80±0,09	3,80±0,14	19%
C_{II}	3,27±0,14	3,74±0,08	3,88±0,09	3,91±0,13	20%
C_{III}	3,27±0,15	3,72±0,09	3,86±0,10	3,95±0,14	21%
C_{IV}	3,27±0,15	3,67±0,06	3,89±0,12	3,95±0,14	21%
C_V	3,21±0,15	3,78±0,09	3,83±0,12	3,96±0,14	23%
C_{VI}	3,22±0,14	3,57±0,09	3,87±0,13	3,95±0,14	23%
C_{VII}	3,22±0,13	3,42±0,09	3,76±0,11	3,96±0,14	23%
Th_I	2,70±0,13	2,53±0,06	3,59±0,10	3,77±0,15	40%
Th_{II}	2,22±0,13	2,42±0,08	2,62±0,08	2,93±0,14	32%
Th_{III}	2,21±0,12	2,38±0,05	2,62±0,08	2,76±0,11	25%
Th_{IV}	2,21±0,12	2,39±0,08	2,54±0,07	2,80±0,12	27%
Th_V	2,21±0,12	1,94±0,09	2,50±0,06	2,81±0,12	27%
Th_{VI}	2,14±0,11	2,02±0,06	2,48±0,08	2,75±0,13	29%
Th_{VII}	2,16±0,12	2,09±0,10	2,47±0,08	2,70±0,12	25%
Th_{VIII}	2,15±0,12	2,02±0,11	2,47±0,11	2,71±0,12	26%
Th_{IX}	2,13±0,11	2,23±0,09	2,51±0,11	2,70±0,13	27%
Th_X	2,19±0,12	2,43±0,08	2,61±0,11	2,80±0,13	28%
Th_{XI}	2,36±0,09	2,70±0,11	2,80±0,12	2,87±0,13	22%
Th_{XII}	2,79±0,12	2,81±0,08	3,34±0,11	3,66±0,16	31%
L_I	3,38±0,10	3,45±0,11	3,60±0,12	3,95±0,21	17%
L_{II}	3,37±0,11	3,50±0,16	3,64±0,16	3,56±0,16	6%
L_{III}	3,33±0,10	2,81±0,16	3,31±0,15	2,43±0,15	-27%
L_{IV}	2,73±0,12	1,70±0,13	2,12±0,14	-	-
L_V	1,74±0,12	-	-	-	-

Примечание: *- сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Результаты исследования показали, что поперечный размер спинного мозга плода человека напрямую зависит от топографии его сегментов и утолщений. Так, поперечный размер спинного мозга достигает наибольших значений в шейном и поясничном отделах позвоночного столба. Обращает на себя внимание, что в шейном отделе ширина спинного мозга увеличивается от 16 к 22 неделе на 19-23%. В грудном отделе спинной мозг уменьшается в

диаметре по сравнению с шейным, однако, продолжает увеличиваться в ширине от 16 к 22 неделе развития на 22-40%. В связи с топографией пояснично-крестцового утолщения в поясничном отделе позвоночного столба поперечный размер спинного мозга снова увеличивается, однако, посегментарное сравнение темпа прироста невозможно из-за различного уровня окончания спинного мозга во всех возрастных группах. Таким образом, наиболее интенсивное увеличение поперечного размера спинного мозга наблюдается в грудном отделе, кроме того, в переходных частях между шейным и грудным, а также между грудным и поясничным отделами.

Морфометрия поперечного размера твердой оболочки спинного мозга плода также проводилась на уровне каждого позвонка позвоночного столба. Результаты измерений представлены в таблице 11. Было выявлено, что поперечный размер твердой оболочки во всех возрастных группах уменьшается в краниокаудальном направлении от C_1 до Th_{IV-V} , достигает наименьших значений на уровне грудных позвонков, после чего снова увеличивается. Следует отметить, что увеличение поперечного размера твердой оболочки спинного мозга начинается на разных уровнях в различных возрастных группах и зависит от скелетотопии пояснично-крестцового утолщения. Относительно темпа прироста поперечного размера твердой оболочки следует отметить, что наиболее интенсивный его рост наблюдается в шейном (32-37%) и поясничном (22-41%) отделах. Отчетливо и наглядно взаимоотношения поперечного размера спинного мозга и твердой мозговой оболочки в разных возрастных группах представлены в диаграммах 8-11.

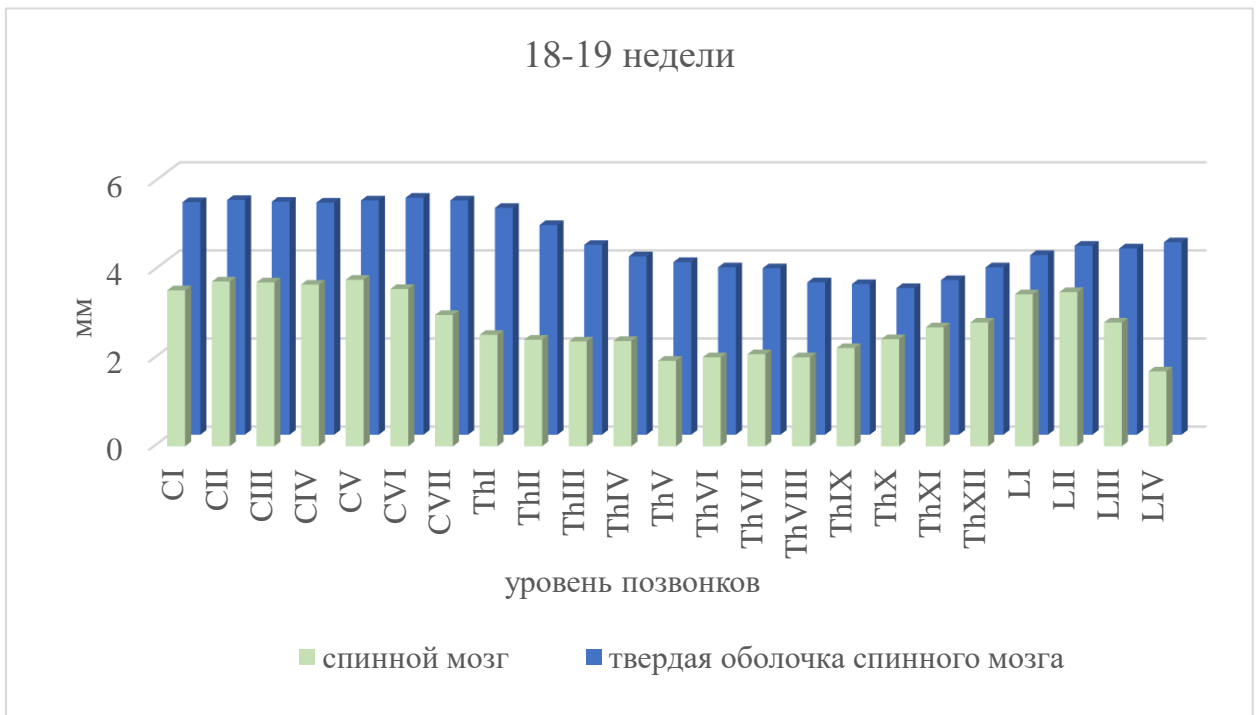
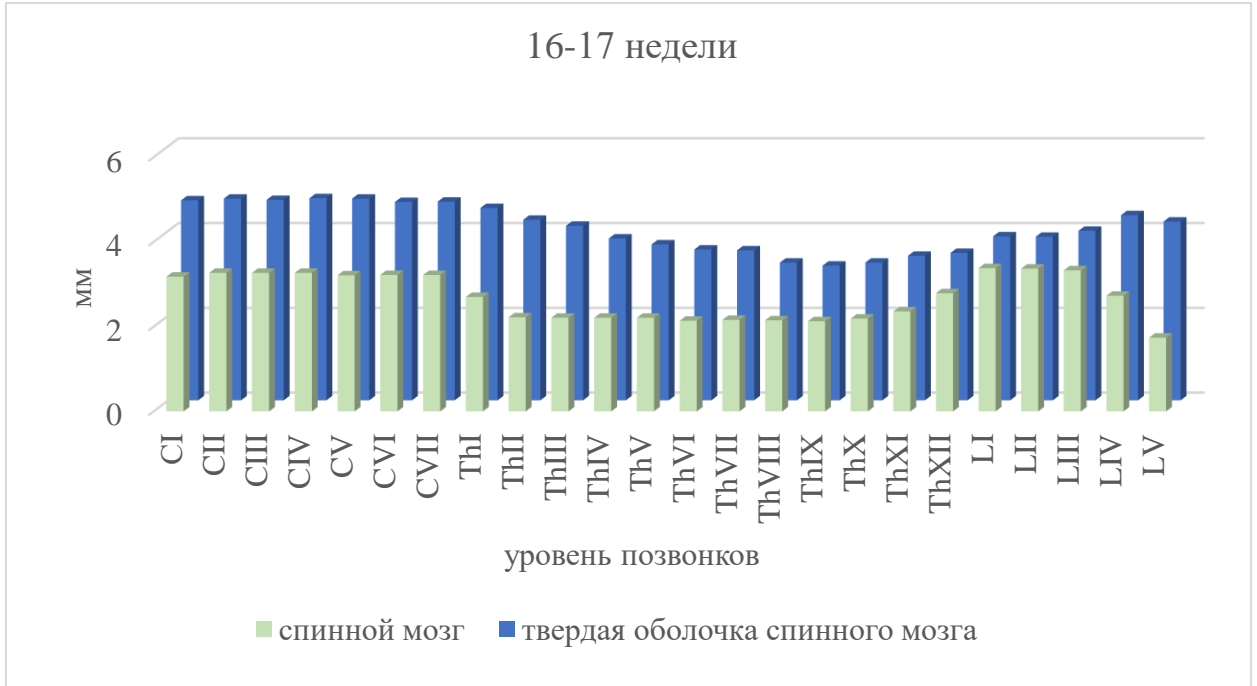
Как видно из диаграмм, в 16-22 недели внутриутробного развития разница в поперечном размере твердой мозговой оболочки спинного мозга и этим же параметром самого спинного мозга наиболее выражена в шейном отделе, а также на уровне нижних поясничных позвонков, особенно в месте окончания спинного мозга. В целом можно сказать о том, что твердая оболочка повторяет форму спинного мозга.

**Поперечный размер твердой оболочки спинного мозга плода человека
в 16-22 недели внутриутробного развития на уровне тел позвонков
($\bar{X} \pm S_x$, мм)**

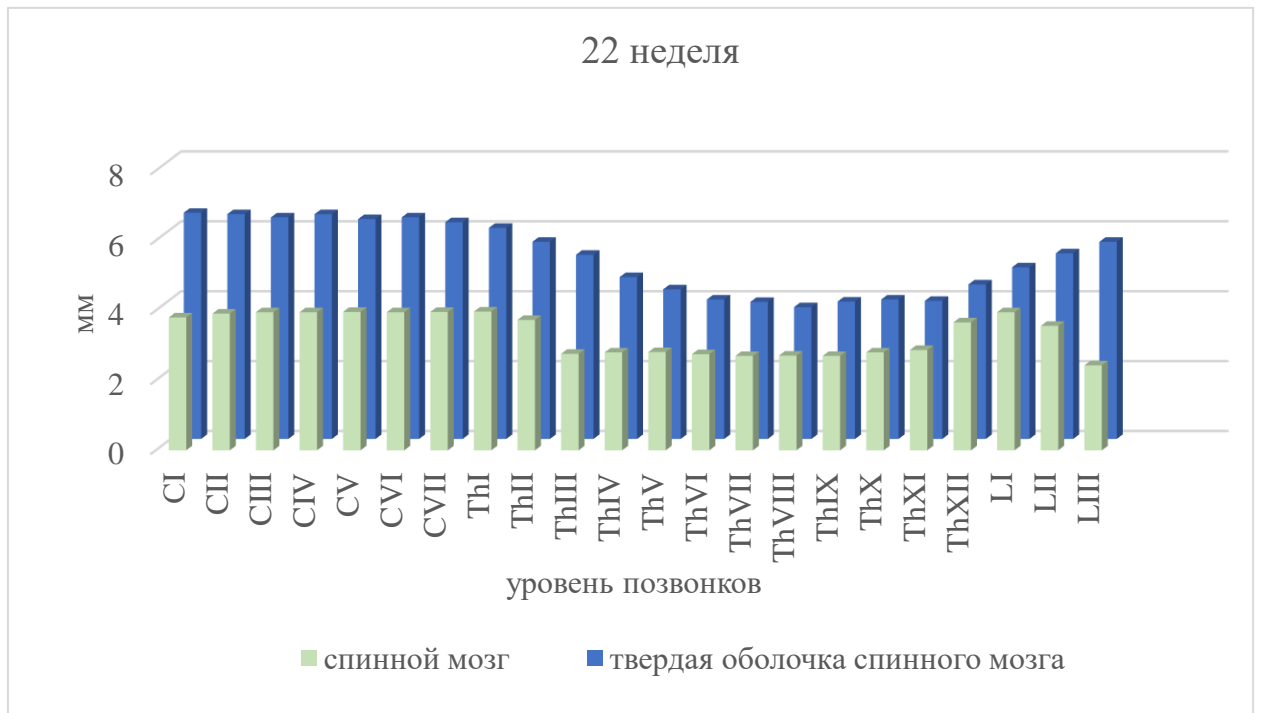
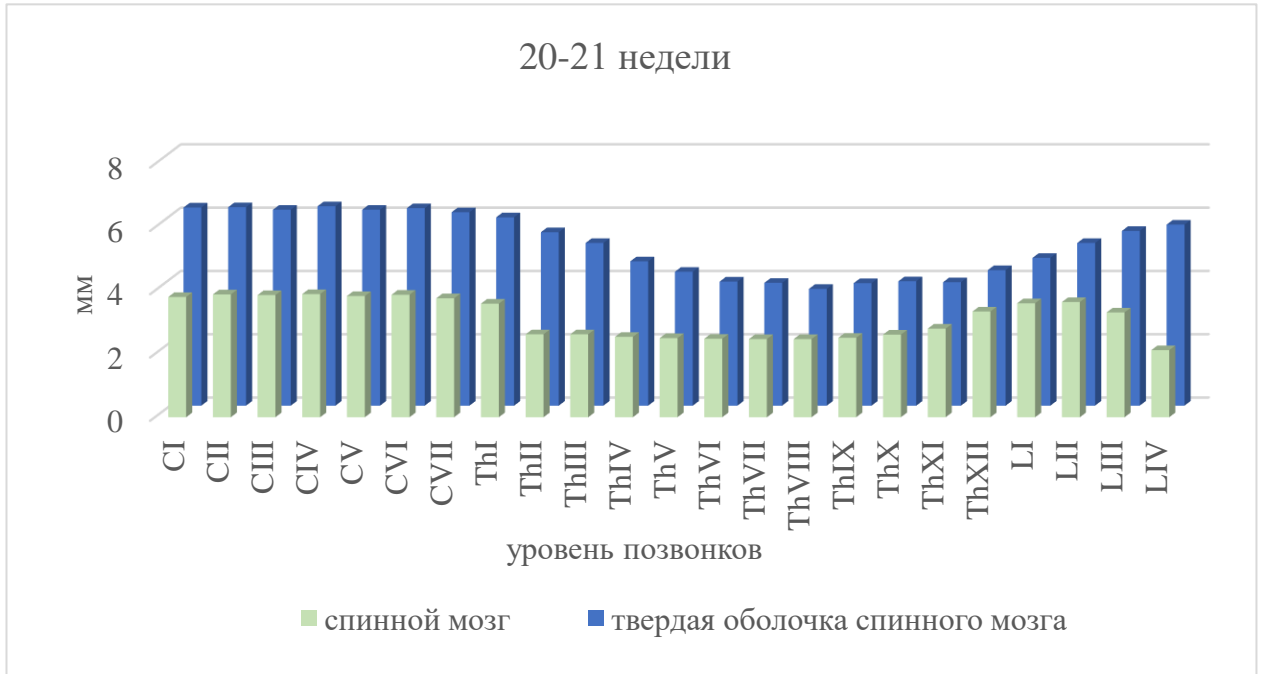
Уровень позвонков	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
C_I	4,72±0,19	5,28±0,05	6,26±0,27	6,47±0,27	37%
C_{II}	4,76±0,17	5,33±0,05	6,27±0,32	6,43±0,32	35%
C_{III}	4,73±0,12	5,29±0,15	6,19±0,28	6,34±0,27	34%
C_{IV}	4,77±0,20	5,27±0,22	6,30±0,26	6,43±0,26	35%
C_V	4,76±0,22	5,32±0,29	6,19±0,31	6,29±0,30	32%
C_{VI}	4,68±0,26	5,38±0,17	6,24±0,36	6,34±0,33	35%
C_{VII}	4,69±0,21	5,32±0,19	6,11±0,35	6,20±0,35	32%
Th_I	4,54±0,25	5,15±0,27	5,95±0,33	6,04±0,32	33%
Th_{II}	4,26±0,27	4,76±0,30	5,48±0,29	5,64±0,28	32%
Th_{III}	4,12±0,27	4,31±0,31	5,14±0,28	5,27±0,28	28%
Th_{IV}	3,82±0,28	4,05±0,27	4,56±0,21	4,63±0,21	21%
Th_V	3,68±0,21	3,92±0,22	4,23±0,22	4,28±0,22	16%
Th_{VI}	3,56±0,20	3,80±0,20	3,92±0,15	3,99±0,15	12%
Th_{VII}	3,54±0,23	3,78±0,23	3,88±0,14	3,92±0,15	11%
Th_{VIII}	3,25±0,25	3,46±0,24	3,69±0,17	3,77±0,17	16%
Th_{IX}	3,18±0,19	3,42±0,19	3,87±0,16	3,93±0,15	24%
Th_X	3,25±0,24	3,33±0,23	3,93±0,11	3,99±0,11	23%
Th_{XI}	3,41±0,21	3,51±0,22	3,90±0,19	3,95±0,19	16%
Th_{XII}	3,48±0,27	3,80±0,26	4,28±0,22	4,42±0,23	27%
L_I	3,87±0,24	4,08±0,24	4,67±0,23	4,91±0,24	27%
L_{II}	3,86±0,24	4,29±0,15	5,14±0,21	5,31±0,21	38%
L_{III}	4,00±0,16	4,23±0,15	5,52±0,20	5,64±0,19	41%
L_{IV}	4,37±0,19	4,37±0,19	5,72±0,23	5,72±0,23	31%
L_V	4,22±0,25	4,22±0,25	5,15±0,14	5,15±0,14	22%

Примечание: *сравнимые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Поперечный размер спинного мозга и твердой мозговой оболочки плода человека в 16-19 недель внутриутробного развития на уровне тел позвонков



Поперечный размер спинного мозга и твердой мозговой оболочки плода человека в 20-22 недели внутриутробного развития на уровне тел позвонков



3.3. Резюме.

Таким образом, в 16-22 недели спинной мозг человека представляет собой вполне сформированную структуру, но имеет свои особенности. В группе плодов 16 - 21 недель развития шейное утолщение СМ начинается на уровне позвонка C_{II} , заканчивается на уровне Th_I . В 22 недели развития верхней границей шейного утолщения является позвонок C_{II} , а нижней границей – позвонок C_{VII} . Размеры шейного утолщения равномерно увеличиваются от 16 к 22 неделе. Топография пояснично-крестцового утолщения более вариабельна: в 16-17 недель развития оно локализуется на уровне позвонков $Th_{XI} - L_{IV}$, в 18 – 21 неделю развития – $Th_{XI} - L_{III}$, в 22 недели занимает уровень $Th_X - L_{III}$. При этом параметры шейного утолщения превалируют над пояснично-крестцовым.

В изученном периоде онтогенеза наблюдается так называемое «восхождение» мозгового конуса: в первой группе плодов мозговой конус спинного мозга человека начинается на уровне середины тела позвонка L_{IV} , заканчивается на уровне тела позвонка L_V ; в группах 18-19 недель и 20-21 недели развития он располагается на уровне всего тела позвонка L_{IV} , к концу изученного периода (22 недели развития) конус определяется от межпозвоночного диска L_{II-III} до нижнего края тела позвонка L_{III} . При этом его протяженность увеличивается от 16 к 22 неделе. Из-за смещения мозгового конуса в краниальном направлении длина терминальной нити у плода также закономерно увеличивается.

Длина спинного мозга увеличивается с 16 по 22 неделю развития на 35,19%, при этом наиболее интенсивный прирост наблюдается в начале изучаемого периода (от 16 недели к 19 неделе развития). Эта же закономерность наблюдается в интенсивности роста длины твердой оболочки спинного мозга, за весь изученный период она увеличивается на 32,49%.

Наибольшую протяженность у плода имеет грудная часть спинного мозга и составляет 46-48% от общей длины спинного мозга, наименьшую –

крестцово-копчиковая часть – 9-10%, в свою очередь на шейную часть приходится 24-27% длины спинного мозга, а на поясничную – 18-19%. При этом основное увеличение продолжительности спинного мозга к 22 неделе происходит за счет грудной и крестцово-копчиковой частей. Однако, в начале изученного периода (с 16 по 19 неделю) превалирует рост поясничной части спинного мозга.

Несмотря на сложную топографию сегментов спинного мозга и изменение положения корешков, в твердой оболочке спинного мозга возможно выделение тех же частей и их соотношения схожи с частями спинного мозга. Однако, рост длины твердой оболочки происходит в большей степени за счет поясничной и крестцово-копчиковой частей.

Морфометрия межкорешковых промежутков косвенно отражает размеры сегментов спинного мозга, полученные абсолютные значения справа и слева отличаются, но статистически достоверной разницы между ними не выявлено. Аналогичные данные были получены и при морфометрии межкорешковых промежутков твердой оболочки спинного мозга.

Морфометрические данные поперечного размера спинного мозга и твердой мозговой оболочки, полученные при измерении на уровне всех позвонков позвоночного столба, отражают топографию шейного и пояснично-крестцового утолщения.

ГЛАВА IV

ТОПОГРАФИЯ СПИННОГО МОЗГА ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА

16-22 НЕДЕЛЬ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ

4.1. Особенности скелетотопии сегментов спинного мозга плода человека

Скелетотопия сегментов спинного мозга плода человека является важным вопросом с точки зрения фетальной хирургии и врачебных манипуляций, выполняемых у глубоко недоношенных новорожденных. Во всех группах рассматриваемого периода онтогенеза можно выделить особенности расположения сегментов спинного мозга относительно тел позвонков и, соответственно, различные уровни окончания спинного мозга.

В начале изученного периода (**16-17 недели внутриутробного развития**) спинной мозг человека занимает пространство позвоночного канала от большого затылочного отверстия до нижней границы тела позвонка L_V (Рис.10). Шейная часть спинного мозга занимает весь шейный отдел позвоночника до уровня межпозвоночного диска $C_{VII} - Th_I$. Обращает на себя внимание тот факт, что у плодов данной возрастной группы первый шейный сегмент (C_1) начинается еще в полости черепа (на уровне большого затылочного отверстия) и заканчивается на уровне верхнего края тела позвонка C_I . Остальные шейные сегменты (C_2-C_8) располагаются на один позвонок выше (прим. сегмент C_2 на уровне позвонка C_I , сегмент C_3 на уровне позвонка C_{II} и т.д.). Грудная часть спинного мозга человека на этом сроке гестации занимает часть позвоночного канала от тела позвонка Th_I до верхней $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ тела позвонка Th_{XI} . При этом верхние грудные сегменты (Th_1-Th_7) расположены на уровне соответствующих позвонков, сегменты Th_8-Th_9 занимают положение от нижнего края позвонка Th_{VII} до верхнего края позвонка Th_{IX} , сегменты $Th_{10}-Th_{11}$ расположены на один позвонок выше, а последний грудной сегмент (Th_{12}) начинается на уровне нижнего края позвонка Th_X и заканчивается на уровне верхней $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ тела позвонка Th_{XI} .

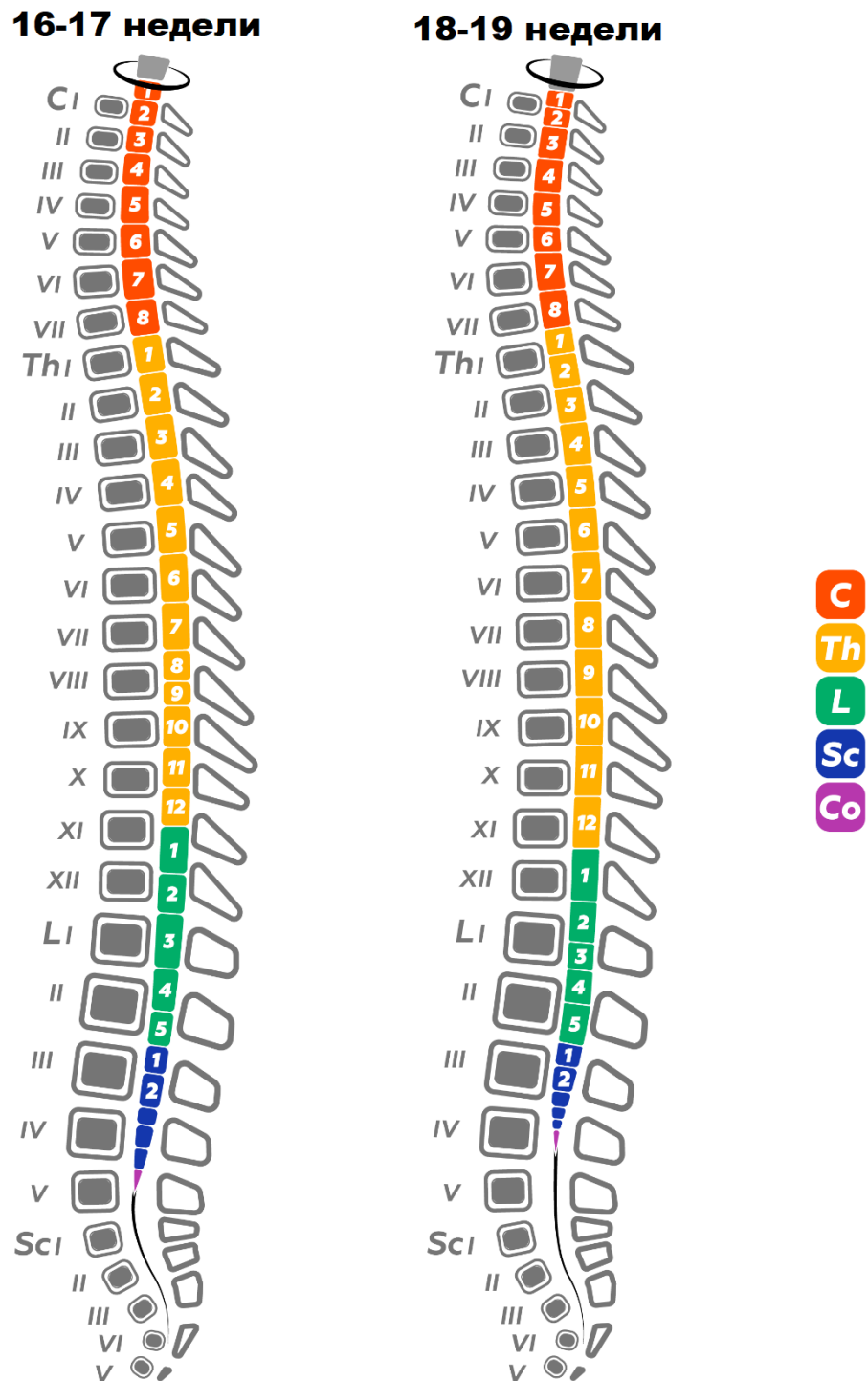


Рис.10 Схема скелетотопии сегментов спинного мозга человека в 16-19 недели внутриутробного развития.

C – шейные сегменты, *Th* – грудные сегменты, *L* – поясничные сегменты, *Sc* – крестцовые сегменты, *Co* – копчиковый сегмент.

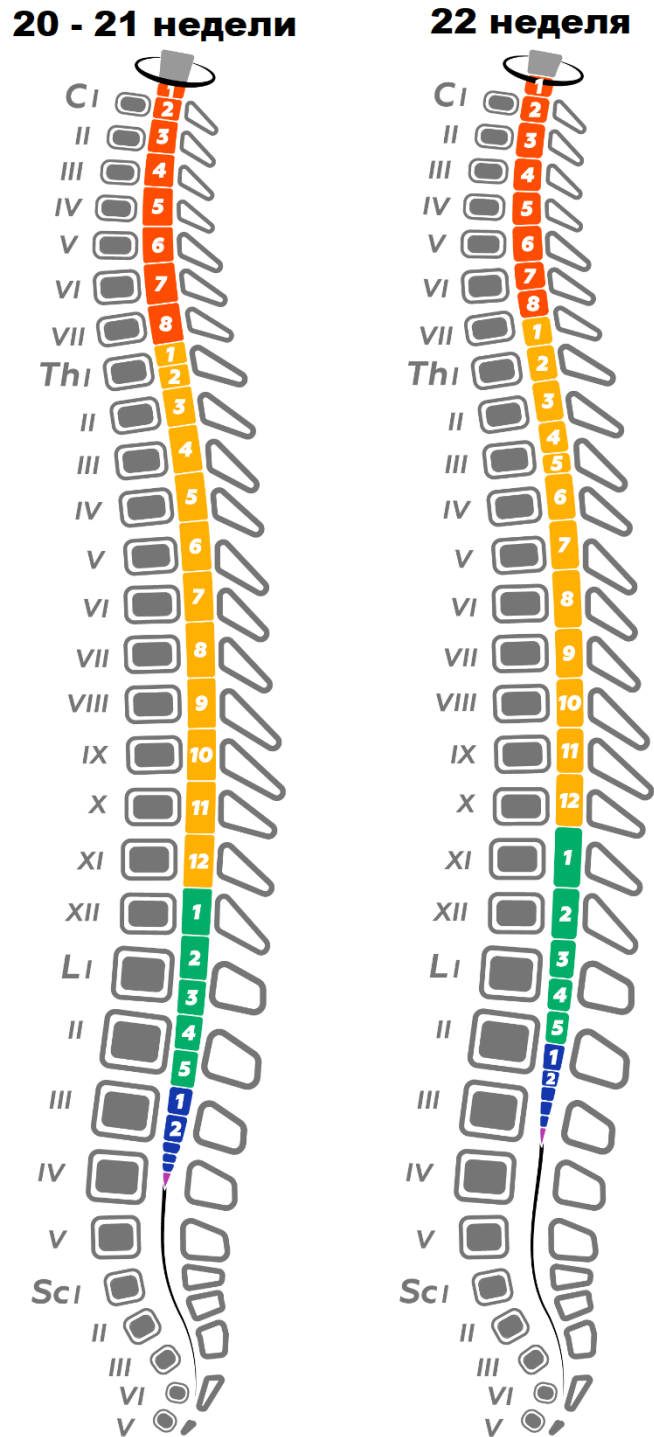


Рис.11 Схема скелетотопии сегментов спинного мозга человека в 20-22 недели внутриутробного развития.

C – шейные сегменты, Th – грудные сегменты, L – поясничные сегменты, Sc – крестцовые сегменты, Co – копчиковый сегмент.

Поясничная часть спинного мозга в 16-17 недели развития соответствует позвонкам Th_{XI} - L_{II}, в ряде случаев поясничная часть заканчивается на уровне диска L_{II} - L_{III}. Первый поясничный сегмент (L₁) располагается на уровне от тела позвонка Th_{XI} до диска Th_{XI} - Th_{XII}, сегмент L₂ соответствует позвонку Th_{XII}, следующий сегмент (L₃) соответствует позвонку L_I, сегменты L₄ - L₅ располагаются на уровне тела позвонка L_{II}, иногда до уровня нижележащего межпозвоночного диска (L_{II} - L_{III}). Крестцовые сегменты на этом сроке развития занимают часть позвоночного канала на уровне тел позвонков L_{III} - L_{IV} нередко вплоть до верхней 1/2 позвонка L_V, а копчиковый сегмент соответствует телу L_V.

Рассматривая следующую изученную возрастную группу плодов, можно отметить, что при сроке внутриутробного развития **18-19 недели** (Рис.10) восемь шейных сегментов располагаются на уровне тел шейных позвонков C_I - C_{VII}, реже нижней границей шейной части спинного мозга является верхний край тела позвонка Th_I. Первый шейный сегмент располагается на уровне верхней 1/2 тела соответствующего позвонка. Сегменты C₂-C₈, как и в предыдущей возрастной группе, проецируются на один позвонок выше. Грудные сегменты в свою очередь начинаются на уровне Th_I позвонка (нередко на уровне диска C_{VII} - Th_I) и заканчиваются на уровне тела позвонка Th_{XI}. Сегмент Th_I занимает положение между диском C_{VII} - Th_I и верхней 1/2 тела позвонка Th_I, следующий сегмент (Th₂) продолжается до верхнего края позвонка Th_{II}. Остальные сегменты грудной части спинного мозга (Th₃ - Th₁₂) на этом сроке располагаются на один позвонок выше. Скелетотопия поясничной части спинного мозга на сроке 18-19 недели развития является наиболее вариабельной. Чаще всего распределение поясничных сегментов спинного мозга начинается от нижнего края позвонка Th_{XI} или межпозвоночного диска Th_{XI-XII}, а заканчивается на уровне диска L_{II} - L_{III}. В редких случаях нижней границей поясничной части спинного мозга является тело позвонка L_{II}. Таким образом, первый поясничный сегмент (L₁) приходится на тело позвонка Th_{XII}, сегмент L₂ соответствует

межпозвоночному диску $Th_{XII} - L_I$ и верхней $\frac{1}{3}$ тела позвонка L_I , третий поясничный сегмент (L_3) приходится на оставшиеся $\frac{2}{3}$ этого же позвонка, L_4 сегмент расположен напротив диска $L_I - L_{II}$ и верхней $\frac{1}{2}$ тела L_{II} , последний поясничный сегмент, соответственно, продолжается от нижней половины тела позвонка L_{II} до межпозвоночного диска $L_{II} - L_{III}$. В каудальной части спинного мозга в 18-19 недели онтогенеза сегменты располагаются очень тесно по отношению друг к другу, поэтому все крестцовые и копчиковый сегменты занимают пространство от тела позвонка L_{III} до тела позвонка L_{IV} включительно. В трёх случаях нижней границей было зафиксировано тело позвонка L_V .

Относительно скелетотопии сегментов спинного мозга человека в **20-21 недели** (Рис. 11) внутриутробного развития необходимо отметить ее схожесть со скелетотопией в 18-19 недели гестации. Как и в вышеописанной возрастной группе плодов, спинной мозг в 20-21 недели развития занимает положение в позвоночном канале от большого затылочного отверстия до тела позвонка L_{IV} . Шейная часть спинного мозга на данном сроке гестации сохраняет тенденцию скелетотопии в предыдущих двух группах: сегмент C_1 располагается между большим затылочным отверстием и верхним краем позвонка C_1 , сегменты $C_2 - C_8$ – на уровне вышележащих позвонков и межпозвоночных дисков. Грудная часть спинного мозга начинается от диска $C_{VII} - Th_I$ и заканчивается на уровне нижнего края тела позвонка Th_{XI} или диска $Th_{XI} - Th_{XII}$. Первый грудной сегмент располагается между межпозвоночным диска $C_{VII} - Th_I$ и верхней $\frac{1}{2}$ тела позвонка Th_I , а сегмент Th_2 – между нижней $\frac{1}{2}$ тела позвонка Th_I и верхним краем тела позвонка Th_{II} . Остальные грудные сегменты ($Th_3 - Th_{12}$) располагаются на один позвонок выше (с Th_{II} по Th_{XI}). Поясничная часть спинного мозга человека в 20-21 недели развития так же, как и в 18-19 недель занимает часть позвоночного канала между диском $Th_{XI} - Th_{XII}$ и межпозвоночным диском $L_{II} - L_{III}$, но в отличие от предыдущей группы никогда не достигает тела позвонка L_{III} . Первый поясничный сегмент (L_1) соответствует последнему грудному позвонку (Th_{XII}), сегмент L_2 расположен

между нижним краем тела Th_{XII} и верхней $\frac{1}{2}$ тела позвонка L_I , следующий сегмент (L_3) располагается между нижней $\frac{1}{2}$ тела позвонка L_I и верхним краем позвонка L_{II} , сегменты L_4, L_5 соответствуют позвонку L_{II} и межпозвоночному диску $L_{II} - L_{III}$. Крестцовые сегменты расположены очень близко и занимают часть позвоночного канала от диска $L_{II} - L_{III}$ до верхней $\frac{1}{2}$ тела позвонка L_{IV} . Последний сегмент спинного мозга (Co_1) соответствует нижней $\frac{1}{2}$ тела позвонка L_{IV} .

В конце изученного периода (**22 неделя внутриутробного развития**) спинной мозг человека располагается в позвоночном канале от большого затылочного отверстия до тела позвонка L_{III} (Рис. 11). Шейная часть спинного мозга на этом сроке развития заканчивается на уровне межпозвоночного диска $C_{VI} - C_{VII}$, в некоторых случаях доходя до верхнего края позвонка C_{VII} . Первый шейный сегмент (C_1) также, как и в ранее описанных периодах начинается от большого затылочного отверстия и заканчивается на уровне верхнего края тела позвонка C_I . Второй шейный сегмент (C_2) соответствует первому шейному позвонку вплоть до межпозвоночного диска $C_I - C_{II}$. Следующий шейный сегмент (C_3) продолжается до диска $C_{II} - C_{III}$, а сегмент C_4 – до диска $C_{III} - C_{IV}$. Такая закономерность продолжается до шестого шейного сегмента (C_6), который заканчивается на уровне межпозвоночного диска $C_V - C_{VI}$. Следующий сегмент (C_7) соответствует вышележащему шейному позвонку (C_{VI}), а последний шейный сегмент (C_8) соответствует межпозвоночному диску $C_{VI} - C_{VII}$, начинается от нижнего края тела позвонка C_{VI} , заканчивается у верхнего края позвонка C_{VII} .

Грудная часть спинного мозга на 22 неделе гестации также имеет скелетотопию, отличающуюся от предыдущих возрастных групп. Начинаются грудные сегменты спинного мозга плода на уровне шейного позвонка C_{VII} и заканчиваются на уровне нижнего края тела позвонка Th_X . Верхние грудные сегменты (Th_1, Th_2, Th_3) расположены на уровне вышележащих позвонков (C_{VII}, Th_I, Th_{II} соответственно). Сегмент Th_4 начинается от нижнего края позвонка Th_{II} и заканчивается на уровне верхней $\frac{1}{2}$ позвонка Th_{III} . Остальные

грудные сегменты ($Th_5 - Th_{12}$) располагаются на 2 позвонка выше (сегмент Th_5 на уровне позвонка Th_{III} , сегмент Th_6 на уровне позвонка Th_{IV} и т.д.). Поясничная часть спинного мозга на данном сроке продолжается от грудного позвонка Th_{XI} до верхней $\frac{1}{2}$ тела позвонка L_{II} . Сегменты L_1, L_2 продолжают тенденцию расположения на 2 позвонка выше (на уровне позвонков Th_{XI} и Th_{XII} соответственно). Поясничный сегмент L_3 расположен между нижним краем позвонка Th_{XII} и верхней $\frac{1}{2}$ тела позвонка L_I . Следующие поясничные позвонки (L_4 и L_5) продолжаются до верхней $\frac{1}{2}$ тела позвонка L_{II} . Все крестцовые ($Sc_1 - Sc_5$) и копчиковый (Co_1) сегменты соответствуют позвонкам $L_{II} - L_{III}$.

Следует отметить, что не во всех случаях наблюдалась вышеописанная закономерность. Имели место крайние формы, при которых нижней границей спинного мозга являлись позвонки $Sc_{IV} - Sc_V$. Однако, это были единичные случаи, которые не вошли в общую выборку исследования. Несмотря на это, возможность такого низкого расположения границы спинного мозга указывает на наличие индивидуальной изменчивости уже на пренатальном этапе развития, что необходимо учитывать при проведении любых медицинских манипуляций в данной области у глубоко недоношенных новорожденных с экстремально низкой массой тела.

Таким образом, проанализировав вышеописанные данные, можно выделить некоторые закономерности в скелетотопии сегментов спинного мозга на сроке 16-22 недели внутриутробного развития. Во всех изученных группах плодов шейная часть спинного мозга находится в пределах шейного отдела позвоночного столба. С 16 по 21 недели в шейной части спинного мозга наблюдается общая тенденция расположения первого шейного сегмента между большим затылочным отверстием и первым шейным позвонком (C_I), остальные шейные сегменты располагаются на уровне вышележащего позвонка таким образом, что нижней границей шейной части спинного мозга является позвонок C_{VII} или межпозвоночный диск $C_{VII} - Th_I$. К 22 неделе гестации наблюдается восхождение шейной части спинного мозга, которая на

данном сроке заканчивается на уровне межпозвоночного диска $C_{VI} - C_{VII}$, в некоторых случаях доходя до верхнего края позвонка C_{VII} .

Обобщая полученные данные, относительно грудной части спинного мозга можно выделить особенности скелетотопии в каждой изученной группе. В 16-17 недели грудные сегменты расположены между первым грудным позвонком (Th_I) и верхней $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ позвонка Th_{XI} , при этом сегменты $Th_1 - Th_7$ располагаются на уровне соответствующих позвонков, а начиная с сегмента Th_8 наблюдается тенденция к расположению на один позвонок выше. В 18-19 недели грудная часть спинного мозга занимает пространство позвоночного канала от позвонка Th_I до позвонка Th_{XI} , и все сегменты (за исключением первого грудного Th_1) располагаются на один позвонок выше. В 20-21 недели развития скелетотопическая картина грудной части спинного мозга схожа с предыдущей группой, однако грудные сегменты занимают положение от межпозвоночного диска $C_{VII} - Th_I$ до позвонка Th_{XI} , реже до диска $Th_{XI} - Th_{XII}$. К 22 неделе развития грудная часть спинного мозга занимает более высокое положение и соответствует позвонкам $C_{VII} - Th_X$. При этом сегменты $Th_1 - Th_3$ располагаются на один позвонок выше, а сегменты $Th_4 - Th_{12}$ уже на два позвонка выше.

Поясничная часть спинного мозга плода является более вариабельной. В 16-17 недель онтогенеза она начинается от позвонка Th_{XI} и заканчивается на уровне тела позвонка L_{II} (иногда на уровне диска $L_{II} - L_{III}$). В группе 18-19 недели поясничные сегменты распределяются между телом позвонка Th_{XI} (реже диском $Th_{XI} - Th_{XII}$) и диском $L_{II} - L_{III}$ (реже телом L_{III}). В следующей возрастной группе (20-21 недели) поясничные сегменты находятся между диском $Th_{XI} - Th_{XII}$ и диском $L_{II} - L_{III}$. К концу изученного периода (22 неделя) поясничная часть спинного мозга человека начинается от тела позвонка Th_{XI} и заканчивается на уровне верхней $\frac{1}{2} L_{II}$. Крестцовые и копчиковый сегменты спинного мозга в рассматриваемых возрастных группах изменяют свою скелетотопию в сторону постепенного «восхождения» нижней границы спинного мозга. Таким образом, в начале изученного периода (16-17 недели

внутриутробного развития) крестцовая и копчиковая части спинного мозга располагаются на уровне позвонков L_{III} – L_V, в 17-18 недель гестации – на уровне позвонков L_{III} – L_{IV} (в редких случаях достигая уровня L_V), в 20-21 недели крестцовые и копчиковый сегменты начинаются на уровне межпозвоночного диска L_{II} -L_{III} и заканчиваются на уровне верхней ½ тела позвонка L_{IV}, однако к 22 неделе развития эти сегменты располагаются на уровне позвонков L_{II} -L_{III}.

4.2. Топографо-анатомические взаимоотношения спинного мозга и окружающих структур

С точки зрения топографии спинного мозга плода человека особый интерес представляют его топографо-анатомические взаимоотношения с окружающими структурами. На горизонтальных распилах и серийных гистотопограммах плодов человека 16-22 недель внутриутробного развития отчетливо видно, что мягкая мозговая и субарахноидальная оболочки прилежат к спинному мозгу, в том числе и в области передней срединной щели, сам спинной мозг расположен внутри так называемого «мешка» твердой мозговой оболочки, в пределах которого визуализируются начальные отделы спинномозговых корешков. Весь вышеописанный комплекс локализуется в позвоночном канале (Рис. 12). Однако, как спинной мозг занимает не весь объем твердой мозговой оболочки, так и твердая мозговая оболочка занимает не все пространство позвоночного канала, что объясняет формирование эпидурального и субдурального межоболочечных пространств. Обращает на себя внимание тот факт, что взаиморасположение спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала различались в зависимости от уровня выполняемых срезов в изученных случаях фетального материала.

Для более детального изучения синтопии спинного мозга плода человека была измерена площадь поперечного сечения спинного мозга, пространства, ограниченного твердой оболочкой спинного мозга, и

позвоночного канала на уровнях C_I, C_{III}, C_{VI}, Th_I, Th_{III}, Th_{VII}, Th_{XI}, L_I, L_{II}, L_{III}, L_{IV} и L_V позвонков. Все изученные структуры имеют на срезах приблизительно овальную форму, поэтому для расчетов была использована формула определения площади поперечного сечения эллипса:

$$S = \pi * a * b \quad (7)$$

где S – площадь поперечного сечения;

a – длина поперечной полуоси;

b – длина продольной полуоси.

Полученные данные представлены в таблицах 12-13.

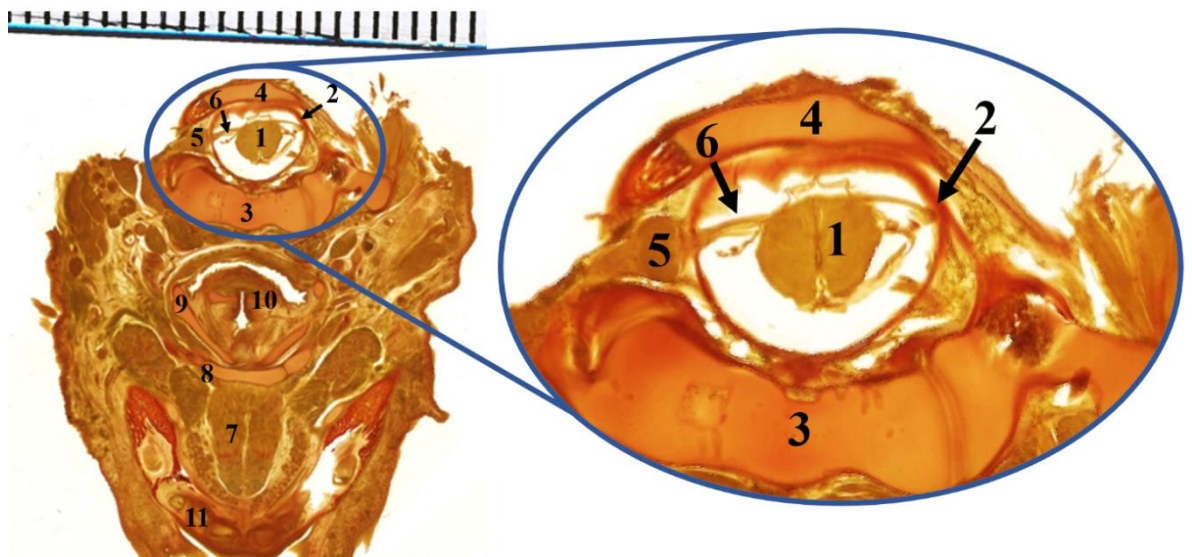


Рис. 12 Взаимоотношение спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала в шейном отделе позвоночного столба плода человека.

Скан гистотопограммы (окраска по Ван Гизону), срез в горизонтальной плоскости на уровне позвонка C_I, протокол №164, 16 недель, мужской пол, увеличение в 5 раз.

- 1 – спинной мозг, 2 – твердая мозговая оболочка,
 3 – передняя дуга позвонка C_I, 4 – задняя дуга позвонка C_I,
 5 – спинномозговой ганглий, 6 – корешки спинномозгового нерва, 7 – язык, 8 –
 подъязычная кость, 9 – щитовидный хрящ гортани,
 10 – черпаловидные хрящи гортани, 11 – зубы нижней челюсти.

Таблица 12

Площадь поперечного сечения (мм²) позвоночного канала (ПК), пространства, ограниченного твердой мозговой оболочкой (ТМО), и спинного мозга (СМ) в 16-19 недели внутриутробного развития

уровень	16-17 недели			18-19 недели		
	ПК	ТМО	СМ	ПК	ТМО	СМ
C _I	15,06	11,65	4,89	27,95	14,69	6,48
C _{III}	14,78	9,44	5,02	26,05	14,71	6,97
C _{VI}	10,62	6,62	2,87	17,90	11,34	4,20
Th _I	10,75	6,58	2,59	18,26	11,87	3,87
Th _{III}	10,65	6,51	2,39	19,74	9,49	4,11
Th _{VII}	10,21	5,42	2,15	21,80	8,21	3,36
Th _{XI}	14,29	8,66	2,58	21,18	12,11	3,86
L _I	15,43	10,14	5,37	24,13	12,00	4,43
L _{II}	14,91	6,78	3,25	20,92	8,53	4,24
L _{III}	9,61	5,77	2,84	15,03	7,57	2,95
L _{IV}	7,82	4,71	2,25	14,64	7,14	2,32
L _V	6,53	3,97	1,72	-	-	-

Таблица 13

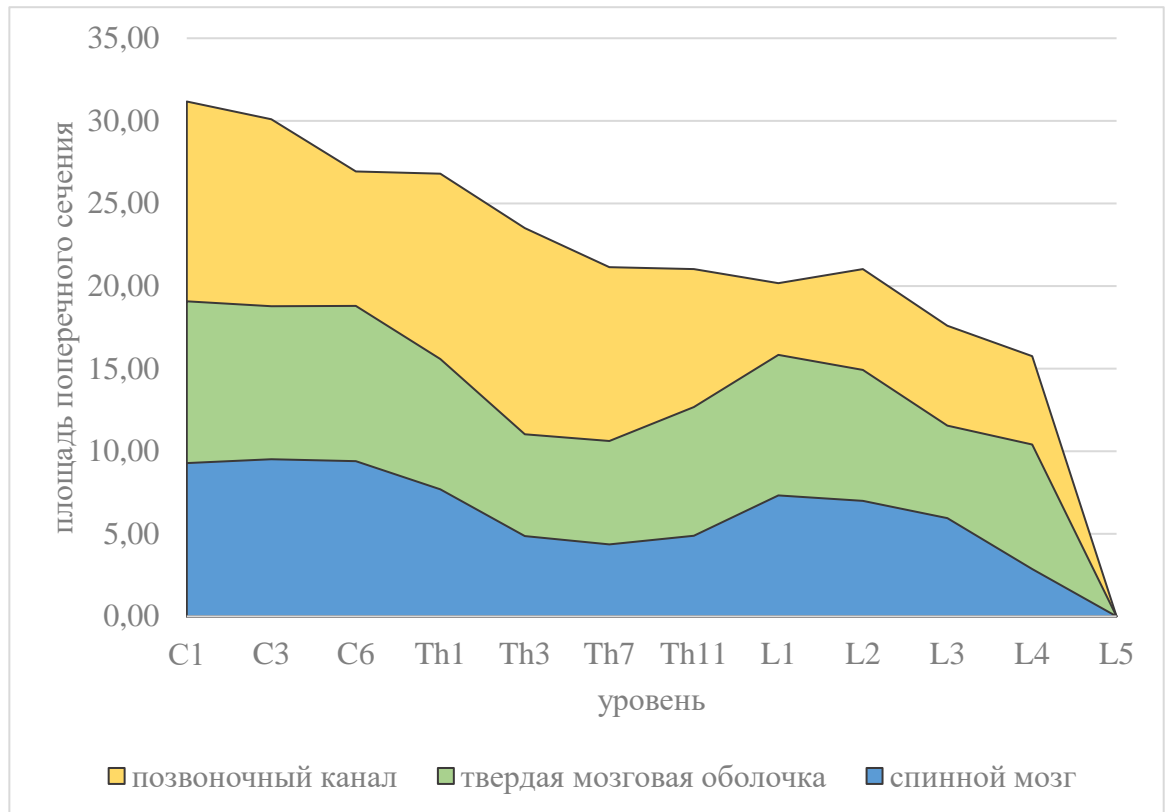
Площадь поперечного сечения (мм²) позвоночного канала (ПК), пространства, ограниченного твердой мозговой оболочкой (ТМО), и спинного мозга (СМ) в 20-22 недели внутриутробного развития

уровень	20-21 недели			22 неделя		
	ПК	ТМО	СМ	ПК	ТМО	СМ
C _I	31,17	19,07	9,29	35,00	21,15	11,57
C _{III}	30,10	18,78	9,51	32,73	21,04	11,52
C _{VI}	26,94	18,79	9,39	30,24	20,13	10,42
Th _I	26,80	15,57	7,68	27,16	18,84	8,54
Th _{III}	23,50	11,02	4,86	25,83	17,16	5,78
Th _{VII}	21,14	10,62	4,36	23,22	12,07	6,87
Th _{XI}	21,03	12,68	4,89	24,60	19,00	8,12
L _I	20,17	15,83	7,32	28,39	19,64	6,11
L _{II}	21,03	14,92	6,99	25,28	16,13	5,01
L _{III}	17,60	11,56	5,96	22,00	11,51	4,10
L _{IV}	15,75	10,41	2,88	-	-	-
L _V	-	-	-	-	-	-

Анализ данных таблиц 12-13 показал, что площадь поперечного сечения спинного мозга плода человека имеет примерно одинаковые значения на уровне позвонков $C_I - C_{III}$ с постепенным уменьшением к Th_I . На уровне верхних ($Th_I - Th_{III}$) и средних (Th_{VII}) грудных позвонков размер спинного мозга остается относительно стабильным. Эта тенденция наблюдается во всех изученных возрастных группах плодов. Что касается уровня нижних грудных (Th_{XI}) и всех поясничных ($L_I - L_V$) позвонков, то здесь показатели площади поперечного сечения спинного мозга переменны в различных возрастных группах в связи с различной топографией поясничного утолщения и нижней границей спинного мозга. Так, в 16-17 недель внутриутробного развития спинной мозг занимает большую часть протяжения позвоночного канала, его нижней границей является позвонок L_V , реже – позвонок Sc_I . Таким образом в каудальных отделах позвоночника площадь поперечного сечения спинного мозга увеличивается от Th_{XI} к L_I , после чего снова равномерно уменьшается. В 18-21 недели внутриутробного развития нижняя граница спинного мозга приходится на тело позвонка L_{IV} , в 22 недели – тело позвонка L_{III} . На данном сроке наибольшие значения площади поперечного сечения каудальной части спинного мозга наблюдаются на уровне позвонков $L_I - L_{II}$.

Относительно поперечного сечения пространства, ограниченного твердой мозговой оболочкой, можно отметить, что его размеры сохраняют общие тенденции размеров спинного мозга и повторяют его контуры, особенно выраженные в области шейного и пояснично-крестцового утолщений, что однако нельзя сказать о размерах позвоночного канала, размеры которого у плода имеют общую тенденцию к уменьшению в краниокаудальном направлении. Наиболее наглядно это демонстрирует диаграмма 12.

Площадь поперечного сечения позвоночного канала, пространства, ограниченного твердой мозговой оболочкой, и спинного мозга в 16-22 недели внутриутробного развития



Для более детального изучения и описания взаимоотношений спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала были предложены следующие показатели:

спинально-канальный индекс (СКИ) – отношение площадей поперечного сечения спинного мозга и позвоночного канала;

спинально-дуральный индекс (СДИ) – отношение площадей поперечного сечения спинного мозга и твердой мозговой оболочки;

дурально-канальный индекс (ДКИ) – отношение площадей поперечного сечения твердой мозговой оболочки и позвоночного канала.

Вычисление данных индексов позволило выявить различия в анатомо-топографическом взаимоотношении вышеуказанных структур на различных уровнях.

В **шейном отделе** позвоночного столба твердая мозговая оболочка прилежит ближе к стенке позвоночного канала, чем к спинному мозгу. Это отчетливо видно на горизонтальных срезах и серийных гистотопограммах (Рис. 12), а также находит отражение в результатах измерения СКИ, СДИ и ДКИ (таблица 14).

Анализ данных таблицы показывает, что спинной мозг в шейном отделе позвоночного столба в начале изученного периода (16-17 недели развития) занимает 27-34% от площади поперечного сечения позвоночного канала и 42-53% от площади пространства твердой мозговой оболочки, которое в свою очередь занимает 62-77% от площади поперечного сечения позвоночного канала. К концу изученного периода (22 неделя) спинной мозг в шейном отделе позвоночного столба занимает 33-35% площади поперечного сечения позвоночного канала и 52-55% пространства твердой мозговой оболочки, площадь поперечного сечения которого занимает 60-77% площади позвоночного канала. Эти данные подтверждают тот факт, что в шейном отделе позвоночного столба твердая мозговая оболочка имеет большее прилегание к стенкам позвоночного канала, чем к спинному мозгу. Кроме того, эти данные говорят о большей выраженности субдурального пространства по сравнению с эпидуральным в шейном отделе позвоночного столба в рассматриваемом периоде онтогенеза человека.

Что касается **грудного отдела** позвоночного столба, то согласно данным, приведенным в таблице 15, можно говорить о том, что взаимоотношения спинного мозга и позвоночного канала плода в грудном отделе изменяются в сторону уменьшения площади поперечного сечения спинного мозга.

**Динамика изменения спинально-канального (СКИ),
спинально-дурального (СДИ) и дурально-канального (ДКИ) индексов в
шейном отделе позвоночного столба плода**

Уровень	Индекс	Срок гестации			
		16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
C _I	СКИ	0,32	0,23	0,30	0,33
	СДИ	0,42	0,44	0,49	0,55
	ДКИ	0,77	0,53	0,61	0,60
C _{III}	СКИ	0,34	0,27	0,32	0,35
	СДИ	0,53	0,47	0,51	0,55
	ДКИ	0,64	0,56	0,62	0,64
C _{VI}	СКИ	0,27	0,23	0,35	0,34
	СДИ	0,43	0,37	0,50	0,52
	ДКИ	0,62	0,63	0,70	0,67

Таблица 15

**Динамика изменения спинально-канального (СКИ),
спинально-дурального (СДИ) и дурально-канального (ДКИ) индексов в
грудном отделе позвоночного столба плода**

Уровень	Индекс	Срок гестации			
		16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Th _I	СКИ	0,24	0,21	0,29	0,31
	СДИ	0,39	0,33	0,49	0,45
	ДКИ	0,61	0,65	0,58	0,69
Th _{III}	СКИ	0,20	0,21	0,21	0,22
	СДИ	0,32	0,43	0,44	0,44
	ДКИ	0,61	0,48	0,47	0,66
Th _{VI}	СКИ	0,17	0,15	0,21	0,30
	СДИ	0,32	0,41	0,41	0,47
	ДКИ	0,53	0,38	0,50	0,62
Th _{XI}	СКИ	0,18	0,18	0,23	0,33
	СДИ	0,30	0,32	0,39	0,43
	ДКИ	0,61	0,57	0,60	0,77

Так, в 16-17 недели развития размер спинного мозга в шейном отделе составляет 27-32% от позвоночного канала, а в грудном отделе – 17-24%. Эта же тенденция наблюдается во всех изученных возрастных группах (в 18-19 недели развития 23-27% в шейном отделе против 15-21% в грудном, в 20-21 недели – 30-35% против 21-23%, в 22 неделю – 33-35% против 22-33%). Кроме того, следует отметить, что в начале изученного периода (16-17 недели внутриутробного развития) доля спинного мозга от площади поперечного сечения позвоночного канала равномерно уменьшается от Th_I к Th_{XI} , в середине периода (18-20 недели) наблюдается уменьшение доли спинного мозга относительно позвоночного канала от Th_I к Th_{VII} и увеличение к Th_{XI} , а к концу рассмотренного периода (22 неделя развития) во взаимоотношениях спинного мозга и позвоночного канала плода наблюдается уменьшение первого от Th_I к Th_{III} и снова увеличение от Th_{VII} к Th_{XI} . Все вышеописанные тенденции хорошо объяснимы с точки зрения расположения утолщений спинного мозга (подробнее описано в главе III).

Относительно взаимоотношений спинного мозга с твердой мозговой оболочкой и взаимоотношений последней с позвоночным каналом у плодов 16-22 недель внутриутробного развития необходимо отметить значительную вариабельность в грудном отделе позвоночного столба. В ряде случаев твердая мозговая оболочка ближе прилежит к спинному мозгу, чем к стенкам позвоночного канала, формируя тем самым выраженное эпидуральное и менее выраженное субдуральное пространства (Рис. 13 А). Однако, наблюдались и случаи, при которых твердая мозговая оболочка находилась ближе к стенкам позвоночного канала (Рис. 13 Б).

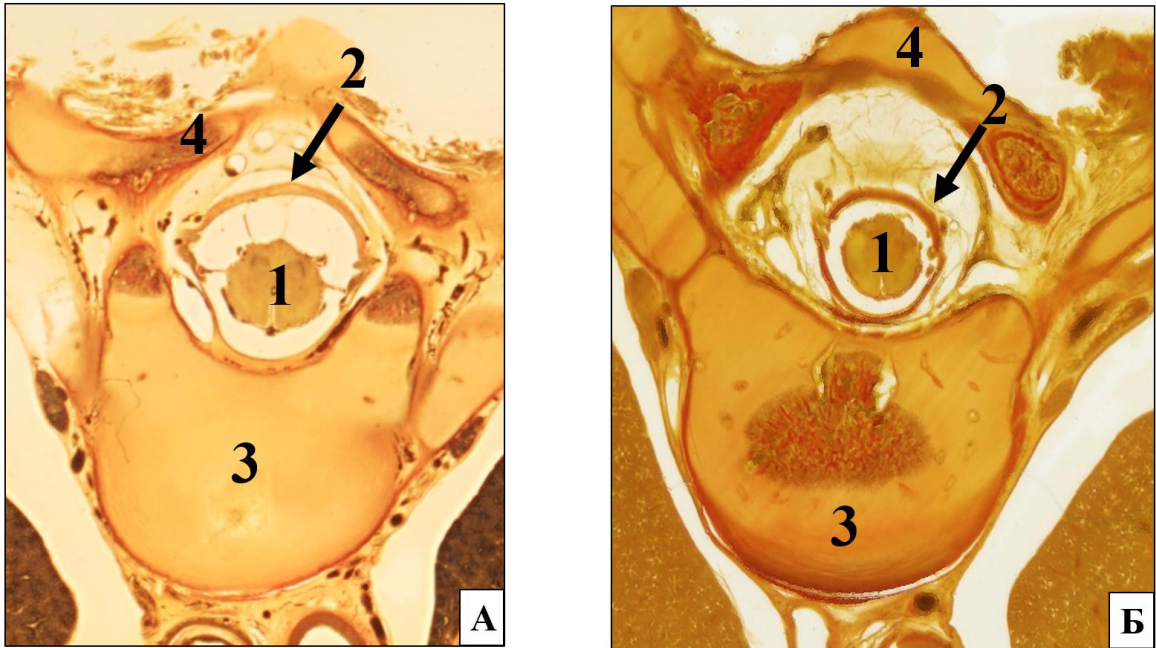


Рис. 13 Взаимоотношения спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала в грудном отделе позвоночного столба плода.

А - Скан гистотопограммы (окраска по Ван Гизону), срез в горизонтальной плоскости на уровне позвонка Th_V , протокол №57, 18 недель, мужской пол.

Б - Скан гистотопограммы (окраска по Ван Гизону), горизонтальный срез на уровне позвонка Th_V , протокол №6, 19 недель, мужской пол.

1 – спинной мозг, 2 – твердая мозговая оболочка, 3 – тело позвонка Th_V , 4 – дуга позвонка Th_V .

В поясничном отделе позвоночного столба взаиморасположение спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала у плодов зависит от срока гестации и локализации пояснично-крестцового утолщения. В 16-17 недели внутриутробного развития спинной мозг заканчивается на уровне нижнего края позвонка L_V , реже – на уровне позвонка Sc_1 . Согласно таблице 16, площадь поперечного сечения спинного мозга составляет 19-35% от площади поперечного сечения позвоночного канала. Следует отметить, что спинально-канальный индекс на данном сроке гестации уменьшается в краниокаудальном направлении, этот факт отражает уменьшение спинного мозга относительно позвоночного канала в этом же направлении.

**Динамика изменения спинально-канального (СКИ),
спинально-дурального (СДИ) и дурально-канального (ДКИ) индексов в
поясничном отделе позвоночного столба плода**

Уровень	Индекс	Срок гестации			
		16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
L _I	СКИ	0,31	0,18	0,36	0,22
	СДИ	0,48	0,37	0,46	0,31
	ДКИ	0,66	0,50	0,78	0,69
L _{II}	СКИ	0,19	0,20	0,33	0,20
	СДИ	0,42	0,50	0,47	0,31
	ДКИ	0,45	0,41	0,71	0,64
L _{III}	СКИ	0,24	0,20	0,34	0,19
	СДИ	0,40	0,39	0,52	0,36
	ДКИ	0,60	0,50	0,66	0,52
L _{IV}	СКИ	0,23	0,16	0,18	-
	СДИ	0,35	0,32	0,28	-
	ДКИ	0,66	0,49	0,66	-
L _V	СКИ	0,26	-	-	-
	СДИ	0,43	-	-	-
	ДКИ	0,61	-	-	-

В середине рассмотренного периода (18-21 недели внутриутробного развития), как уже ранее было отмечено, нижняя граница спинного мозга чаще всего приходится на тело позвонка L_{IV}. При этом в 18-19 недели спинной мозг занимает 16-20% от позвоночного канала, а в 20-21 недели развития спинной мозг занимает уже 18-36% от позвоночного канала. Такая разница связана с гетерохронностью развития позвоночного столба и спинного мозга. К 22 неделе внутриутробного развития спиной мозг человека заканчивается на уровне позвонка L_{III}, и спинной мозг занимает уже 19-22% от позвоночного канала.

Кроме того, для оценки корреляционных взаимоотношений спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала плода человека на сроке 16-22 недели внутриутробного развития были рассчитаны

коэффициенты корреляции площади этих структур. Согласно проведенным расчетам коэффициент корреляции площади поперечного сечения спинного мозга и позвоночного канала равен 0,88, спинного мозга и пространства твердой мозговой оболочки – 0,93, пространство твердой мозговой оболочки и позвоночного канала - 0,92. Таким образом, можно говорить о том, что между всеми этими структурами имеется сильная положительная корреляционная зависимость.

4.3. Резюме

Топография спинного мозга человека в 16-22 недели развития имеет свои особенности, присущие только этому периоду развития. Относительно скелетотопии спинного мозга обращает на себя внимание тот факт, что расположение сегментов в рассматриваемом периоде не соответствует общепринятому правилу Шипо, и в каждой группе можно выделить свои закономерности.

В 16-17 недель внутриутробного развития все шейные сегменты располагаются на один позвонок выше. Таким образом, первый шейный сегмент располагается на уровне большого затылочного отверстия, а последний – на уровне межпозвоночного диска $C_{VII} - Th_1$. Верхние грудные сегменты ($Th_1 - Th_7$) расположены на уровне соответствующих позвонков, сегменты $Th_8 - Th_9$ расположены на уровне позвонка Th_{VIII} , сегменты $Th_{10} - Th_{12}$ расположены на один позвонок выше таким образом, что грудная часть спинного мозга заканчивается на уровне верхней $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ тела позвонка Th_{XI} . Поясничные сегменты расположены на уровне позвонков $Th_{XI} - L_{II}$, крестцовые - $L_{III} - L_{IV}$ нередко вплоть до верхней $\frac{1}{2}$ позвонка L_V , а копчиковый сегмент соответствует телу L_V .

В 18-19 недель развития шейные сегменты, как и в предыдущей группе, располагаются на один позвонок выше, верхние грудные сегменты ($Th_1 - Th_2$) располагаются на уровне позвонка Th_1 , остальные сегменты грудной части спинного мозга ($Th_3 - Th_{12}$) располагаются на один позвонок выше,

поясничные сегменты соответствуют позвонкам Th_{XII} - L_{II}, нередко достигая уровня L_{III}, крестцовые и копчиковый - L_{III} - L_{IV}. В 20-21 недели сегменты спинного мозга повторяют закономерности скелетотопии предыдущей группы с незначительными изменениями.

К концу изученного периода (22 неделя развития) наблюдается так называемое «восхождение» всех сегментов спинного мозга. Таким образом шейные сегменты сохраняют тенденцию расположения на один позвонок выше, но в отличие от вышеописанных групп заканчиваются на уровне межпозвоночного диска C_{VI} – C_{VII}. Верхние грудные сегменты (Th₁-Th₄) расположены на уровне вышележащих позвонков, остальные грудные сегменты (Th₅ – Th₁₂) располагаются на 2 позвонка выше. Поясничная часть спинного мозга на данном сроке продолжается от грудного позвонка Th_{XI} до верхней ½ тела позвонка L_{II}. Все крестцовые (Sc₁-Sc₅) и копчиковый (Co₁) сегменты соответствуют позвонкам L_{II} – L_{III}.

В отношении синтопии спинного мозга человека в изучаемом периоде наиболее интересны его взаимоотношения с твердой мозговой оболочкой и позвоночным каналом, так как между морфометрическими данными этих структур имеется сильная корреляционная зависимость. Необходимо отметить, что анатомия твердой мозговой оболочки и, в меньшей степени, позвоночного канала повторяют анатомию спинного мозга. Но в связи с наличием шейного и пояснично-крестцового утолщений имеются определенные особенности. В шейном отделе позвоночного столба твердая мозговая оболочка прилежит ближе к стенке позвоночного канала, чем к спинному мозгу, в связи с чем выраженность субдурального пространства превалирует над эпидуральным. В грудном отделе позвоночного столба в ряде случаев твердая мозговая оболочка прилежит ближе к спинному мозгу, а в ряде случаев, наоборот, ближе к позвоночному каналу. В поясничном отделе позвоночного столба взаиморасположение спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала у плодов зависит от срока гестации и локализации пояснично-крестцового утолщения.

ГЛАВА V

АНАТОМИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР СПИННОГО МОЗГА В ИЗУЧЕННОМ ПЕРИОДЕ ОНТОГЕНЕЗА

5.1. Описательная анатомия и морфометрическая характеристика корешков спинномозговых нервов у плодов рассмотренного периода

В промежуточном плодном периоде онтогенеза человека, в частности, в 16-22 недели внутриутробного развития, корешковые нити, входящие в заднюю латеральную борозду и выходящие из передней латеральной борозды спинного мозга, формируют соответственно задний и передний корешки спинномозговых нервов. Следует отметить, что оба корешка на данном сроке развития покрыты твердой мозговой оболочкой, которая, окружив спинной мозг, продолжается по корешкам в оболочки спинномозговых нервов и прикрепляется к межпозвоночному отверстию. Таким образом, после открытия позвоночного канала плода передний и задний корешки спинномозговых нервов визуализируются как единая структура и располагаются внутри «мешка» твердой мозговой оболочки наряду с самим спинным мозгом и остальными его оболочками. В процессе макромикроскопического препарирования было обнаружено, что в оболочке визуализируется лишь часть корешка, так как после ее диссекции отчетливо видно место отхождения корешковых нитей от спинного мозга. Следовательно, истинная длина корешка на всем протяжении, а также его топография, значительно отличаются от таковых до рассечения твердой мозговой оболочки и после ее диссекции. Однако, с точки зрения этапов внутриутробного оперативного вмешательства на спинном мозге необходимо знание анатомии и топографии как части корешка, покрытой оболочкой и находящейся за пределами «мешка» твердой мозговой оболочки (от твердой оболочки до ганглия), так и всего корешка в целом (от спинного мозга до спинномозгового ганглия).

В связи с этим изучение анатомии и топографии спинномозговых корешков плода на сроке 16-22 недели развития проводилось последовательно. После открытия позвоночного канала и визуализации «мешка» твердой мозговой оболочки осуществлялось измерение участка спинномозгового корешка от твердой мозговой оболочки до чувствительного ганглия (Рис. 14а). Затем производилось рассечение твердой мозговой оболочки и измерение длины части корешка, находящейся в субдуральном пространстве, то есть от места отхождения корешковых нитей от спинного мозга до твердой мозговой оболочки, а также истинной длины участка корешка от спинного мозга до спинномозгового ганглия (Рис. 14а).

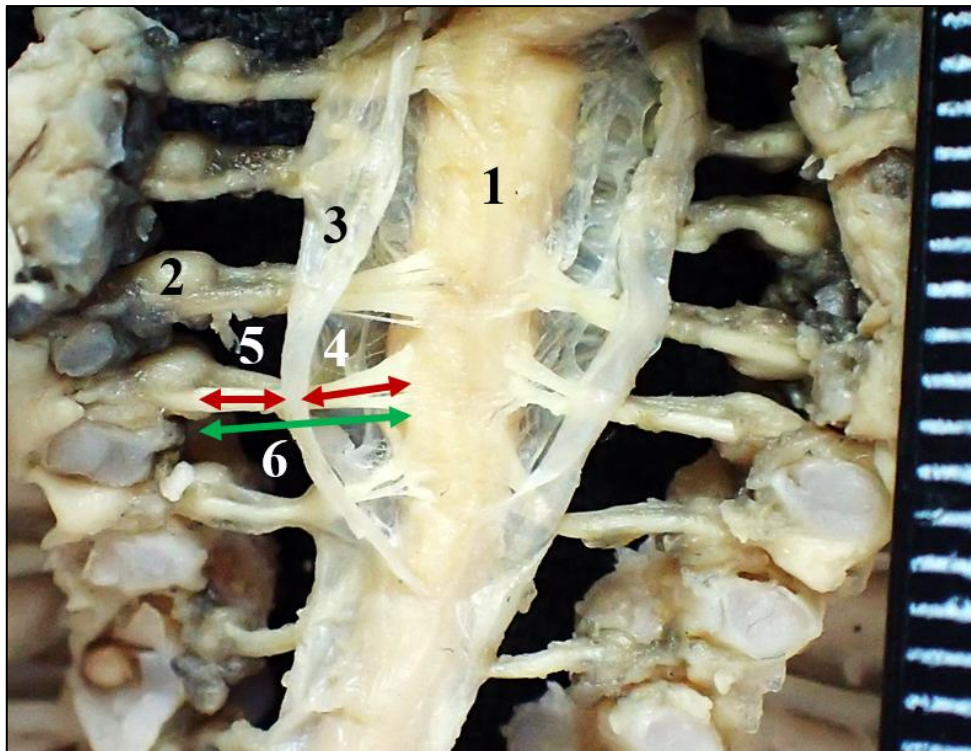


Рис. 14а Схема измерения спинномозговых корешков у плода.
Вид спереди.

Фото макропрепарата, протокол №101, 20 недель, мужской пол,
увеличение в 9,5 раз.

*1 – шейная часть спинного мозга, 2 – спинномозговой ганглий С₈,
3 – твердая мозговая оболочка, 4 – часть спинномозгового корешка от
спинного мозга до твердой мозговой оболочки, 5 – часть
спинномозгового корешка от оболочки до ганглия,
6 – спинномозговой корешок от спинного мозга до ганглия.*

Для корректного изучения передних и задних корешков спинномозговых нервов были использованы два вида доступов: дорсальный и вентральный (подробнее в главе II). В ходе исследования было выявлено, что передний и задний корешки спинномозговых нервов идут параллельно друг другу (Рис. 146). В связи с малыми размерами и анатомической близостью друг к другу передних и задних корешков на данном сроке развития, все измерения на уровне каждого сегмента были проведены, условно понимая передний и задний корешки одного уровня как совокупный корешок.

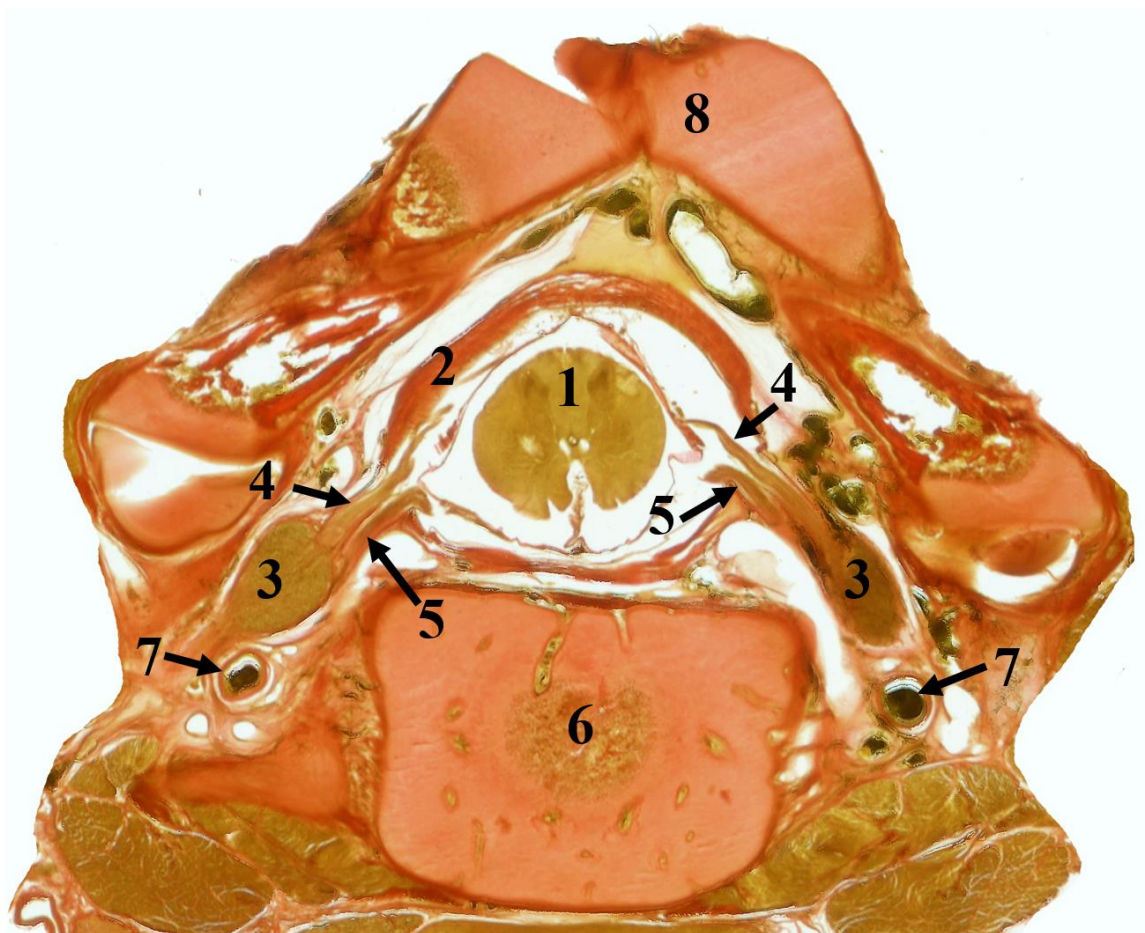


Рис. 146 Спинномозговые корешки плода.

Скан гистотопограммы – срез в горизонтальной плоскости на уровне C_{III} , окрашенный по Ван Гизону, протокол № 185, 22 недели, женский пол, увеличение в 10 раз.

1 – спинной мозг, 2 – твердая мозговая оболочка,
3 – спинномозговой ганглий, 4 – задний корешок спинномозгового нерва,
5 – передний корешок спинномозгового нерва,
6 – тело позвонка C_{III} , 7 – позвоночная артерия, 8 – дуга позвонка C_{III} .

Шейные корешки в твердой мозговой оболочке во всех изученных возрастных группах плодов имели горизонтальный ход. Это связано с топографией шейных сегментов, которые располагаются на уровне соответствующих позвонков (более подробно описано в главе IV). Данные по морфометрии участка шейных корешков от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия на сроке 16-22 недели внутриутробного развития представлены в таблицах 17-18.

Как видно из таблиц, в шейных сегментах средняя длина части корешка от твердой оболочки до спинномозгового ганглия увеличивается равномерно в краниокаудальном направлении от C_1 к C_8 на всем протяжении изученного периода, статистически значимой разницы между показателями справа и слева не было выявлено. Наименьшую длину в твердой оболочке имел участок корешка C_1 : в начале изученного периода его средняя длина составила слева $0,60 \pm 0,09$ мм (при диапазоне значений от 0,31 мм до 1,30 мм), справа - $0,64 \pm 0,07$ мм (0,41 мм минимально и 1,25 мм максимально). К концу изученного периода длина участка корешка C_1 слева составила $1,20 \pm 0,10$ мм (0,87 мм минимально и 1,94 мм максимально), справа – также $1,20 \pm 0,10$ мм (при диапазоне значений от 0,84 мм до 1,93 мм). Самую большую длину имел участок корешка C_8 , среднее значение которого в 16-22 недели развития было равно слева $1,32 \pm 0,10$ мм (1,14 мм минимально, 2,16 мм максимально), справа - $1,24 \pm 0,04$ мм (1,15 мм минимально и 1,35 мм максимально), а к 22 неделе развития составило уже слева - $1,84 \pm 0,08$ мм (при диапазоне значений от 1,37 мм до 2,15 мм), справа - $1,78 \pm 0,10$ мм (размах значений 1,16-2,21 мм). Помимо изменения абсолютных значений длины участка шейного спинномозгового корешка от твердой мозговой оболочки до чувствительного ганглия следует обратить внимание на динамику интенсивности роста этого параметра (диаграмма 13).

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка
от твердой оболочки до чувствительного ганглия слева
в 16-22 недели внутриутробного развития (шейные сегменты)**

Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
C ₁	X±Sx	0,60±0,09	0,65±0,05	0,93±0,08	1,20±0,10	100%
	Min	0,31	0,50	0,64	0,87	
	max	1,30	0,90	1,31	1,94	
C ₂	X±Sx	0,80±0,08	0,88±0,08	0,97±0,07	1,20±0,09	50%
	Min	0,53	0,54	0,63	0,93	
	max	1,35	1,27	1,35	1,87	
C ₃	X±Sx	0,81±0,07	0,89±0,09	1,02±0,05	1,23±0,06	52%
	Min	0,58	0,47	0,74	0,98	
	max	1,28	1,21	1,22	1,64	
C ₄	X±Sx	0,92±0,08	1,04±0,08	1,11±0,06	1,30±0,05	41%
	Min	0,65	0,63	0,73	1,11	
	max	1,51	1,42	1,35	1,63	
C ₅	X±Sx	1,03±0,06	1,06±0,13	1,17±0,08	1,33±0,03	29%
	Min	0,83	0,78	0,73	1,12	
	max	1,43	2,11	1,53	1,45	
C ₆	X±Sx	1,15±0,08	1,35±0,09	1,38±0,12	1,44±0,06	25%
	Min	0,91	0,97	0,83	1,11	
	max	1,81	1,80	1,98	1,78	
C ₇	X±Sx	1,27±0,11	1,33±0,07	1,56±0,08	1,61±0,08	27%
	Min	0,98	0,97	1,08	1,17	
	max	2,16	1,70	2,10	1,98	
C ₈	X±Sx	1,32±0,10	1,38±0,06	1,72±0,09	1,84±0,08	39%
	Min	1,14	1,12	1,08	1,37	
	max	2,16	1,70	2,04	2,15	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка
от твердой оболочки до чувствительного ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (шейные сегменты)**

Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
C ₁	X±Sx	0,64±0,07	0,711±0,05	0,91±0,08	1,20±0,10	88%
	Min	0,41	0,51	0,63	0,84	
	max	1,25	0,90	1,30	1,83	
C ₂	X±Sx	0,89±0,07	1,03±0,08	1,04±0,05	1,17±0,10	31%
	Min	0,53	0,68	0,81	0,82	
	max	1,21	1,38	1,32	1,91	
C ₃	X±Sx	0,82±0,05	0,89±0,06	1,04±0,06	1,19±0,08	45%
	Min	0,44	0,67	0,71	0,81	
	max	1,11	1,28	1,30	1,73	
C ₄	X±Sx	0,92±0,04	0,86±0,03	1,19±0,06	1,27±0,09	38%
	Min	0,63	0,71	0,84	0,74	
	max	1,15	1,00	1,47	1,84	
C ₅	X±Sx	1,03±0,05	1,04±0,11	1,23±0,09	1,34±0,07	30%
	Min	0,65	0,62	0,75	0,83	
	max	1,17	1,70	1,80	1,60	
C ₆	X±Sx	1,12±0,04	1,13±0,10	1,38±0,11	1,39±0,08	24%
	Min	0,84	0,77	0,84	0,89	
	max	1,24	1,60	1,79	1,63	
C ₇	X±Sx	1,18±0,04	1,21±0,06	1,52±0,09	1,55±0,06	31%
	Min	0,91	1,01	1,13	1,17	
	max	1,34	1,60	2,12	1,74	
C ₈	X±Sx	1,24±0,04	1,37±0,09	1,77±0,12	1,78±0,10	44%
	Min	1,15	1,11	1,15	1,16	
	max	1,35	1,90	2,21	2,21	

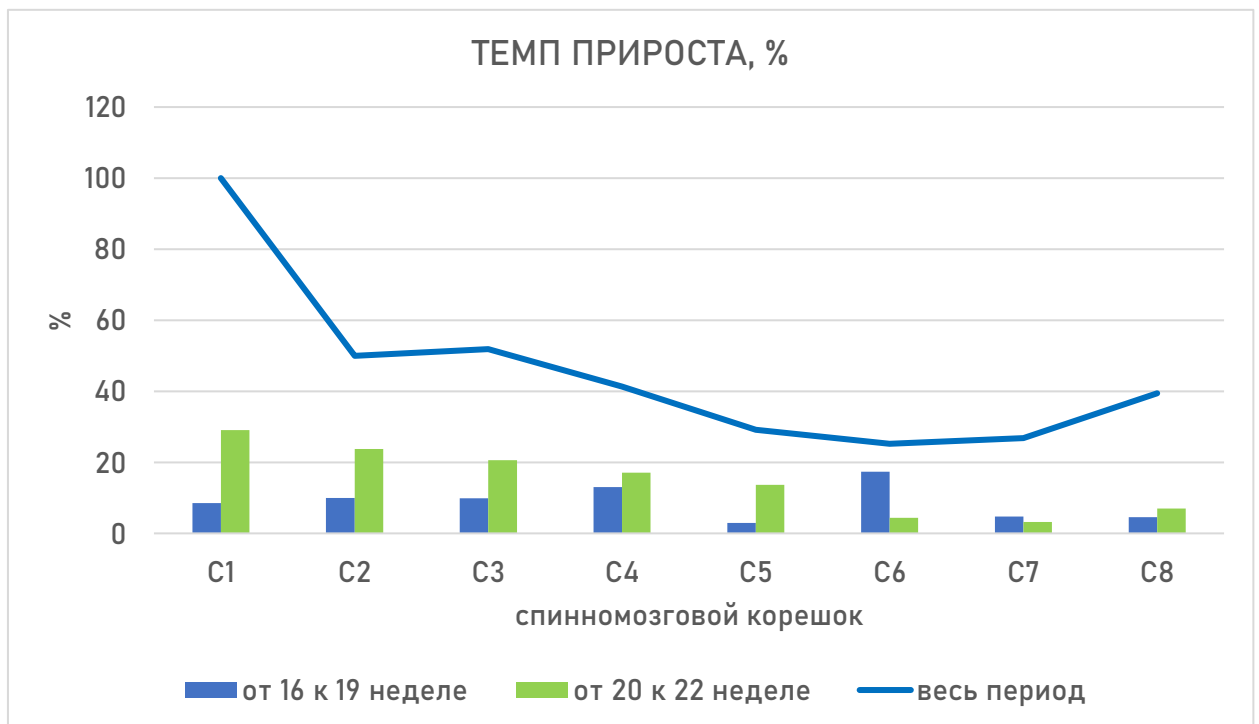
Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Несмотря на то, что длина изучаемого участка спинномозговых корешков, покрытых твердой мозговой оболочкой, увеличивается в краниокаудальном направлении, темп прироста длины этих корешков имеет обратную тенденцию. Максимальный прирост в изученном периоде имеет корешок C₁ и составляет 100% слева и 88% справа, т.е. длина первого шейного корешка в твердой мозговой оболочке от 16 недели к 22 неделе увеличивается

в 1,9-2 раза. Интенсивность роста последующих шейных корешков в твердой мозговой оболочке уменьшается от C_1 к C_6 , а затем снова увеличивается к C_8 . Обращает внимание, что увеличение длины корешков C_1 - C_5 происходит в большей степени в конце изученного периода (от 20 к 22 неделе развития), в то время как корешок C_6 увеличивается в большей степени в начале изученного периода (от 16 к 19 неделе развития), а корешки C_7 - C_8 увеличиваются практически равномерно на протяжении всего периода.

Диаграмма 13

Интенсивность роста длины участка шейного корешка от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития



Следующим этапом исследования стало изучение шейных корешков на всем протяжении от спинного мозга до спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития. После рассечения твердой мозговой оболочки отчетливо визуализируются начальные отделы корешков

спинномозговых нервов в виде корешковых нитей, отходящих от спинного мозга (Рис. 14). В связи с особенностями скелетотопии сегментов спинного мозга на сроке 16-22 недели гестации, начальные отделы корешков шейных спинномозговых нервов имеют горизонтальный ход, как и продолжающаяся часть корешка, покрытая твердой мозговой оболочкой. Данные истинной длины корешков шейных спинномозговых нервов на всем протяжении от спинного мозга до спинномозгового ганглия представлены в таблицах 19-20.

Как видно из таблиц, средние значения длины шейных корешков от спинного мозга до ганглия после удаления твердой мозговой оболочки сохраняют тенденцию увеличения в краниокаудальном направлении от С₁ к С₈ во всех изученных возрастных группах плодов. Истинная длина С₁ корешка от спинного мозга до спинномозгового ганглия в 16-17 недели гестации составляет слева $1,15 \pm 0,09$ мм (при диапазоне значений от 0,85 мм до 1,62 мм), справа – $1,20 \pm 0,10$ мм (0,85 мм минимально, 1,73 мм максимально). К 22 неделе этот показатель увеличился слева до $2,07 \pm 0,08$ мм (при диапазоне значений от 1,67 мм до 2,45 мм), справа – до $2,03 \pm 0,07$ мм (1,71 мм минимально, 2,47 мм максимально). Длина корешка С₈ в начале изученного периода составляет слева $3,05 \pm 0,08$ мм (минимальное значение - 2,71 мм, максимальное - 3,48 мм) и справа - $3,15 \pm 0,11$ мм (при диапазоне значений от 2,71 мм до 3,67 мм) соответственно. К концу изученного периода этот показатель был равен слева - $4,24 \pm 0,11$ мм (минимально - 3,87 мм, максимально - 4,78 мм), справа - $4,40 \pm 0,15$ мм (при диапазоне значений от 3,87 мм до 5,12 мм).

Вместе с тем, следует отметить, что изменение темпа прироста истинной длины корешка от спинного мозга до чувствительного ганглия имеет иные тенденции по сравнению с длиной участка корешка в твердой мозговой оболочке (диаграмма 14).

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия слева
в 16-22 недели внутриутробного развития (шейные сегменты)**

Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
C ₁	$X \pm Sx$	1,15±0,09	1,25±0,05	1,98±0,30	2,07±0,08	80%
	Min	0,85	1,10	1,18	1,67	
	max	1,62	1,68	4,39	2,45	
C ₂	$X \pm Sx$	1,26±0,08	1,38±0,04	2,09±0,20	2,18±0,08	73%
	Min	0,93	1,17	1,24	1,74	
	max	1,71	1,51	3,38	2,47	
C ₃	$X \pm Sx$	1,42±0,07	1,99±0,04	2,12±0,24	2,43±0,09	71%
	Min	1,18	1,81	1,31	1,98	
	max	1,87	2,20	3,70	3,06	
C ₄	$X \pm Sx$	1,69±0,08	2,44±0,08	2,38±0,25	2,57±0,09	52%
	Min	1,39	2,10	1,44	2,11	
	max	2,21	2,80	3,93	3,14	
C ₅	$X \pm Sx$	2,01±0,11	2,66±0,07	2,87±0,32	2,98±0,11	48%
	Min	1,62	2,30	1,60	2,45	
	max	2,54	3,10	4,80	3,58	
C ₆	$X \pm Sx$	2,30±0,13	3,32±0,09	3,45±0,30	3,73±0,16	62%
	Min	1,84	2,98	2,33	2,87	
	max	3,08	3,90	5,32	4,38	
C ₇	$X \pm Sx$	2,76±0,11	3,65±0,16	3,61±0,28	4,15±0,17	50%
	Min	2,37	3,20	2,53	3,10	
	max	3,37	4,90	5,20	5,11	
C ₈	$X \pm Sx$	3,05±0,08	3,75±0,18	3,87±0,22	4,24±0,11	39%
	Min	2,71	3,20	3,11	3,87	
	max	3,48	5,20	5,24	4,78	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (шейные сегменты)**

Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
C ₁	$X \pm Sx$	1,2±0,10	1,27±0,05	1,93±0,16	2,03±0,07	69%
	Min	0,85	1,10	1,32	1,71	
	max	1,73	1,58	2,60	2,47	
C ₂	$X \pm Sx$	1,3±0,09	1,47±0,03	2,05±0,19	2,17±0,07	67%
	Min	0,91	1,23	1,34	1,83	
	max	1,82	1,60	3,41	2,52	
C ₃	$X \pm Sx$	1,44±0,08	2,02±0,06	2,26±0,21	2,42±0,09	68%
	Min	1,21	1,80	1,37	2,14	
	max	1,97	2,40	3,11	3,10	
C ₄	$X \pm Sx$	1,71±0,09	2,34±0,09	2,51±0,23	2,56±0,12	50%
	Min	1,45	1,80	1,52	1,93	
	max	2,21	2,70	3,72	3,18	
C ₅	$X \pm Sx$	2,03±0,12	2,98±0,11	3,04±0,25	3,08±0,12	52%
	Min	1,53	2,65	1,98	2,61	
	max	2,64	3,80	4,10	3,94	
C ₆	$X \pm Sx$	2,29±0,12	3,57±0,10	3,70±0,26	3,86±0,18	69%
	Min	1,87	3,10	2,54	2,87	
	max	3,04	4,20	5,21	4,55	
C ₇	$X \pm Sx$	2,81±0,12	3,27±0,20	3,95±0,19	4,21±0,14	50%
	Min	2,35	2,60	3,11	3,58	
	max	3,41	4,90	5,02	5,12	
C ₈	$X \pm Sx$	3,15±0,11	4,0±0,12	4,39±0,23	4,40±0,15	40%
	Min	2,71	3,30	3,30	3,87	
	max	3,67	4,80	5,21	5,12	

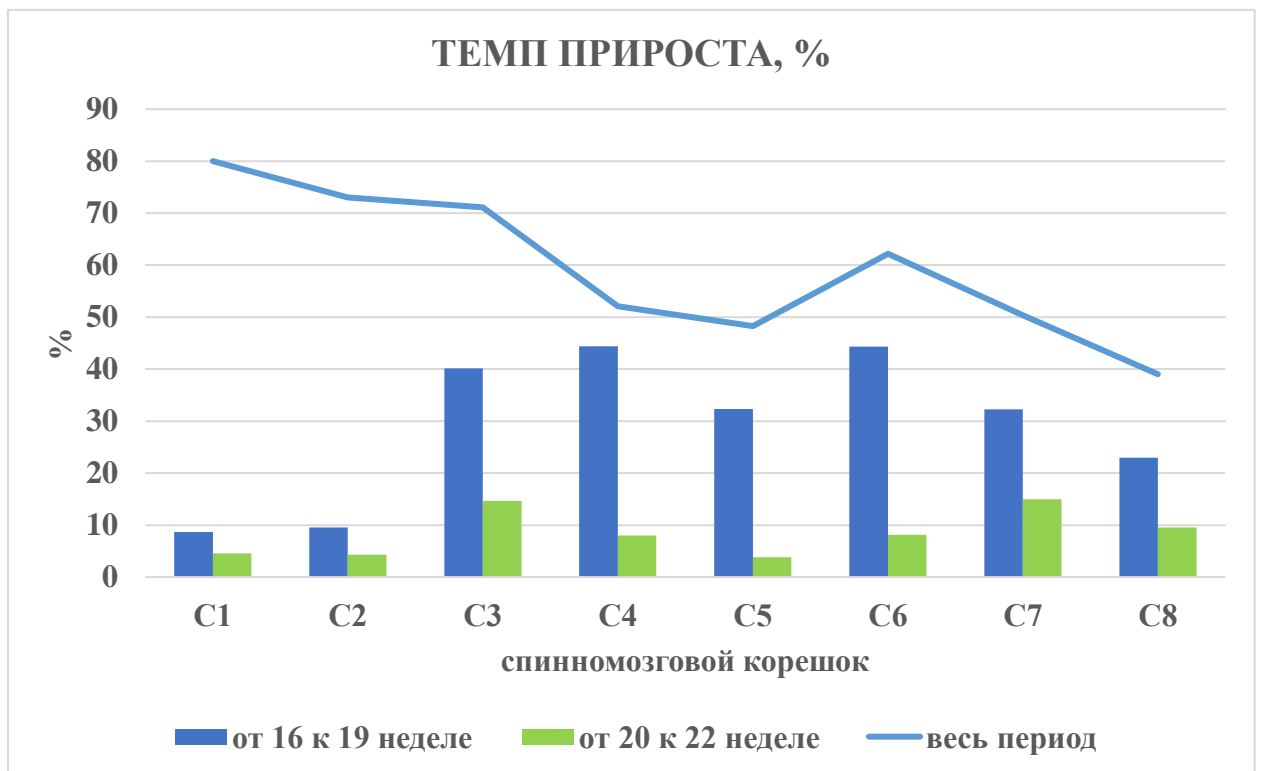
Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Темп прироста длины корешков уменьшается от C_1 к C_5 , длина корешка C_6 увеличивается интенсивнее, после чего показатели темпа прироста длины корешка снова уменьшаются от C_6 к C_8 . Следует отметить, что истинная длина корешка увеличивается за счет роста в начале изученного периода (от 16 к 19 неделе).

Грудные корешки спинномозговых нервов до удаления твердой мозговой оболочки имеют косо-нисходящий ход, отходят от твердой мозговой оболочки под небольшим углом (Рис. 15). Морфометрические данные участка грудных корешков от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия представлены в таблицах 21-22.

Диаграмма 14

Интенсивность роста длины шейного корешка от спинного мозга до чувствительного спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития



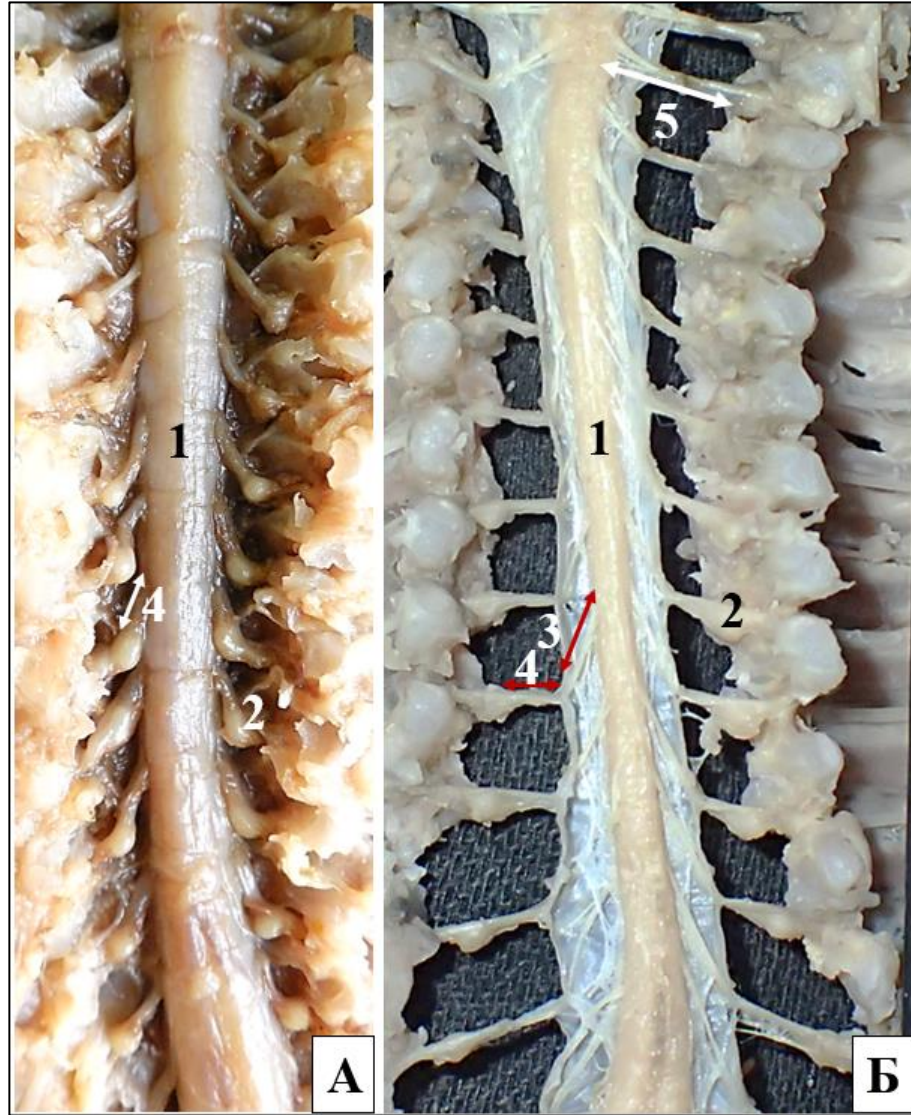


Рис. 15 Корешки грудных спинномозговых нервов в 16-22 недели онтогенеза.

А – в твердой мозговой оболочке (вид сзади).

Б – после удаления твердой мозговой оболочки (вид спереди).

Фото макропрепарата, протокол №127, 21 неделя, мужской пол, увеличение в 5 раз.

1 – грудная часть спинного мозга, 2 – спинномозговой ганглий, 3 – часть спинномозгового корешка от спинного мозга до твердой мозговой оболочки, 4 – часть спинномозгового корешка от оболочки до ганглия, 5 – спинномозговой корешок от спинного мозга до ганглия.

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка
от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия слева
в 16-22 недели внутриутробного развития (грудные сегменты)**

Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Th ₁	$X \pm Sx$	1,28±0,04	1,32±0,07	1,82±0,17	1,93±0,12	51%
	min	1,15	1,10	1,2	1,27	
	max	1,61	1,90	2,98	2,28	
Th ₂	$X \pm Sx$	1,32±0,03	1,76±0,04	1,9±0,17	2,06±0,12	56%
	min	1,18	1,59	1,31	1,27	
	max	1,48	2,00	2,81	2,41	
Th ₃	$X \pm Sx$	1,37±0,03	1,82±0,09	2,00±0,15	2,17±0,10	58%
	min	1,27	1,41	1,48	1,51	
	max	1,52	2,11	2,68	2,48	
Th ₄	$X \pm Sx$	1,54±0,06	1,8±0,09	2,09±0,19	2,29±0,11	49%
	min	1,41	1,43	1,27	1,54	
	max	2,04	2,30	3,17	2,87	
Th ₅	$X \pm Sx$	1,68±0,06	2,06±0,12	2,21±0,19	2,40±0,09	43%
	min	1,51	1,63	1,43	2,08	
	max	2,13	2,60	3,46	3,16	
Th ₆	$X \pm Sx$	1,77±0,07	2,04±0,10	2,14±0,14	2,34±0,14	32%
	min	1,63	1,65	1,49	1,43	
	max	2,34	2,74	2,9	3,25	
Th ₇	$X \pm Sx$	1,81±0,05	1,82±0,18	2,14±0,16	2,42±0,13	34%
	min	1,68	1,25	1,21	1,95	
	max	2,21	3,29	3,18	3,22	
Th ₈	$X \pm Sx$	1,94±0,1	2,05±0,13	2,1±0,13	2,49±0,14	28%
	min	1,75	1,36	1,4	2,11	
	max	2,83	2,68	3,01	3,22	
Th ₉	$X \pm Sx$	1,8±0,07	1,9±0,05	2,17±0,22	2,49±0,12	38%
	min	1,73	1,60	1,47	2,15	
	max	2,45	2,10	3,81	3,21	
Th ₁₀	$X \pm Sx$	1,85±0,06	1,87±0,14	2,31±0,21	2,64±0,14	43%
	min	1,68	1,03	1,37	2,07	
	max	2,33	2,34	3,43	3,33	
Th ₁₁	$X \pm Sx$	1,93±0,06	2,20±0,14	2,24±0,11	2,73±0,15	41%
	min	1,73	1,63	1,74	2,12	
	max	2,39	2,94	2,75	3,45	
Th ₁₂	$X \pm Sx$	2,01±0,05	2,13±0,19	2,42±0,15	2,72±0,14	35%
	min	1,84	1,56	1,84	2,11	
	max	2,38	3,21	3,12	3,48	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка
от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (грудные сегменты)**

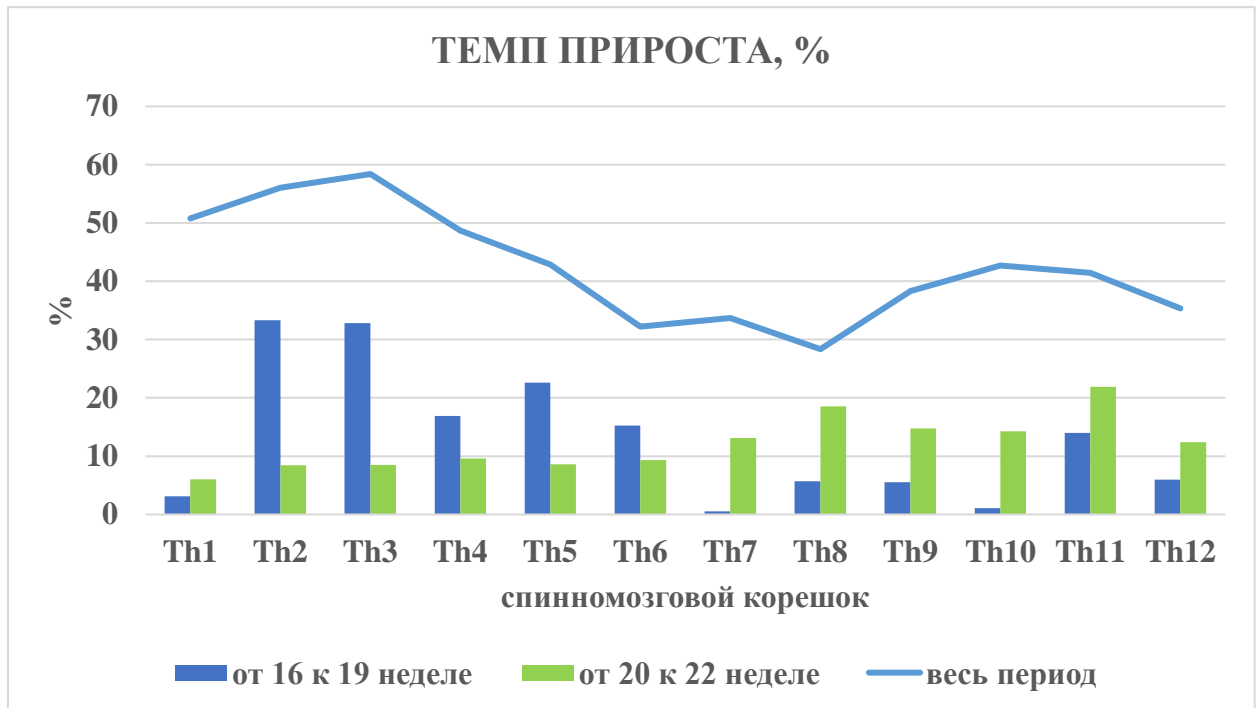
Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Th ₁	$X \pm Sx$	1,29±0,02	1,38±0,09	1,88±0,16	1,93±0,12	50%
	min	1,21	1,11	1,19	1,15	
	max	1,38	1,92	2,49	2,32	
Th ₂	$X \pm Sx$	1,40±0,06	1,56±0,07	1,99±0,12	2,04±0,12	46%
	min	1,24	1,15	1,43	1,24	
	max	1,85	1,81	2,52	2,41	
Th ₃	$X \pm Sx$	1,40±0,03	1,61±0,07	2,07±0,17	2,19±0,13	56%
	min	1,30	1,38	1,34	1,15	
	max	1,58	1,95	2,97	2,55	
Th ₄	$X \pm Sx$	1,51±0,03	1,68±0,10	2,14±0,18	2,35±0,15	56%
	min	1,39	1,25	1,27	1,29	
	max	1,68	2,20	3,03	3	
Th ₅	$X \pm Sx$	1,64±0,08	1,75±0,06	2,21±0,11	2,26±0,14	38%
	min	1,41	1,50	1,65	1,1	
	max	2,34	2,10	2,7	2,55	
Th ₆	$X \pm Sx$	1,77±0,06	1,89±0,09	2,26±0,15	2,35±0,08	33%
	min	1,61	1,50	1,44	1,8	
	max	2,26	2,34	3,01	2,63	
Th ₇	$X \pm Sx$	1,87±0,08	2,0±0,08	2,28±0,17	2,37±0,09	27%
	min	1,68	1,67	1,4	1,78	
	max	2,58	2,34	3,37	2,78	
Th ₈	$X \pm Sx$	1,91±0,06	1,96±0,14	2,17±0,12	2,51±0,07	31%
	min	1,73	1,56	1,43	2,21	
	max	2,35	3,12	2,93	2,87	
Th ₉	$X \pm Sx$	2,03±0,12	2,11±0,12	2,14±0,10	2,57±0,11	27%
	min	1,74	1,70	1,6	2,21	
	max	3,03	2,73	2,71	3,22	
Th ₁₀	$X \pm Sx$	2,06±0,08	2,23±0,10	2,32±0,12	2,63±0,16	28%
	min	1,83	1,88	1,58	1,71	
	max	2,67	2,87	2,73	3,28	
Th ₁₁	$X \pm Sx$	1,95±0,06	1,96±1,96	2,24±0,09	2,69±0,16	38%
	min	1,73	1,60	1,75	2,01	
	max	2,41	2,81	2,63	3,14	
Th ₁₂	$X \pm Sx$	1,96±0,05	2,1±0,17	2,22±0,08	2,70±0,16	38%
	min	1,78	1,45	1,89	1,75	
	max	2,32	3,20	2,71	3,48	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Анализ полученных данных показал, что в грудной части спинного мозга длина участка спинномозгового корешка от оболочки до ганглия равномерно увеличивается от Th₁ к Th₁₂ во всем изучаемом периоде. Самым коротким грудным корешком в твердой мозговой оболочке является корешок Th₁. Его средняя длина составляет в начале изученного периода слева $1,28 \pm 0,04$ мм (при диапазоне значений от 1,15 мм до 1,61 мм), справа - $1,29 \pm 0,02$ мм (1,21 мм минимально, 1,38 мм максимально). К концу изученного периода этот показатель равен слева $1,93 \pm 0,12$ мм (при минимальном значении 1,27 мм, максимальном - 2,28 мм), справа - $1,93 \pm 0,12$ мм (при диапазоне значений от 1,15 мм до 2,32 мм). Самым длинным грудным корешком в твердой мозговой оболочке является корешок Th₁₂. В 16-17 недели развития его длина составила слева $2,01 \pm 0,05$ мм (1,84 мм минимально, 2,38 мм максимально), справа - $1,96 \pm 0,05$ мм (1,78 мм минимально, 2,32 мм максимально). К 22 неделе гестации этот показатель достиг следующих значений: слева - $2,72 \pm 0,14$ мм (с диапазоном значений от 2,11 мм до 3,48 мм), справа - $2,70 \pm 0,16$ мм (от 1,75 мм до 3,48 мм). Динамика изменения интенсивности роста каждого грудного корешка в твердой мозговой оболочке во всех возрастных группах наглядно представлена в диаграмме 15.

Изменение длины грудных спинномозговых корешков от твердой мозговой оболочки до чувствительного ганглия в 16-22 недели гестации происходит гетерохронно. Увеличение длины корешков Th₂-Th₆ происходит преимущественно в начале изученного периода (от 16 к 19 неделе развития), корешки Th₁, Th₇-Th₁₂ увеличиваются преимущественно во второй половине изучаемого периода (от 20 к 22 неделе гестации). За весь рассматриваемый период наиболее активно с обеих сторон растут корешки Th₁- Th₄, что видно из таблиц 21-22 и диаграммы 15.

**Интенсивность роста длины участка грудного корешка
от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия
в 16-22 недели внутриутробного развития**



После удаления твердой мозговой оболочки отчетливо визуализируется место выхода каждого корешка из спинного мозга плода. Его локализация гораздо выше, чем место выхода корешка из твердой мозговой оболочки (Рис. 15). В связи с этим, часть корешка, находящаяся в субдуральном пространстве, имеет большую длину по сравнению с вышеописанной оставшейся частью корешка от твердой мозговой оболочки до чувствительного ганглия. Морфометрические данные истинной длины грудных корешков от спинного мозга до чувствительного ганглия представлены в таблицах 23-24.

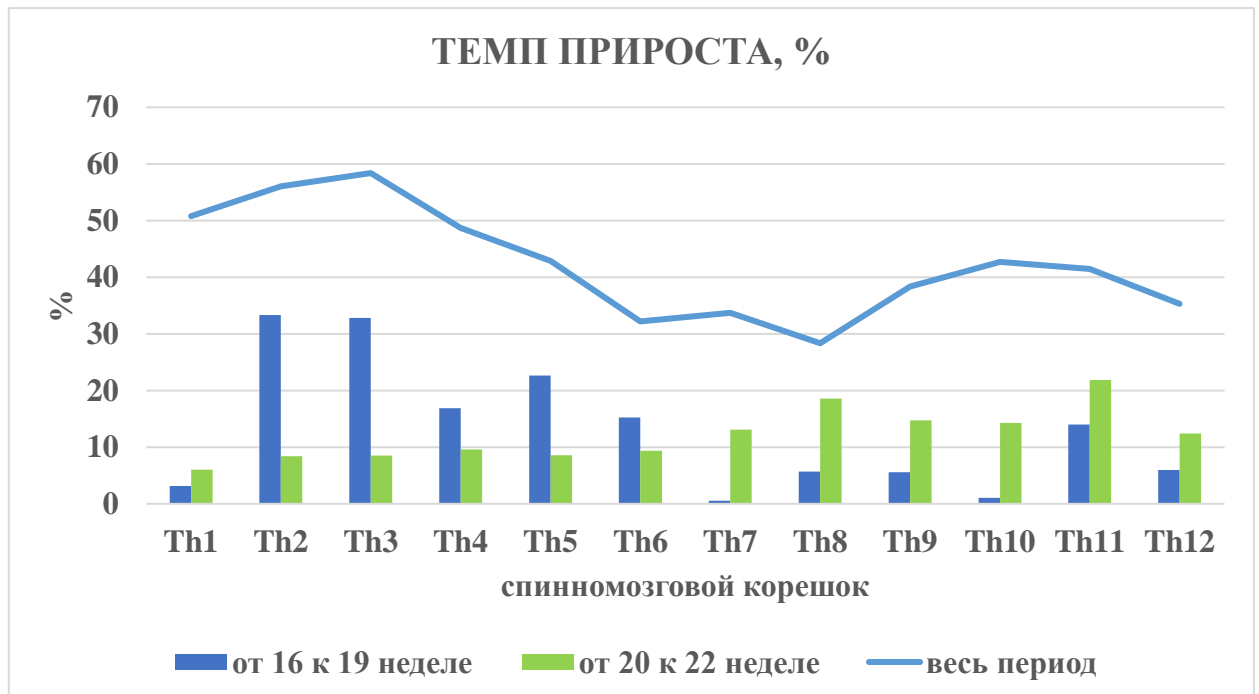
Длина грудных спинномозговых корешков от спинного мозга до ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития сохраняют тенденцию равномерного увеличения в краниокаудальном направлении от Th₁ к Th₁₂, что объясняется особенностями скелетотопии сегментов спинного мозга в данном возрастном периоде. Длина первого грудного корешка в начале изученного периода составила слева $3,17 \pm 0,08$ мм (при диапазоне значений от 2,84 мм до

3,54 мм), справа - $3,24 \pm 0,09$ мм (от 2,87 мм до 3,82мм). К концу изученного периода его длина была равна слева $4,55 \pm 0,20$ мм (с минимальным значением 3,31мм, максимальным - 5,23 мм). Самую большую длину имел корешок Th₁₂. В 16-19 недель развития его длина составила $5,36 \pm 0,10$ мм (от 4,98 мм до 5,86 мм). К 22 неделе гестации этот параметр был равен слева $7,74 \pm 0,37$ мм (минимальное значение - 6,83мм, максимальное - 10,79 мм), справа $7,91 \pm 0,39$ мм (при диапазоне от 6,81 мм до 11,11 мм).

Что касается изменения темпа прироста грудных спинномозговых корешков, то динамика их роста повторяет тенденции, характерные для участков грудных корешков от твердой мозговой оболочки до ганглия, описанных выше (диаграмма 16).

Диаграмма 16

Интенсивность роста длины грудного корешка от спинного мозга до спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития



**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия слева
в 16-22 недели внутриутробного развития (грудные сегменты)**

Уровень корешка	Пок-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Th ₁	$X \pm Sx$	3,17±0,08	3,53±0,05	4,19±0,26	4,55±0,20	44%
	min	2,84	3,27	3,20	3,31	
	max	3,54	3,76	5,27	5,23	
Th ₂	$X \pm Sx$	3,25±0,07	3,71±0,15	4,42±0,28	4,82±0,28	48%
	min	2,87	2,90	3,63	3,37	
	max	3,62	4,70	6,69	5,84	
Th ₃	$X \pm Sx$	3,44±0,08	4,07±0,10	4,24±0,30	5,01±0,22	46%
	min	2,97	3,67	2,20	3,85	
	max	3,79	4,70	5,48	5,87	
Th ₄	$X \pm Sx$	3,9±0,08	4,09±0,06	4,63±0,33	5,00±0,20	28%
	min	3,34	3,87	2,60	4,28	
	max	4,21	4,40	6,36	5,83	
Th ₅	$X \pm Sx$	4,06±0,08	4,44±0,15	5,01±0,32	5,20±0,20	28%
	min	3,49	3,70	2,80	4,30	
	max	4,31	5,60	6,37	5,94	
Th ₆	$X \pm Sx$	4,34±0,08	5,10±0,18	5,21±0,24	5,36±0,14	24%
	min	3,87	4,20	3,87	4,71	
	max	4,67	6,30	6,36	6,10	
Th ₇	$X \pm Sx$	4,40±0,08	4,86±0,17	5,36±0,23	5,63±0,14	28%
	min	3,95	3,87	3,89	4,98	
	max	4,71	5,45	6,63	6,18	
Th ₈	$X \pm Sx$	4,60±0,07	5,22±0,16	5,24±0,22	5,97±0,11	30%
	min	4,17	4,10	3,70	5,35	
	max	4,89	5,87	6,16	6,34	
Th ₉	$X \pm Sx$	4,61±0,07	4,67±0,10	5,36±0,21	6,52±0,09	41%
	min	4,20	4,10	3,70	6,28	
	max	4,91	5,12	6,17	7,12	
Th ₁₀	$X \pm Sx$	4,60±0,07	4,61±0,09	5,71±0,23	6,85±0,18	49%
	min	4,23	4,20	3,98	6,32	
	max	4,88	5,10	6,66	8,16	
Th ₁₁	$X \pm Sx$	4,98±0,07	5,41±0,13	5,81±0,25	7,04±0,19	41%
	min	4,65	4,50	3,70	6,18	
	max	5,34	5,98	6,52	8,35	
Th ₁₂	$X \pm Sx$	5,36±0,10	6,12±0,23	6,58±0,42	7,74±0,37	44%
	min	4,98	5,10	4,40	6,83	
	max	5,86	7,70	9,13	10,79	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (грудные сегменты)**

Уровень корешка	Пок-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Th ₁	$X \pm Sx$	3,24±0,09	3,55±0,08	4,44±0,26	4,65±0,20	44%
	min	2,87	3,10	3,10	3,48	
	max	3,72	3,90	5,79	5,45	
Th ₂	$X \pm Sx$	3,31±0,09	3,57±0,08	4,30±0,17	4,78±0,27	44%
	min	2,92	3,10	3,10	3,34	
	max	3,78	4,00	4,95	5,87	
Th ₃	$X \pm Sx$	3,50±0,08	4,00±0,14	4,53±0,27	4,87±0,22	39%
	min	3,07	3,40	2,60	3,91	
	max	3,84	5,00	5,81	5,91	
Th ₄	$X \pm Sx$	3,90±0,07	4,41±0,11	4,84±0,26	4,95±0,19	27%
	min	3,41	3,80	3,40	3,85	
	max	4,17	4,90	6,33	6,10	
Th ₅	$X \pm Sx$	4,09±0,08	4,22±0,13	5,08±0,26	5,17±0,18	26%
	min	3,61	3,60	3,60	4,10	
	max	4,37	5,00	6,70	5,83	
Th ₆	$X \pm Sx$	4,31±0,10	4,51±0,07	5,15±0,29	5,31±0,16	23%
	min	3,74	4,21	3,51	4,38	
	max	4,71	5,00	6,45	6,08	
Th ₇	$X \pm Sx$	4,38±0,10	4,61±0,13	5,06±0,26	5,69±0,12	30%
	min	3,81	3,65	3,68	4,87	
	max	4,73	5,15	6,23	6,17	
Th ₈	$X \pm Sx$	4,58±0,09	5,05±0,05	5,10±0,22	6,07±0,25	33%
	min	3,98	4,80	3,81	5,12	
	max	4,91	5,23	5,96	8,03	
Th ₉	$X \pm Sx$	4,79±0,08	5,60±0,08	5,56±0,19	6,43±0,13	34%
	min	4,24	5,10	4,12	5,84	
	max	5,15	5,98	6,23	7,27	
Th ₁₀	$X \pm Sx$	4,85±0,08	5,66±0,10	5,67±0,17	6,5±0,10	34%
	min	4,32	4,90	4,70	6,15	
	max	5,21	6,15	6,35	7,12	
Th ₁₁	$X \pm Sx$	5,19±0,07	5,69±0,14	5,77±0,21	7,04±0,19	36%
	min	4,81	5,10	4,61	6,21	
	max	5,48	6,50	6,48	9,11	
Th ₁₂	$X \pm Sx$	5,60±0,08	5,76±0,18	6,45±0,22	7,91±0,39	41%
	min	5,23	4,90	5,00	6,81	
	max	5,94	6,90	7,55	11,11	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Особый интерес с точки зрения клинической анатомии представляют **поясничные спинномозговые корешки в плодном периоде развития**. После удаления позвонков поясничные корешки спинномозговых нервов визуализируются как веерообразно расположенные структуры, покрытые твердой мозговой оболочкой и отходящие от нее под острым углом (Рис. 16).

Результаты морфометрии части корешка, покрытой тканью твердой мозговой оболочки на протяжении от самого мешка твердой оболочки до чувствительного ганглия, представлены в таблицах 25-26.

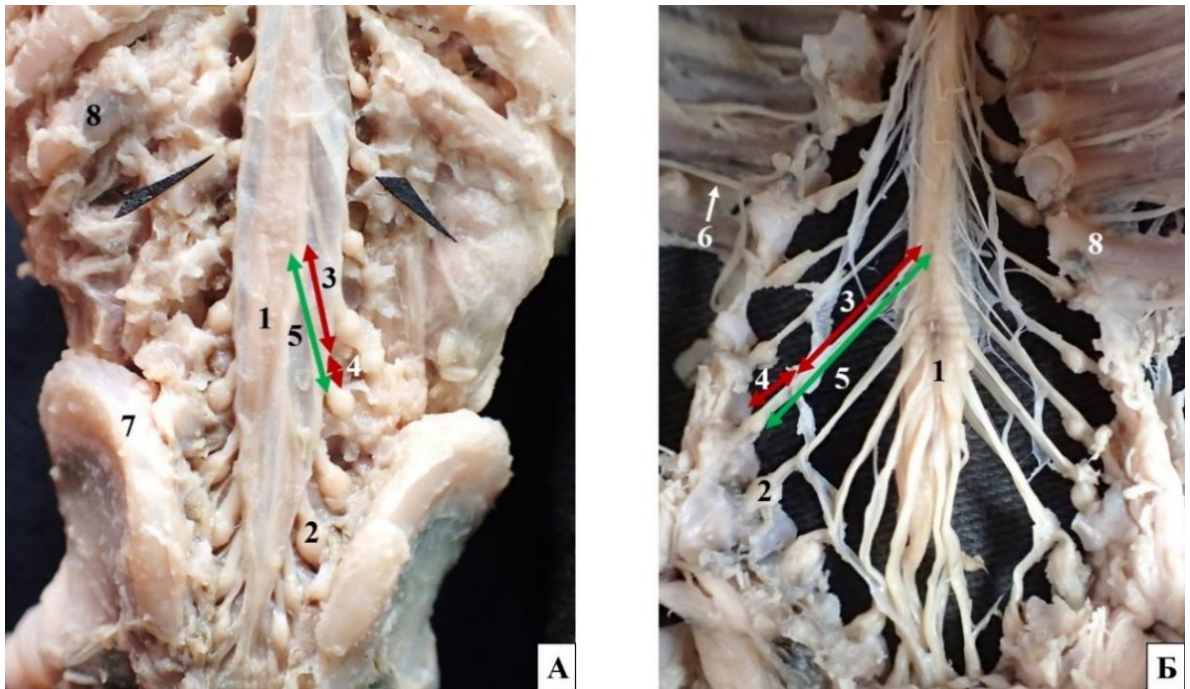


Рис.16 Корешки поясничных и крестцовых спинномозговых нервов плода. А – в твердой мозговой оболочке (вид сзади). Б – после удаления твердой мозговой оболочки (вид спереди).

Фото макропрепарата, протокол №130, 21 неделя, мужской пол, увеличение в 4 раза.

1 – поясничная часть спинного мозга, 2 – спинномозговой ганглий, 3 – часть спинномозгового корешка от спинного мозга до твердой мозговой оболочки, 4 – часть спинномозгового корешка от оболочки до чувствительного ганглия, 5 – спинномозговой корешок от спинного мозга до чувствительного ганглия, 6 – 11 межреберный нерв, 7 – крыло подвздошной кости, 8 – XII ребро.

**Средняя ($X \pm S_x$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка
от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия слева
в 16-22 недели внутриутробного развития (поясничные сегменты)**

Уровень корешка	Пок-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
L ₁	X±S _x	2,05±0,07	2,12±0,14	2,45±0,14	2,83±0,22	38%
	min	1,81	1,55	1,85	1,54	
	max	2,54	3,10	3,10	3,77	
L ₂	X±S _x	2,09±0,05	2,13±0,15	2,32±0,24	2,98±0,19	43%
	min	1,81	1,59	1,08	2,04	
	max	2,41	3,10	3,60	4,10	
L ₃	X±S _x	1,96±0,04	1,98±0,16	2,44±0,21	3,55±0,26	81%
	min	1,84	1,33	1,16	2,09	
	max	2,21	3,00	3,08	4,35	
L ₄	X±S _x	1,80±0,06	1,81±0,17	2,56±0,18	3,96±0,25	120%
	min	1,54	1,16	1,51	2,48	
	max	2,23	2,60	3,18	5,10	
L ₅	X±S _x	1,65±0,04	1,67±0,15	2,45±0,15	3,96±0,26	140%
	min	1,43	1,02	1,66	2,66	
	max	1,83	2,40	3,08	4,91	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Средняя ($X \pm S_x$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка
от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (поясничные сегменты)**

Уровень корешка	Пок-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
L ₁	X±S _x	2,03±0,06	2,17±0,15	2,28±0,16	2,52±0,20	24%
	min	1,73	1,65	1,44	1,45	
	max	2,43	3,10	3,00	3,45	
L ₂	X±S _x	2,11±0,06	2,29±0,17	2,36±0,15	3,58±0,29	70%
	min	1,73	1,78	1,53	1,94	
	max	2,38	3,20	3,15	4,47	
L ₃	X±S _x	2,01±0,04	2,23±0,18	2,32±0,18	3,47±0,31	73%
	min	1,81	1,65	1,24	2,04	
	max	2,28	3,40	3,01	4,78	
L ₄	X±S _x	1,74±0,04	1,74±0,11	2,49±0,14	3,81±0,19	119%
	min	1,52	1,31	1,57	2,87	
	max	1,93	2,31	3,02	4,71	
L ₅	X±S _x	1,59±0,03	1,67±0,15	2,45±0,15	3,96±0,26	150%
	min	1,43	1,02	1,66	2,66	
	max	1,72	2,40	3,08	4,91	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Анализ полученных данных показал, что поясничные спинномозговые корешки, покрытые твердой мозговой оболочкой, на сроке 16-19 недели внутриутробного развития уменьшаются в краниокаудальном направлении.

Самым длинным поясничным корешком в начале изученного периода является корешок L_1 . Его длина слева составила $2,05 \pm 0,07$ мм (при диапазоне значений от 1,81 мм до 2,54 мм), справа - $2,03 \pm 0,06$ мм (от 1,73 мм до 2,43 мм). Самым коротким поясничным корешком в этом же периоде является корешок L_5 , длина которого слева составляет $1,65 \pm 0,04$ мм (с минимальным значением 1,43 мм, максимальным - 1,83 мм), справа - $1,59 \pm 0,03$ мм (от 1,43 мм до 1,72 мм). После 19 недели гестации морфометрическая картина кардинально меняется. С 20 по 22 недели внутриутробного развития наблюдается увеличение длины указанного участка поясничных корешков в краниокаудальном направлении. В связи с этим к 22 неделе развития участок L_1 корешка в твердой мозговой оболочке становится самым коротким. Его длина на этом сроке слева была равна $2,83 \pm 0,22$ мм (от 1,54 мм до 3,77 мм), справа - $2,52 \pm 0,20$ мм (от 1,45 мм до 3,45 мм). Самым длинным в конце изученного периода становится участок корешка L_5 со средними значениями длины слева $3,96 \pm 0,26$ мм и $3,97 \pm 0,27$ мм справа. Такие изменения морфометрических данных связаны на наш взгляд с изменением скорости роста позвоночного канала, спинного мозга и мешка твердой мозговой оболочки.

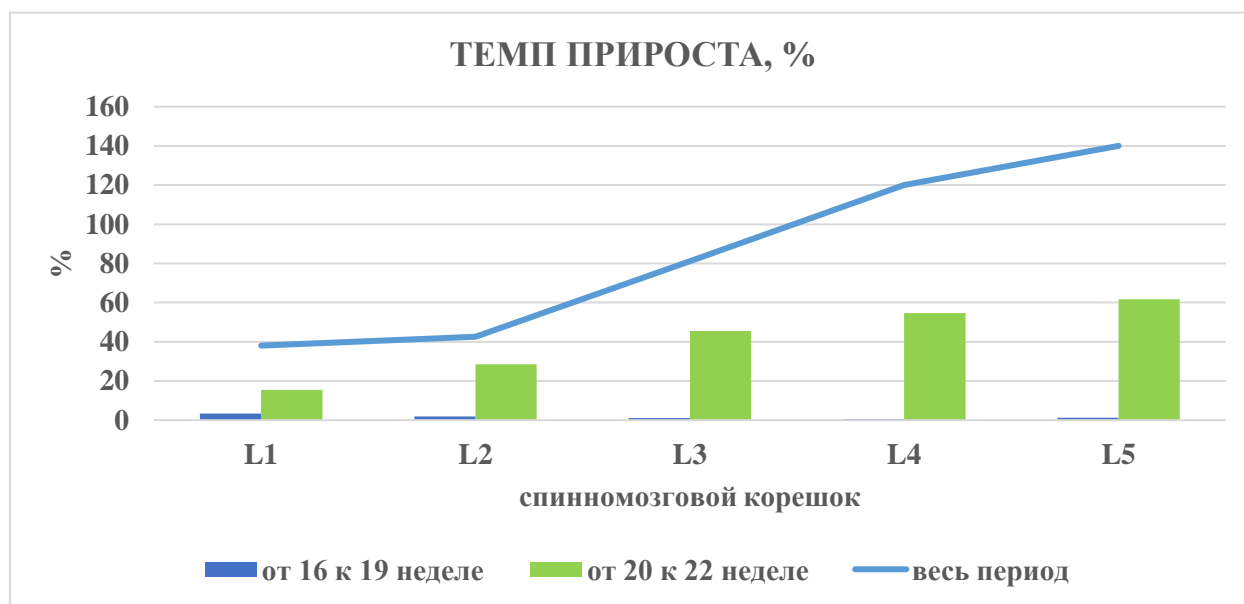
Для более детального изучения закономерностей роста этой части поясничных корешков был измерен темп прироста каждого поясничного спинномозгового корешка (Диаграмма 17).

Как видно из диаграммы, в начале изученного периода (с 16 по 19 недели развития) показатели темпа прироста длины участка поясничного корешка от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия имеют минимальные значения и уменьшаются от L_1 к L_5 . Основной скачок роста данного параметра происходит на сроке 20-22 недели развития и имеет обратную тенденцию увеличения от L_1 к L_5 . Таким образом за весь рассматриваемый период (16-22 недели внутриутробного развития) данный участок первого поясничного

корешка увеличивается на 38% слева и на 24% справа, а пятого – на 140% слева и на 150% справа, т.е. практически в 1,5 раза.

Диаграмма 17

Интенсивность роста длины участка поясничного корешка от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития



После рассечения и удаления твердой мозговой оболочки отчетливо визуализируются поясничные корешки на всем протяжении от спинного мозга до спинномозгового ганглия, которые формируют конский хвост спинного мозга плода (Рис. 16). В таблицах 27-28 представлены морфометрические данные этой части поясничных корешков на сроке 16-22 недели внутриутробного развития. Анализ полученных данных показал, что истинная длина поясничных корешков от спинного мозга до ганглия увеличивается от L₁ к L₅ во всех возрастных группах изученного периода, в отличие от участка тех же корешков от твердой мозговой оболочки до ганглия. Это можно объяснить особенностями роста каудальных отделов самой твердой мозговой оболочки. На сроке 16-17 недели развития самым длинным поясничным корешком от спинного мозга до спинномозгового ганглия является корешок L₁. Его длина в среднем составляет слева $6,05 \pm 0,12$ мм (при диапазоне

значений от 5,47 мм до 6,51 мм), слева - $6,34 \pm 0,09$ мм (от 5,91 мм до 6,84 мм). Наибольшую длину в рассматриваемом периоде имеет корешок L₅. В 16-17 недели развития его длина составила в среднем слева $11,06 \pm 0,16$ мм (от 10,15 мм до 11,73 мм), справа - $6,34 \pm 0,09$ мм (при диапазоне значений от 5,91 мм до 6,84 мм), а к 22 неделе гестации этот параметр достигает значений слева $15,83 \pm 0,25$ мм (14,87 мм минимально и 17,25 мм максимально), справа - $16,73 \pm 0,26$ мм (от 15,34 мм до 18,14 мм). Динамика изменения длины поясничных корешков на всем протяжении представлена в диаграмме 18.

Таблица 27

**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия слева
в 16-22 недели внутриутробного развития (поясничные сегменты)**

Уровень корешка	Пок-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
L ₁	$X \pm Sx$	$6,05 \pm 0,12$	$6,11 \pm 0,28$	$7,16 \pm 0,51$	$8,15 \pm 0,29$	35%
	min	5,47	4,60	4,90	6,47	
	max	6,51	8,10	9,70	9,28	
L ₂	$X \pm Sx$	$7,28 \pm 0,13$	$7,94 \pm 0,19$	$8,12 \pm 0,53$	$10,83 \pm 0,31$	49%
	min	6,73	7,38	5,40	9,32	
	max	7,85	9,50	10,62	12,14	
L ₃	$X \pm Sx$	$8,10 \pm 0,15$	$8,75 \pm 0,15$	$10,13 \pm 0,89$	$12,65 \pm 0,45$	56%
	min	7,51	8,10	6,21	10,11	
	max	8,67	9,50	14,46	14,05	
L ₄	$X \pm Sx$	$9,08 \pm 0,14$	$9,60 \pm 0,33$	$11,94 \pm 0,90$	$14,19 \pm 0,45$	56%
	min	8,47	8,75	7,88	10,87	
	max	9,63	12,10	15,73	15,51	
L ₅	$X \pm Sx$	$11,06 \pm 0,16$	$11,77 \pm 0,37$	$14,33 \pm 0,84$	$15,83 \pm 0,25$	43%
	min	10,15	10,15	10,52	14,87	
	max	11,73	14,20	18,82	17,25	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

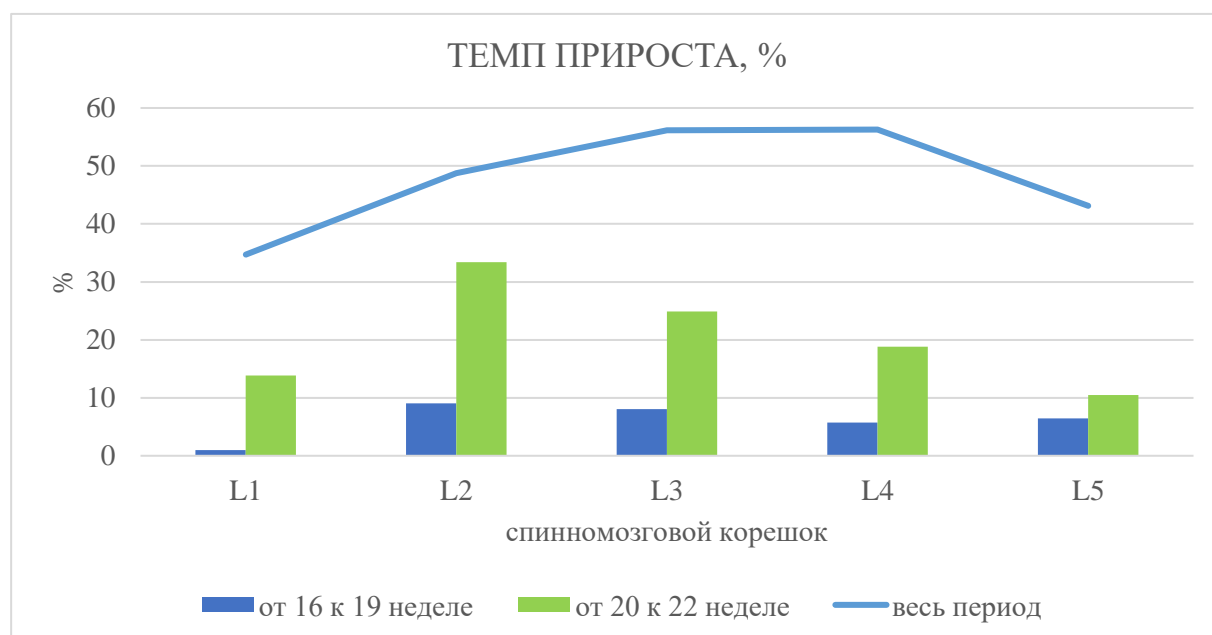
**Средняя ($X \pm Sx$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (поясничные сегменты)**

Уровень корешка	Показ-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
L ₁	X±Sx	6,34±0,09	6,80±0,25	6,99±0,46	10,04±0,31	58%
	min	5,91	5,60	4,20	8,47	
	max	6,84	8,50	8,93	11,20	
L ₂	X±Sx	6,84±0,10	7,12±0,29	8,00±0,41	12,55±0,38	83%
	min	6,24	6,10	6,30	10,50	
	max	7,21	9,00	9,58	14,08	
L ₃	X±Sx	8,85±0,10	9,87±0,50	10,72±0,82	13,27±0,41	50%
	min	8,15	8,56	6,18	10,70	
	max	9,15	13,90	14,87	14,35	
L ₄	X±Sx	9,13±0,11	10,08±0,48	12,20±0,48	14,53±0,23	59%
	min	8,47	8,45	10,10	13,41	
	max	9,51	12,40	14,95	15,65	
L ₅	X±Sx	12,17±0,13	13,25±0,26	15,08±0,79	16,73±0,26	37%
	min	11,35	1,02	1,66	2,66	
	max	12,62	2,40	3,08	4,91	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Диаграмма 18

Интенсивность роста длины поясничного корешка от спинного мозга до чувствительного спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития



В 16-22 недели развития наблюдается увеличение интенсивности роста длины корешков от L_1 к L_4 , наиболее интенсивный рост имеют поясничные корешки L_3 и L_4 . У последнего поясничного корешка (L_5) показатель интенсивности роста снижается. Следует отметить, что у всех поясничных корешков максимальное увеличение длины приходится на вторую половину изученного периода (20-22 недели гестации).

Крестцовые корешки так же, как и поясничные, участвуют в формировании конского хвоста. При измерении длины крестцовых корешков от твердой мозговой оболочки до чувствительного ганглия было выявлено, что в первой половине изученного периода длина данного участка корешка равномерно увеличивается в каудальном направлении от Sc_1 к Sc_5 . В 20-21 недели развития все крестцовые корешки в твердой мозговой оболочке имеют приблизительно одинаковую длину. Однако к 22 неделе снова наблюдается тенденция увеличения длины от первого к пятому крестцовым корешкам (таблицы 29-30).

Таблица 29

Средняя ($X \pm S_x$, мм), минимальная (min, мм) и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия слева в 16-22 недели внутриутробного развития (крестцовые сегменты)

Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Sc_1	$X \pm S_x$	1,58±0,04	1,74±0,22	2,53±0,13	3,69±0,21	134%
	min	1,39	1,07	1,54	2,32	
	max	1,84	2,70	3,45	4,28	
Sc_2	$X \pm S_x$	1,68±0,07	1,81±0,17	2,54±0,16	3,99±0,28	138%
	min	1,51	0,98	1,74	2,10	
	max	2,25	2,70	3,12	5,66	
Sc_3	$X \pm S_x$	1,72±0,05	1,88±0,20	2,4±0,15	3,84±0,20	123%
	min	1,54	0,94	1,73	2,30	
	max	2,08	2,90	3,11	4,51	
Sc_4	$X \pm S_x$	1,75±0,04	2,0±0,06	2,52±0,18	3,96±0,25	126%
	min	1,57	1,82	1,74	2,15	
	max	1,97	2,40	3,28	4,68	
Sc_5	$X \pm S_x$	1,76±0,07	2,2±0,05	2,42±0,18	3,90±0,24	122%
	min	1,41	1,91	1,58	2,45	
	max	2,07	2,50	3,11	4,68	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Средняя ($X \pm S_x$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина части спинномозгового корешка
от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (крестцовые сегменты)**

Уровень корешка	Показатель	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Sc ₁	X±S _x	1,54±0,05	1,64±0,21	2,58±0,17	3,60±0,26	134%
	min	1,38	1,09	1,61	2,09	
	max	1,81	2,50	3,15	4,17	
Sc ₂	X±S _x	1,61±0,04	2,02±0,13	2,51±0,17	3,90±0,23	142%
	min	1,41	1,64	1,38	1,98	
	max	1,78	2,80	3,15	4,45	
Sc ₃	X±S _x	1,68±0,04	1,96±0,09	2,63±0,16	3,83±0,23	128%
	min	1,43	1,54	1,89	2,20	
	max	1,85	2,40	3,17	4,51	
Sc ₄	X±S _x	1,69±0,06	2,38±0,12	2,59±0,17	3,98±0,24	136%
	min	1,35	1,89	1,84	2,32	
	max	1,92	2,99	3,45	4,87	
Sc ₅	X±S _x	1,79±0,07	2,35±0,05	2,57±0,17	3,74±0,21	109%
	min	1,48	1,98	1,52	2,22	
	max	2,15	2,60	3,31	4,48	

Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

На диаграмме 19 представлены данные изменения интенсивности роста крестцовых корешков от твердой мозговой оболочки до чувствительного ганглия. В рассматриваемом периоде онтогенеза человека все крестцовые корешки в твердой мозговой оболочке увеличиваются на 122-134 %, т.е. в среднем в 1,25 раза. Следует отметить, что наибольшее увеличение длины корешков происходит на сроке 20-22 недели внутриутробного развития.

После рассечения и удаления каудальной части твердой мозговой оболочки становится возможным измерение истинной длины крестцовых корешков от спинного мозга до чувствительного ганглия (Таблицы 31-32).

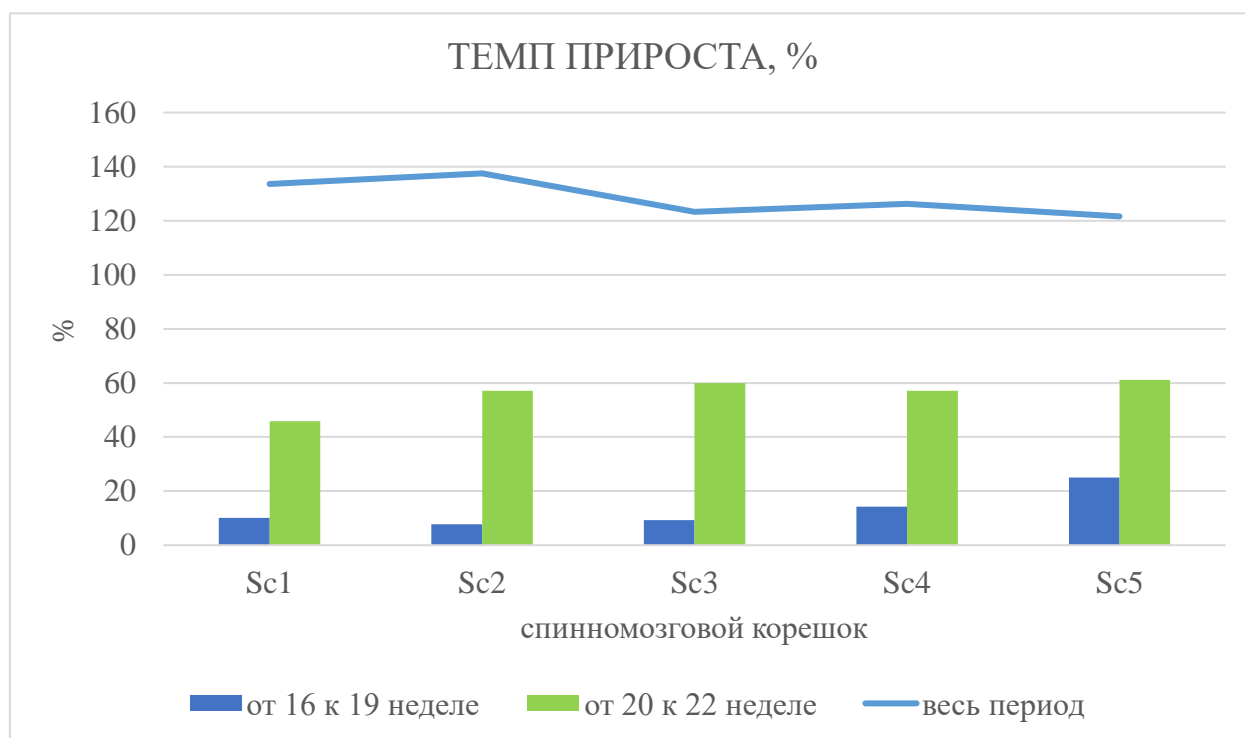
Как видно из таблиц, длина данного участка крестцовых корешков сохраняет общую тенденцию неравномерного гетерохронного увеличения ее значения в каудальном направлении: в возрастных группах 16-17, 20-21 и 22 недели внутриутробного развития этот параметр активно увеличивается, тогда

как в возрастной группе плодов 18-19 недели развития наблюдается незначительное возрастание длины крестцовых корешков.

Динамика изменения интенсивности увеличения истинной длины крестцовых корешков на всем протяжении от спинного мозга до спинномозгового ганглия представлена в диаграмме 20. Корешок Sc₁ в период с 16 по 22 недели гестации равномерно увеличивается на 16%. Меньшую интенсивность роста имеет следующий крестцовый корешок (Sc₂) – 9%, при этом его рост наблюдается преимущественно во второй половине исследуемого периода (20-22 недели онтогенеза). Морфометрия последующих корешков показала постепенное увеличение темпов прироста их длины от Sc₃ (18%) к Sc₅ (29%). Следует отметить, что рост данных корешков происходит преимущественно на сроке 20-22 недели внутриутробного развития.

Диаграмма 19

Интенсивность роста длины участка крестцового корешка от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития



**Средняя ($X \pm S_x$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия слева
в 16-22 недели внутриутробного развития (крестцовые сегменты)**

Уровень корешка	Показ-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Sc ₁	X±S _x	14,06±0,16	14,85±0,10	15,44±0,82	16,28±0,20	16%
	min	13,15	14,28	11,23	15,24	
	max	14,73	15,20	20,54	17,34	
Sc ₂	X±S _x	16,23±0,14	16,41±0,09	16,61±0,56	17,74±0,41	9%
	min	15,45	15,90	13,87	16,34	
	max	16,84	17,00	19,14	21,12	
Sc ₃	X±S _x	16,36±0,15	16,83±0,11	18,00±0,82	19,24±0,41	18%
	min	15,51	16,32	14,35	17,31	
	max	16,98	17,70	24,03	21,87	
Sc ₄	X±S _x	16,71±0,14	17,05±0,10	19,27±1,01	20,79±0,44	24%
	min	15,84	16,51	14,89	18,47	
	max	17,21	17,45	25,12	22,44	
Sc ₅	X±S _x	16,55±0,11	16,74±0,20	20,51±0,96	21,39±0,34	29%
	min	15,83	15,25	15,64	19,32	
	max	16,87	17,34	25,25	23,11	

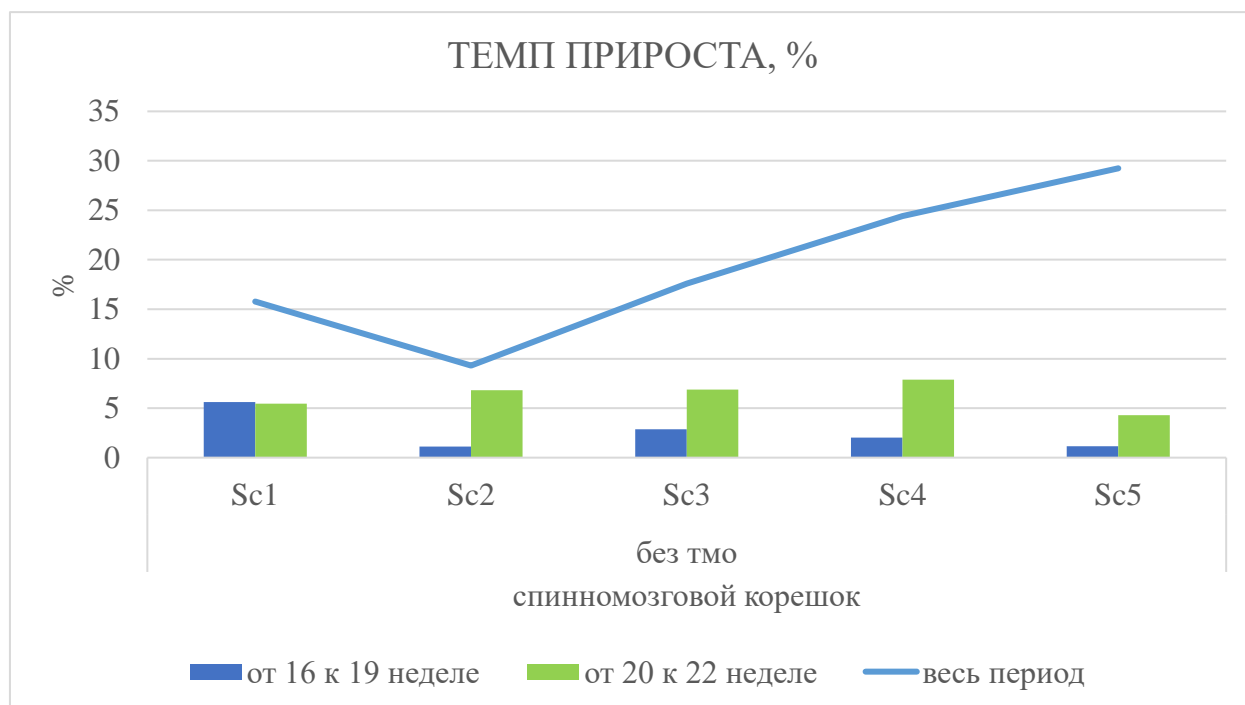
Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

**Средняя ($X \pm S_x$, мм), минимальная (min, мм)
и максимальная (max, мм) длина спинномозгового корешка
от спинного мозга до спинномозгового ганглия справа
в 16-22 недели внутриутробного развития (крестцовые сегменты)**

Уровень корешка	Показ-ль	16-17 недели*	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя*	Темп прироста
Sc ₁	X±S _x	14,17±0,13	15,57±0,19	15,89±0,78	17,29±0,41	22%
	min	13,35	14,78	12,90	16,12	
	max	14,62	16,90	20,87	20,49	
Sc ₂	X±S _x	14,34±0,16	15,78±0,20	16,87±0,69	18,24±0,49	27%
	min	13,41	14,80	13,21	17,12	
	max	15,04	16,90	21,18	21,58	
Sc ₃	X±S _x	15,64±0,13	17,25±0,15	18,81±0,83	19,77±0,44	26%
	min	14,71	16,41	15,58	17,98	
	max	16,31	18,00	25,31	22,10	
Sc ₄	X±S _x	16,12±0,12	17,15±0,21	19,88±0,88	21,15±0,41	31%
	min	15,34	15,98	16,12	19,21	
	max	16,74	17,85	25,45	22,81	
Sc ₅	X±S _x	16,11±0,13	16,36±0,23	20,75±0,99	21,64±0,29	34%
	min	15,28	14,97	15,78	20,08	
	max	16,84	17,12	25,68	22,93	

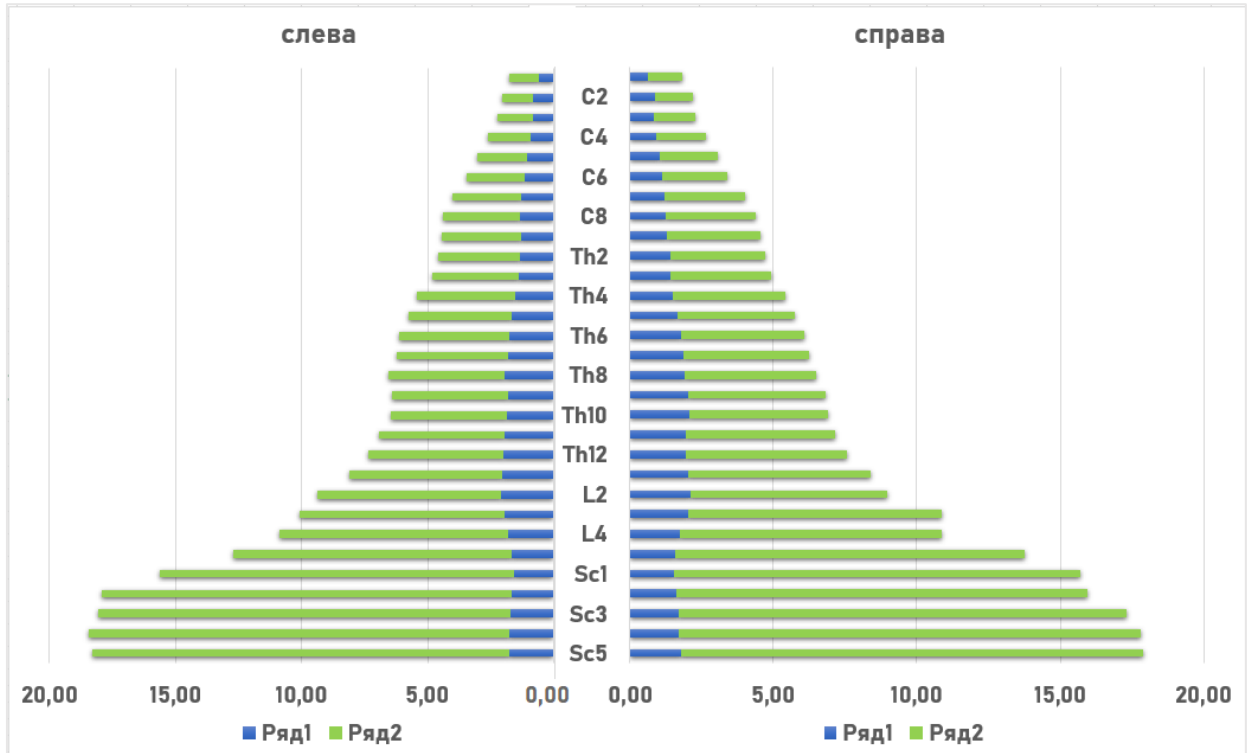
Примечание: * - сравниваемые показатели статистически достоверны при $p < 0,05$

Интенсивность роста длины крестцового корешка от спинного мозга до спинномозгового ганглия в 16-22 недели внутриутробного развития



Таким образом, анализируя в целом длину всех корешков в твердой мозговой оболочке (от мешка твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия) и значения длины корешков после ее удаления (от спинного мозга до ганглия) отчетливо определяется большая разница между этими значениями у всех спинномозговых корешков, что отображено на диаграмме 21. Однако, следует отметить, что степень выраженности этой разницы зависит от уровня сегмента спинного мозга, от которого отходит соответствующий корешок. В шейных спинномозговых нервах длина корешка в твердой мозговой оболочке и после ее удаления имеет соотношение 1:2, в грудных – 1:2,5-3,5, в поясничных – 1:4,5-5, в крестцовых – 1:10-11. Такая закономерность связана с особенностями развития каудальных отделов твердой мозговой оболочки, спинного мозга и формированием мозгового конуса и конского хвоста.

**Длина корешков спинномозговых нервов
в 16-22 недели внутриутробного развития**



Примечание: ряд 1 – длина корешка в твердой мозговой оболочке (от оболочки до спинномозгового ганглия), ряд 2 – длина корешка после удаления твердой мозговой оболочки (от спинного мозга до спинномозгового ганглия).

5.2. Особенности анатомии чувствительных спинномозговых ганглиев в 16-22 недели внутриутробного развития

Чувствительные спинномозговые ганглии у плодов 16-22 недель внутриутробного развития расположены, как и у взрослого человека, по ходу задних корешков спинномозговых нервов. Количество чувствительных ганглиев соответствует количеству спинномозговых нервов и составляет 31 пару. Однако в указанном возрастном периоде данные структуры имеют определенные фетальные особенности. Особый интерес представляют размеры, форма и расположение ганглиев в позвоночном канале, которые отличаются в зависимости от сегмента спинного мозга, в который входит соответствующий задний корешок спинномозгового нерва.

Шейные спинномозговые ганглии. Задние корешки восьми шейных сегментов спинного мозга имеют, соответственно, восемь пар чувствительных ганглиев. Изготовление макропрепаратов и поперечных срезов по Н.И. Пирогову позволило определить, что шейные ганглии расположены в межпозвоночных отверстиях и занимают в них более латеральное положение, близкое к экстрафораминальному (Рис. 17). Форма шейных чувствительных ганглиев близка к овальной, а расположение ориентировано строго в горизонтальной плоскости таким образом, что поперечный размер ганглиев имеет большие значения по сравнению с продольным (Рис.18). Это объясняется тем, что шейные сегменты спинного мозга расположены на соответствующих уровнях позвонков, вследствие чего корешки имеют горизонтальный ход и не меняют положения самого ганглия.

Для того, чтобы описать динамику изменения размеров и формы спинномозговых ганглиев во всех возрастных группах были измерены максимальный продольный и максимальный поперечный диаметры каждого ганглия (Таблица 33).

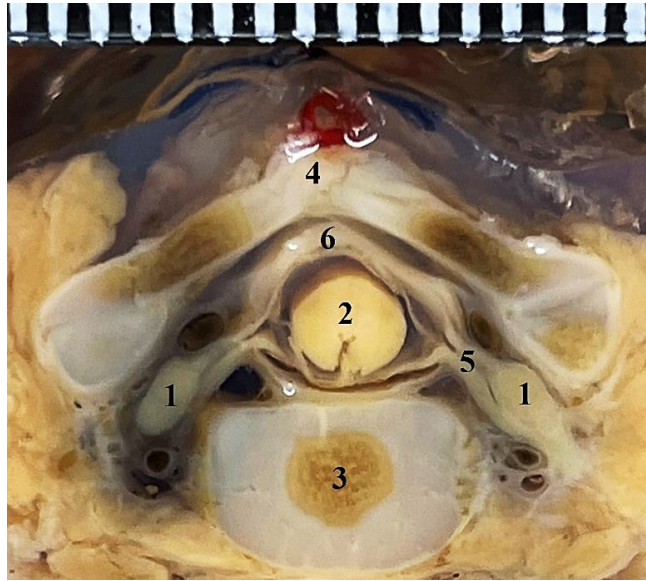


Рис.17 Шейные чувствительные спинномозговые ганглии плода.
 Фото препарата – срез в горизонтальной плоскости на уровне тела позвонка C_v, протокол №52, 18 недель, женский пол, увеличение в 10,5 раз.

1 – спинномозговой ганглий, 2 – спинной мозг, 3 – тело позвонка, 4 – дуга позвонка, 5 – корешки спинного мозга, 6 – твердая мозговая оболочка.

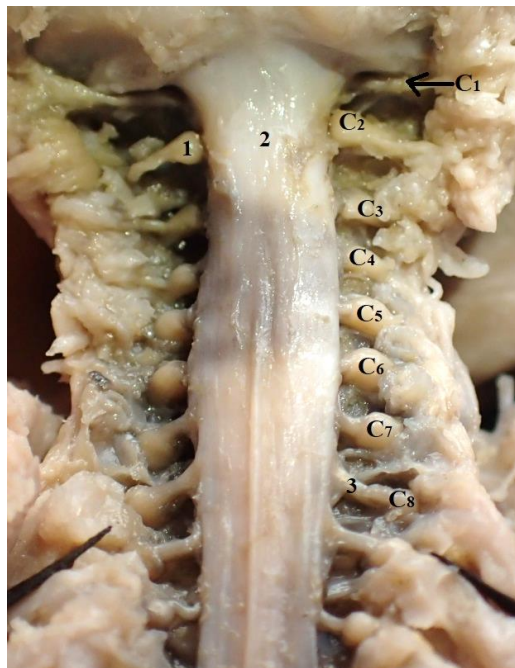


Рис. 18 Шейная часть спинного мозга плода в твердой мозговой оболочке.

Фото макропрепарата, протокол №105, 20 недель, мужской пол.
1 – спинномозговой ганглий, 2 – твердая мозговая оболочка спинного мозга, 3 – задний корешок спинного мозга.

**Размер шейных спинномозговых ганглиев слева
в 16-22 недели внутриутробного развития ($X \pm Sx$, мм)**

Уровень ганглия	продольный диаметр слева			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
C1	0,80±0,04	0,89±0,05	0,83±0,02	1,01±0,03
C2	1,15±0,04	1,22±0,05	1,22±0,05	1,63±0,02
C3	1,23±0,06	1,43±0,03	1,43±0,03	1,36±0,03
C4	1,17±0,04	1,33±0,04	1,33±0,04	1,28±0,02
C5	1,27±0,06	1,40±0,06	1,40±0,06	1,30±0,03
C6	1,26±0,05	1,39±0,05	1,39±0,05	1,64±0,02
C7	1,26±0,04	1,43±0,04	1,43±0,04	1,01±0,03
C8	1,26±0,05	1,40±0,04	1,40±0,04	1,63±0,02
Уровень ганглия	поперечный диаметр слева			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
C1	0,90±0,04	1,04±0,05	1,15±0,01	1,11±0,02
C2	1,18±0,03	1,34±0,03	1,34±0,03	1,55±0,04
C3	1,25±0,06	1,47±0,04	1,47±0,04	1,40±0,02
C4	1,17±0,04	1,36±0,03	1,36±0,03	1,33±0,02
C5	1,12±0,05	1,34±0,04	1,34±0,04	1,38±0,03
C6	1,47±0,06	1,36±0,06	1,36±0,06	1,52±0,03
C7	1,22±0,05	1,34±0,06	1,34±0,06	1,11±0,02
C8	1,26±0,04	1,44±0,06	1,44±0,06	1,55±0,04
Уровень ганглия	продольный диаметр справа			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
C1	0,91±0,05	1,10±0,09	1,17±0,02	1,06±0,04
C2	1,21±0,03	1,36±0,05	1,36±0,05	1,69±0,03
C3	1,29±0,05	1,41±0,04	1,41±0,04	1,36±0,03
C4	1,21±0,04	1,24±0,03	1,24±0,03	1,32±0,03
C5	1,23±0,05	1,36±0,03	1,36±0,03	1,51±0,02
C6	1,22±0,06	1,35±0,04	1,35±0,04	1,58±0,04
C7	1,20±0,05	1,30±0,04	1,30±0,04	1,67±0,04
C8	1,33±0,04	1,42±0,04	1,42±0,04	1,78±0,03
Уровень ганглия	поперечный диаметр справа			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
C1	1,07±0,05	1,35±0,04	1,61±0,03	1,01±0,04
C2	1,22±0,05	1,51±0,04	1,51±0,04	1,57±0,03
C3	1,29±0,06	1,49±0,03	1,49±0,03	1,38±0,02
C4	1,27±0,05	1,48±0,03	1,48±0,03	1,37±0,02
C5	1,25±0,05	1,30±0,04	1,30±0,04	1,62±0,04
C6	1,18±0,06	1,37±0,03	1,37±0,03	1,66±0,04
C7	1,15±0,06	1,37±0,06	1,37±0,06	1,77±0,02
C8	1,28±0,05	1,38±0,06	1,38±0,06	1,76±0,04

Полученные данные таблицы 33 демонстрируют, что размеры шейных чувствительных ганглиев равномерно увеличиваются от C_1 к C_3 , затем уменьшаются от C_3 к C_5 , после чего снова возрастают от C_5 к C_8 . В возрастных группах 16-17 и 18-19 недели развития в большинстве случаев поперечный размер шейных ганглиев преобладал над продольным, однако с 20 по 22 недели развития вышеописанные параметры имели относительно одинаковые значения. Среди шейных спинномозговых ганглиев наибольшие размеры имеет ганглий C_8 . В 16-17 недели его продольный диаметр слева составил $1,26 \pm 0,05$ мм (при диапазоне значений от 1,05 мм до 1,52 мм), поперечный размер – $1,26 \pm 0,04$ мм (при минимальном значении 1,05 мм, максимальном – 1,44 мм), справа эти значения были равны $1,33 \pm 0,04$ мм (от 1,15 мм до 1,54 мм) и $1,28 \pm 0,05$ мм (от 1,05 мм до 1,47 мм) соответственно. В 18-19 недели слева продольный диаметр ганглия C_8 составил $1,40 \pm 0,04$ мм, поперечный диаметр – $1,44 \pm 0,06$ мм, справа эти же параметры были равны соответственно $1,42 \pm 0,04$ мм и $1,38 \pm 0,06$ мм. В 20-21 недели внутриутробного развития этот же ганглий имеет продольный диаметр слева $1,81 \pm 0,03$ мм, поперечный диаметр – $1,81 \pm 0,03$ мм, справа эти значения были соответственно равны $1,78 \pm 0,03$ мм и $1,76 \pm 0,04$ мм. К концу изучаемого периода ганглии C_8 спинномозгового нерва слева имели продольный диаметр равный $1,65 \pm 0,04$ мм, поперечный диаметр – $1,72 \pm 0,02$ мм, справа – $1,76 \pm 0,05$ мм и $1,65 \pm 0,03$ мм соответственно. Таким образом чувствительный ганглий C_8 с каждой стороны равномерно увеличивается в размерах от 16 к 20 недели и его показатели значительно возрастают к 22 неделе внутриутробного развития. При этом статистически выраженной разницы между этими параметрами справа и слева не было выявлено.

Особый интерес вызывает чувствительный ганглий первого шейного (C_1) спинномозгового нерва (Рис. 19). В связи с тем, что размеры данного ганглия были слишком малы, его идентификацию и морфометрию проводили при помощи оптического увеличения. Как видно из таблицы 33, в начале изучаемого периода (16-17 недели) продольный и поперечный размеры

ганглия C_1 слева составили $0,80 \pm 0,04$ мм и $0,90 \pm 0,04$ мм, справа эти значения были равны $0,91 \pm 0,05$ мм и $1,07 \pm 0,05$ мм, в 18-19 недели среднее значения продольного диаметра ганглия C_1 слева составляет $0,89 \pm 0,05$ мм, поперечного диаметра - $1,04 \pm 0,05$ мм, справа эти значения были соответственно равны $1,10 \pm 0,09$ мм и $1,15 \pm 0,04$ мм; в 20-21 недели гестации слева среднее значение продольного диаметра составляет $0,83 \pm 0,02$ мм, продольного - $1,15 \pm 0,01$ мм, справа эти размеры были соответственно равны $1,17 \pm 0,03$ мм и $1,61 \pm 0,02$ мм. К концу изучаемого периода в 22 недели слева продольный диаметр составил $1,01 \pm 0,03$ мм, поперечный диаметр - $1,11 \pm 0,02$ мм, справа эти показатели были равны $1,06 \pm 0,04$ мм и $1,01 \pm 0,04$ мм.

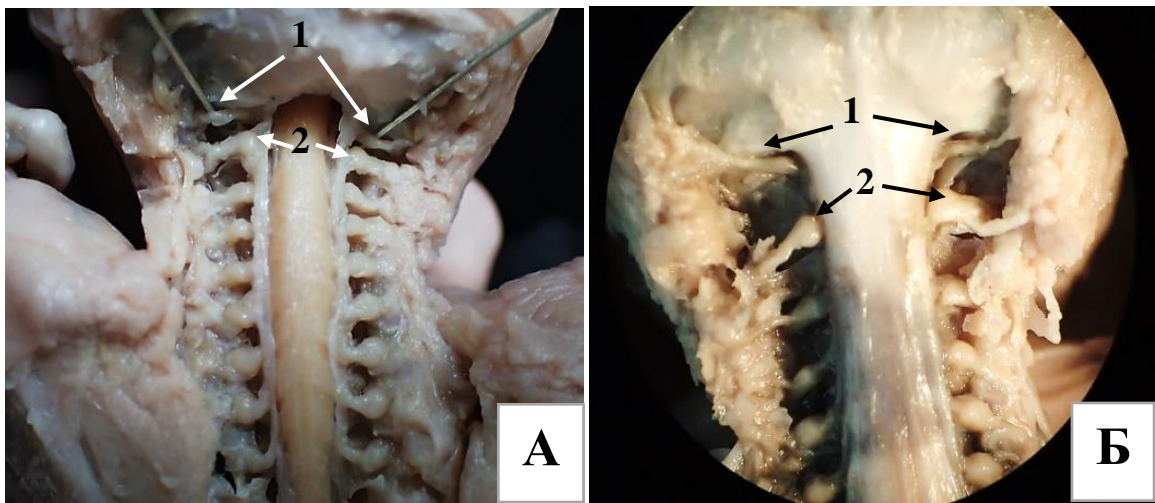


Рис. 19 Шейная часть спинного мозга плода.

А – фото макропрепарата без оптического увеличения, твердая мозговая оболочка удалена, протокол №103, 20 недель, женский пол.

Б – фото макропрепарата под микроскопом, 3-х кратное увеличение, протокол №54, 18 недель, мужской пол.

1 – чувствительный ганглий C_1 , *2* – чувствительный ганглий C_2

Грудные спинномозговые ганглии. В количестве двенадцати пар располагаются также по ходу задних корешков спинномозговых нервов. По сравнению с шейными ганглиями грудные занимают в межпозвоночном отверстии более медиальное положение, т.е. располагаются интрафораминально. Это хорошо демонстрируют как срезы, выполненные в строго горизонтальной плоскости (Рис. 20), так и перпендикулярно выполненные сагиттальные срезы (Рис. 21).

Форма грудных чувствительных спинномозговых ганглиев близка к округлой, что подтверждается морфометрическими данными максимального продольного и максимального поперечного диаметров, которые демонстрируют отсутствие статистически значимой разницы между этими параметрами (Таблицы 34-35). Данные таблиц наглядно демонстрируют увеличение размеров грудных чувствительных ганглиев от 16 к 22 неделе внутриутробного развития. Это особенно выражено между группами 18-19 и 20-21 недель гестации.

При сравнении морфометрических данных спинномозговых ганглиев разных сегментов грудной части спинного мозга было выявлено равномерное незначительное увеличение размеров от Th₂ к Th₁₂. Следует отметить, что ганглии Th₁ значительно отличаются от остальных грудных ганглиев вытянутой овальной формой и горизонтальной ориентацией, то есть признаками, которые больше характерны для шейных ганглиев (Рис. 22).

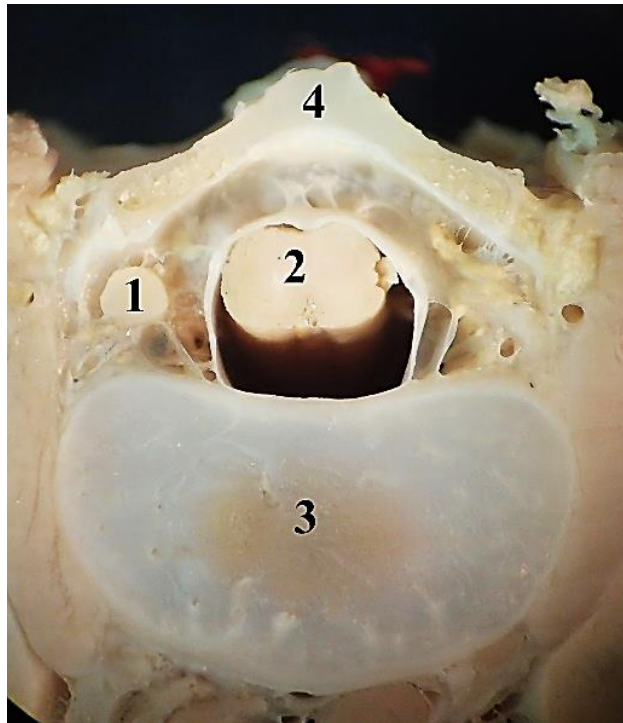


Рис.20 Грудной чувствительный спинномозговой ганглий плода.

Фото препарата - горизонтальный срез на уровне позвонка Th₅,
протокол №83, 19 недель, женский пол, увеличение в 9 раз.

*1 – грудной чувствительный ганглий, 2 – спинной мозг, 3 – тело позвонка,
4 – дуга позвонка.*

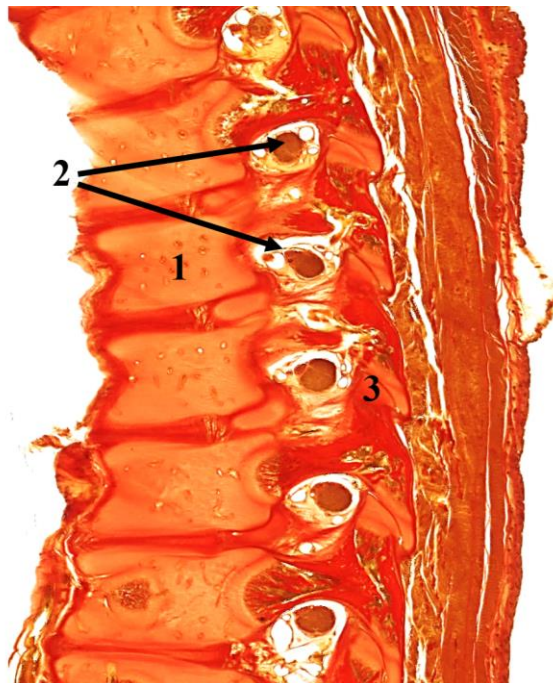


Рис. 21 Грудные чувствительные спинномозговые ганглии плода.

Скан гистотопограммы – срез в сагиттальной плоскости,
окрашенный по Ван Гизону, 18 недель, женский пол, увеличение в 4 раза.

*1 – тело грудного позвонка, 2 – чувствительные грудные ганглии,
3 – остистый отросток грудного позвонка*

**Размер грудных спинномозговых ганглиев слева
в 16-22 недели внутриутробного развития ($X \pm Sx$, мм)**

Уровень ганглия	продольный диаметр			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Th1	1,24±0,04	1,35±0,06	1,65±0,02	1,64±0,06
Th2	1,14±0,04	1,25±0,03	1,53±0,02	1,27±0,04
Th3	1,11±0,04	1,16±0,06	1,30±0,03	1,20±0,02
Th4	1,03±0,03	1,16±0,04	1,23±0,02	1,28±0,04
Th5	0,94±0,04	1,09±0,03	1,27±0,02	1,18±0,05
Th6	0,96±0,05	1,12±0,03	1,25±0,02	1,17±0,03
Th7	0,93±0,03	1,04±0,03	1,41±0,03	1,15±0,05
Th8	0,93±0,04	1,12±0,02	1,36±0,03	1,17±0,03
Th9	0,94±0,03	1,09±0,02	1,32±0,03	1,20±0,04
Th10	0,91±0,03	1,08±0,04	1,33±0,02	1,27±0,04
Th11	0,98±0,03	1,15±0,03	1,28±0,02	1,32±0,04
Th12	1,10±0,04	1,13±0,08	1,37±0,02	1,30±0,02
Уровень ганглия	поперечный диаметр			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Th1	1,18±0,05	1,37±0,05	1,69±0,01	1,56±0,04
Th2	1,11±0,04	1,23±0,04	1,43±0,02	1,25±0,02
Th3	1,07±0,05	1,14±0,03	1,25±0,03	1,22±0,02
Th4	0,96±0,04	1,07±0,05	1,21±0,02	1,28±0,02
Th5	0,92±0,04	1,08±0,03	1,23±0,02	1,17±0,04
Th6	0,94±0,03	1,11±0,03	1,33±0,03	1,18±0,03
Th7	0,93±0,03	1,07±0,03	1,43±0,03	1,35±0,04
Th8	0,93±0,05	1,28±0,04	1,44±0,03	1,38±0,04
Th9	1,08±0,04	1,22±0,06	1,46±0,04	1,34±0,02
Th10	1,06±0,04	1,21±0,07	1,42±0,05	1,49±0,04
Th11	1,13±0,04	1,30±0,08	1,35±0,02	1,50±0,04
Th12	1,15±0,03	1,30±0,07	1,46±0,03	1,64±0,05

**Размер грудных спинномозговых ганглиев справа
в 16-22 недели внутриутробного развития ($X \pm Sx$, мм)**

Уровень ганглия	продольный диаметр			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Th1	1,26±0,03	1,21±0,02	1,74±0,04	1,66±0,05
Th2	1,15±0,04	1,11±0,03	1,42±0,02	1,33±0,03
Th3	0,96±0,03	1,09±0,05	1,29±0,03	1,24±0,03
Th4	0,99±0,04	1,22±0,04	1,25±0,02	1,20±0,03
Th5	0,93±0,04	1,1±0,03	1,29±0,02	1,11±0,04
Th6	0,95±0,05	1,15±0,03	1,33±0,02	1,18±0,03
Th7	0,92±0,04	1,13±0,03	1,31±0,03	1,21±0,05
Th8	0,89±0,03	0,99±0,04	1,38±0,03	1,22±0,05
Th9	0,98±0,03	1,06±0,04	1,36±0,03	1,23±0,04
Th10	0,97±0,04	1,08±0,03	1,37±0,03	1,25±0,04
Th11	1,09±0,04	1,14±0,07	1,38±0,04	1,25±0,03
Th12	1,23±0,02	1,16±0,06	1,36±0,02	1,32±0,03
Уровень ганглия	поперечный диаметр			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Th1	1,19±0,04	1,38±0,08	1,68±0,03	1,60±0,04
Th2	1,14±0,04	1,17±0,03	1,44±0,02	1,30±0,03
Th3	0,97±0,02	1,06±0,02	1,31±0,02	1,33±0,02
Th4	0,95±0,04	1,05±0,03	1,24±0,02	1,27±0,04
Th5	0,92±0,03	1,05±0,03	1,23±0,03	1,23±0,05
Th6	0,94±0,03	1,13±0,02	1,35±0,02	1,31±0,04
Th7	0,91±0,05	1,18±0,03	1,36±0,02	1,30±0,03
Th8	1,03±0,05	1,20±0,06	1,35±0,03	1,40±0,03
Th9	1,12±0,05	1,19±0,05	1,41±0,02	1,47±0,05
Th10	0,98±0,03	1,13±0,04	1,38±0,03	1,50±0,03
Th11	1,09±0,04	1,18±0,02	1,41±0,03	1,46±0,04
Th12	1,15±0,03	1,21±0,02	1,51±0,04	1,50±0,04

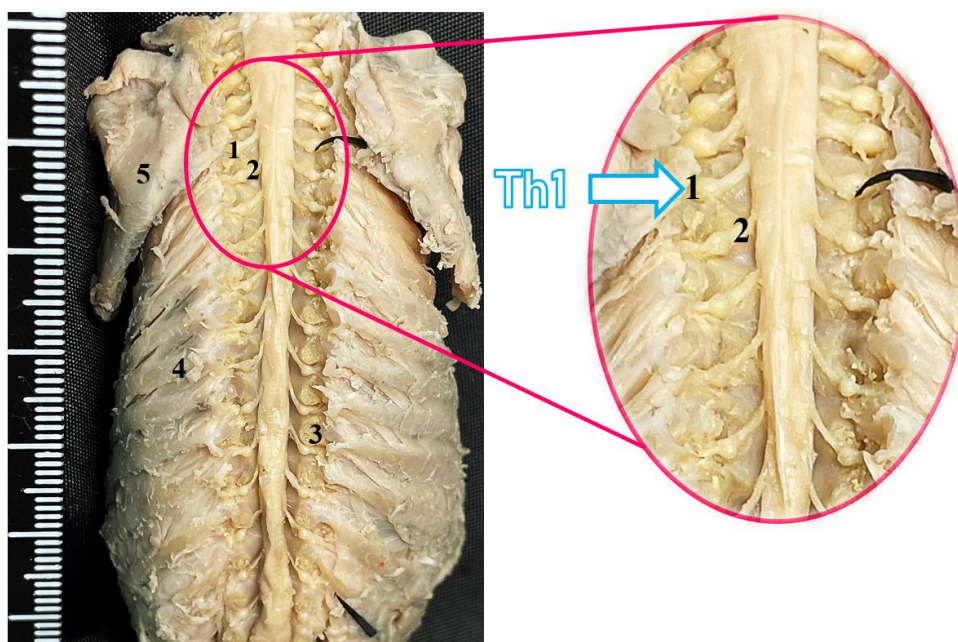


Рис.22 Шейная и грудная части спинного мозга плода.

Фото макропрепарата, протокол №90, 19 недель, женский пол.

1 – чувствительный спинномозговой ганглий Th₁, 2 – участок корешка грудного спинномозгового нерва от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия, 3 – ножка грудного позвонка, 4 – ребро Th_{VII}, 5 – лопатка.

Кроме того, поперечный размер ганглия Th₁ с обеих сторон, как и у шейных, преобладает над продольным. Эта тенденция сохраняется с 16 по 21 недели гестации, но к концу изученного периода наблюдается обратная зависимость: продольный диаметр ганглия Th₁ начинает преобладать над поперечным. Средние значения размеров ганглия Th₁ составили в 16-17 недели развития слева продольный – $1,24 \pm 0,04$ мм, поперечный – $1,18 \pm 0,05$ мм, справа средний продольный диаметр составил $1,26 \pm 0,03$ мм, поперечный – $1,19 \pm 0,04$ мм, в 18-19 недели слева продольный - $1,35 \pm 0,06$ мм, поперечный - $1,37 \pm 0,05$ мм, справа – $1,21 \pm 0,02$ и $1,38 \pm 0,1$ мм. К 20-21 неделям развития слева продольный диаметр составил уже $1,65 \pm 0,02$ мм, поперечный диаметр - $1,69 \pm 0,01$ мм, справа эти параметры соответственно равны $1,74 \pm 0,04$ и $1,68 \pm 0,03$ мм. К 22 неделе внутриутробного развития эти параметры имеют близкие к предыдущей возрастной группе средние значения: слева продольный диаметр составляет $1,64 \pm 0,06$ мм, поперечный - $1,56 \pm 0,04$ мм, справа эти параметры равны соответственно $1,66 \pm 0,05$ мм и $1,60 \pm 0,05$ мм.

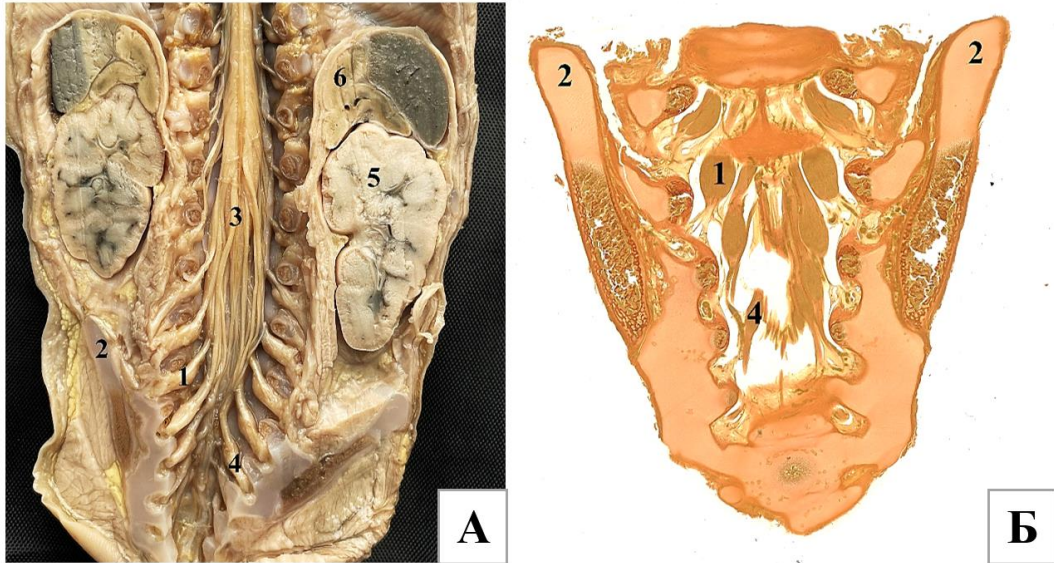


Рис. 23. Поясничные и крестцовые спинномозговые ганглии плода.

А – фото макропрепарата, протокол №138, 22 недели, мужской пол.
 Б – скан гистотопограммы (окраска по Ван Гизону), фронтальный срез, протокол №54, 18 недель, мужской пол, увеличение в 4 раза.
 1 – поясничный чувствительный ганглий, 2 – крыло подвздошной кости, 3 – конский хвост, 4 – крестцовый чувствительный ганглий, 5 – левая почка, 6 – левый надпочечник.

Поясничные спинномозговые ганглии в 16-22 недели развития соответствуют пяти поясничным сегментам спинного мозга и располагаются внутри позвоночного канала вблизи межпозвоночных отверстий (Рис 23). Как и шейные ганглии, поясничные имеют вытянутую овальную форму, но расположены под углом (по сравнению с горизонтальными шейными) вследствие косо-нисходящего хода поясничных корешков, образующих конский хвост.

Данные морфометрии поясничных чувствительных ганглиев, представленные в таблице 36, демонстрируют плавное увеличение их размеров в каудальном направлении от L₁ к L₅, а также преобладание поперечных размеров над продольными. Данная закономерность прослеживается во всех изученных возрастных группах. Самые большие размеры имеет ганглий L₅. В начале изучаемого периода (16-17 недели) продольный и поперечный размеры ганглия составили слева $1,39 \pm 0,02$ мм и

1,34±0,03, справа - 1,39±0,04 мм и 1,33±0,04 мм. К 22 неделе развития слева продольный диаметр составил 1,89±0,05 мм, поперечный - 2,13±0,04 мм, справа эти параметры были равны 1,94±0,06 мм и 2,10±0,05 соответственно.

Крестцовые ганглии у плода расположены в крестцовом канале. Форма и положение ганглиев очень схожи с поясничными, но они значительно отличаются по размеру. После проведения анализа морфометрических данных, представленных в таблице 37, было выявлено, что размер крестцовых чувствительных спинномозговых ганглиев уменьшается от Sc₁ к Sc₅ во всех изученных возрастных группах плодов. Однако, если посмотреть на параметры чувствительных ганглиев одной пары крестцовых спинномозговых нервов в различных возрастных группах, то можно увидеть некоторую гетерохронность. В отношении ганглия Sc₁ наблюдается тенденция увеличения от 16 к 22 неделе развития, в то время как ганглии Sc₂, Sc₃ имеют близкие значения во всех изученных возрастных группах, а размеры Sc₄ имеют одинаковые значения в 16-21 недели развития и уменьшаются к 22 неделе. В свою очередь ганглий Sc₅ с каждой стороны увеличивается от 16 к 21 неделе развития и вновь уменьшается к 22 неделе. В отношении копчиковых ганглиев следует отметить, что на сроке 16-22 недель внутриутробного развития их идентификация без дополнительного гистологического исследования не представляется возможной. В связи с этим можно сказать, что на данном сроке копчиковые чувствительные ганглии еще не до конца сформированы.

**Размер поясничных спинномозговых ганглиев
в 16-22 недели внутриутробного развития ($X \pm Sx$, мм)**

Уровень ганглия	продольный диаметр слева			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
L1	1,23±0,05	1,28±0,05	1,54±0,02	1,51±0,07
L2	1,22±0,05	1,2±0,05	1,69±0,03	1,68±0,04
L3	1,34±0,03	1,36±0,04	1,74±0,04	1,80±0,05
L4	1,42±0,03	1,45±0,05	1,88±0,05	1,81±0,05
L5	1,39±0,02	1,67±0,03	1,88±0,04	1,89±0,05
Уровень ганглия	поперечный диаметр слева			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
L1	1,20±0,04	1,25±0,07	1,57±0,03	1,75±0,04
L2	1,28±0,03	1,32±0,03	1,63±0,03	1,84±0,03
L3	1,45±0,03	1,57±0,05	1,80±0,04	1,96±0,03
L4	1,38±0,03	1,51±0,04	2,07±0,07	2,08±0,05
L5	1,34±0,03	1,81±0,06	2,00±0,04	2,13±0,04
Уровень ганглия	продольный диаметр справа			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
L1	1,28±0,04	1,36±0,05	1,59±0,03	1,49±0,05
L2	1,34±0,03	1,36±0,04	1,77±0,04	1,65±0,05
L3	1,43±0,03	1,33±0,08	1,85±0,05	1,78±0,06
L4	1,35±0,06	1,64±0,03	1,88±0,04	1,83±0,04
L5	1,39±0,04	1,72±0,04	1,95±0,04	1,94±0,06
Уровень ганглия	поперечный диаметр справа			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
L1	1,17±0,04	1,21±0,03	1,46±0,03	1,78±0,05
L2	1,37±0,03	1,41±0,05	1,77±0,03	1,84±0,04
L3	1,34±0,03	1,51±0,05	1,86±0,06	1,90±0,05
L4	1,33±0,06	1,70±0,06	2,01±0,05	2,03±0,04
L5	1,33±0,04	1,75±0,04	1,97±0,05	2,10±0,05

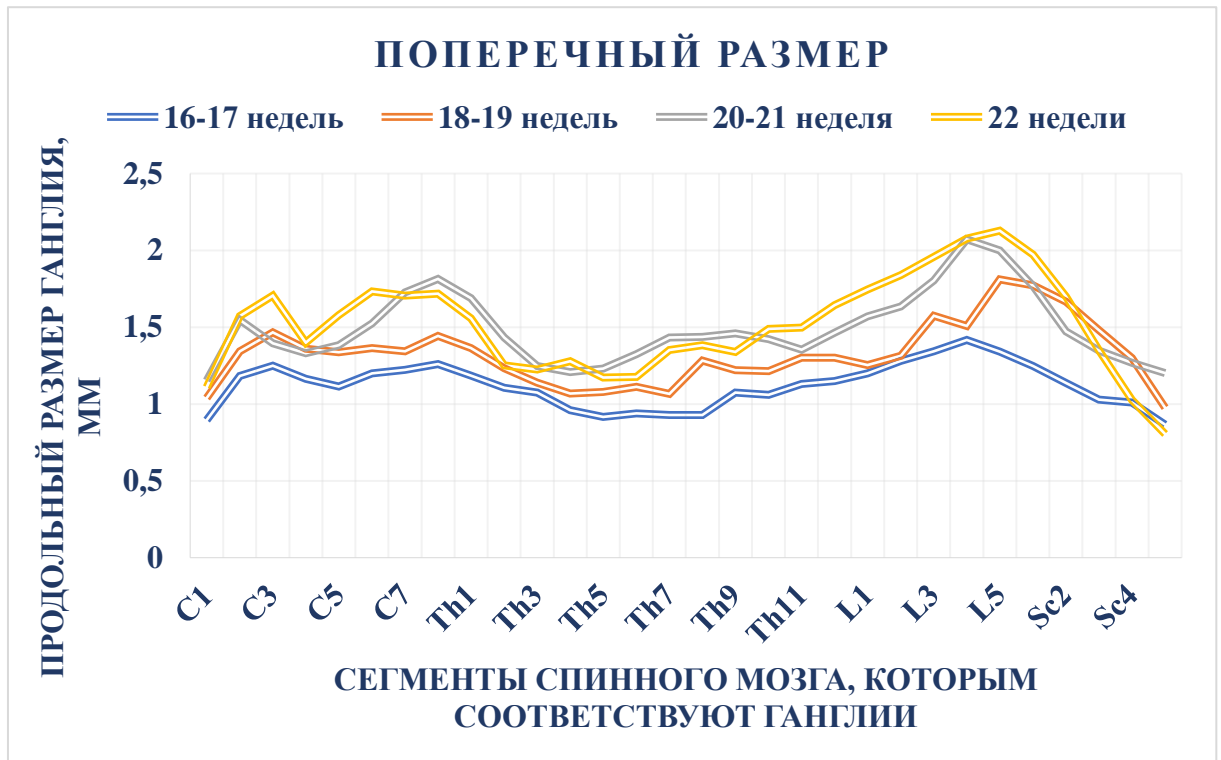
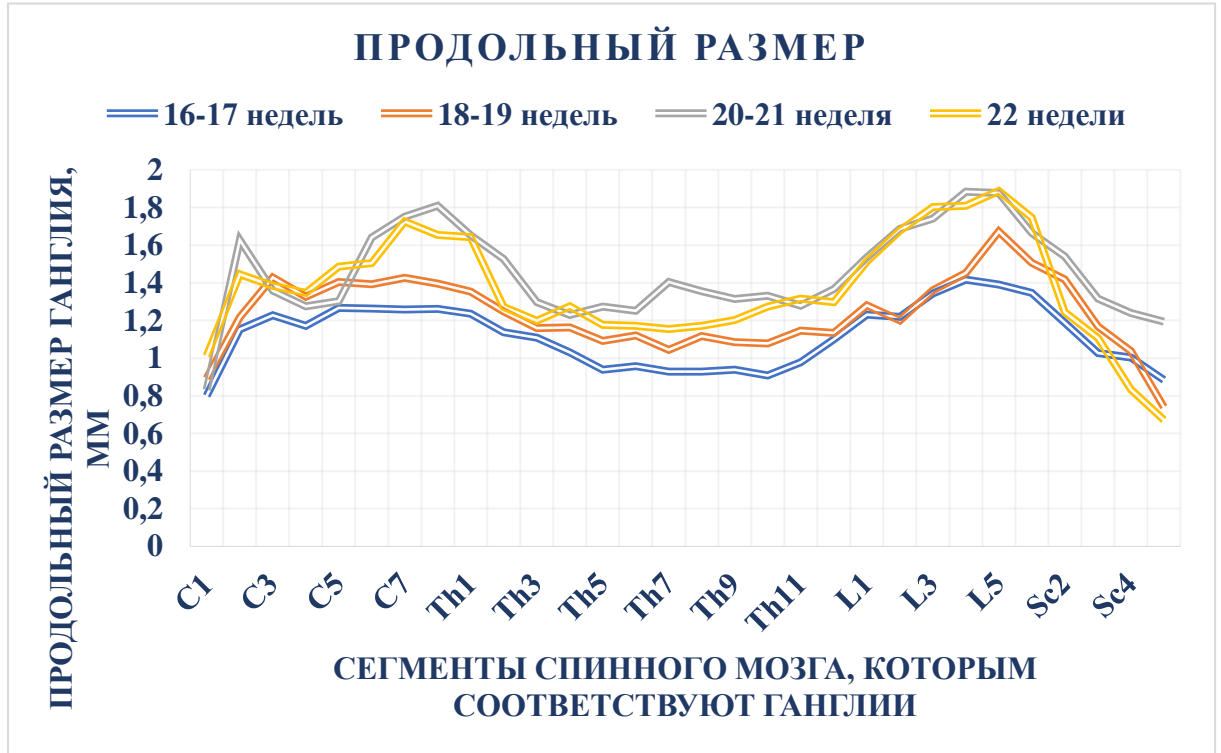
**Размер крестцовых спинномозговых ганглиев
в 16-22 недели внутриутробного развития ($X \pm S_x$, мм)**

Уровень ганглия	продольный диаметр слева			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Sc1	1,35±0,02	1,51±0,03	1,67±0,02	1,75±0,04
Sc2	1,19±0,04	1,42±0,09	1,54±0,02	1,24±0,04
Sc3	1,03±0,04	1,17±0,06	1,32±0,03	1,11±0,04
Sc4	1,00±0,04	1,04±0,07	1,24±0,02	0,83±0,05
Sc5	0,89±0,05	0,85±0,06	1,19±0,02	0,67±0,04
Уровень ганглия	поперечный диаметр слева			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Sc1	1,25±0,03	1,77±0,04	1,77±0,05	1,97±0,03
Sc2	1,14±0,04	1,67±0,06	1,47±0,02	1,70±0,04
Sc3	1,03±0,04	1,48±0,03	1,35±0,03	1,35±0,05
Sc4	1,01±0,04	1,30±0,07	1,27±0,02	1,03±0,04
Sc5	0,87±0,04	0,98±0,06	1,20±0,03	0,81±0,03
Уровень ганглия	продольный диаметр справа			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Sc1	1,34±0,02	1,55±0,04	1,65±0,04	1,75±0,04
Sc2	1,12±0,05	1,45±0,03	1,49±0,03	1,3±0,04
Sc3	1,02±0,04	1,17±0,04	1,34±0,03	1,12±0,05
Sc4	1,06±0,04	1,09±0,05	1,28±0,03	0,76±0,06
Sc5	0,70±0,03	0,74±0,04	1,19±0,03	0,73±0,05
Уровень ганглия	поперечный диаметр справа			
	16-17 недели	18-19 недели	20-21 недели	22 неделя
Sc1	1,40±0,04	1,82±0,05	1,80±0,06	1,97±0,05
Sc2	1,10±0,05	1,51±0,07	1,49±0,02	1,49±0,06
Sc3	1,02±0,06	1,35±0,03	1,33±0,02	1,22±0,04
Sc4	1,07±0,05	1,29±0,06	1,29±0,02	0,92±0,04
Sc5	0,71±0,03	0,88±0,05	1,26±0,03	0,86±0,05

Комплексный анализ морфометрических данных чувствительных спинномозговых ганглиев всех частей спинного мозга представлен в диаграммах 22 и 23. Из диаграммы видно, что наиболее вариабельным в рассматриваемом периоде онтогенеза человека является продольный размер чувствительных ганглиев, особенно на сроке 20-21 недели развития. Несмотря на это отчетливо видна общая тенденция изменения показателей продольного размера чувствительных спинномозговых ганглиев разных сегментов спинного мозга во всех возрастных группах. Продольный диаметр ганглиев резко увеличивается от C_1 к C_2-C_3 , затем уменьшается к C_5 и снова плавно увеличивается к C_8-Th_1 . Данная особенность связана с формированием плечевого сплетения и движением верхних конечностей. Продольный размер ганглиев $Th_2 - Th_{11}$ меньше предыдущих и имеют приблизительно равные значения. В то время, как количественные значения этого параметра ганглиев $Th_{12}-L_5$ снова возрастают и имеют наибольшие значения по сравнению со всеми спинномозговыми ганглиями, что можно объяснить формированием поясничного сплетения и иннервацией нижних конечностей. Показатели продольного диаметра крестцовых ганглиев снова уменьшаются и достигают минимальных значений у ганглия Sc_5 .

В отношении поперечного диаметра чувствительных ганглиев спинномозговых нервов можно отметить сохранение вышеописанной особенности, однако изменение данного морфометрического параметра происходит более плавно, а разница количественных данных между различными возрастными группами плодов менее заметна.

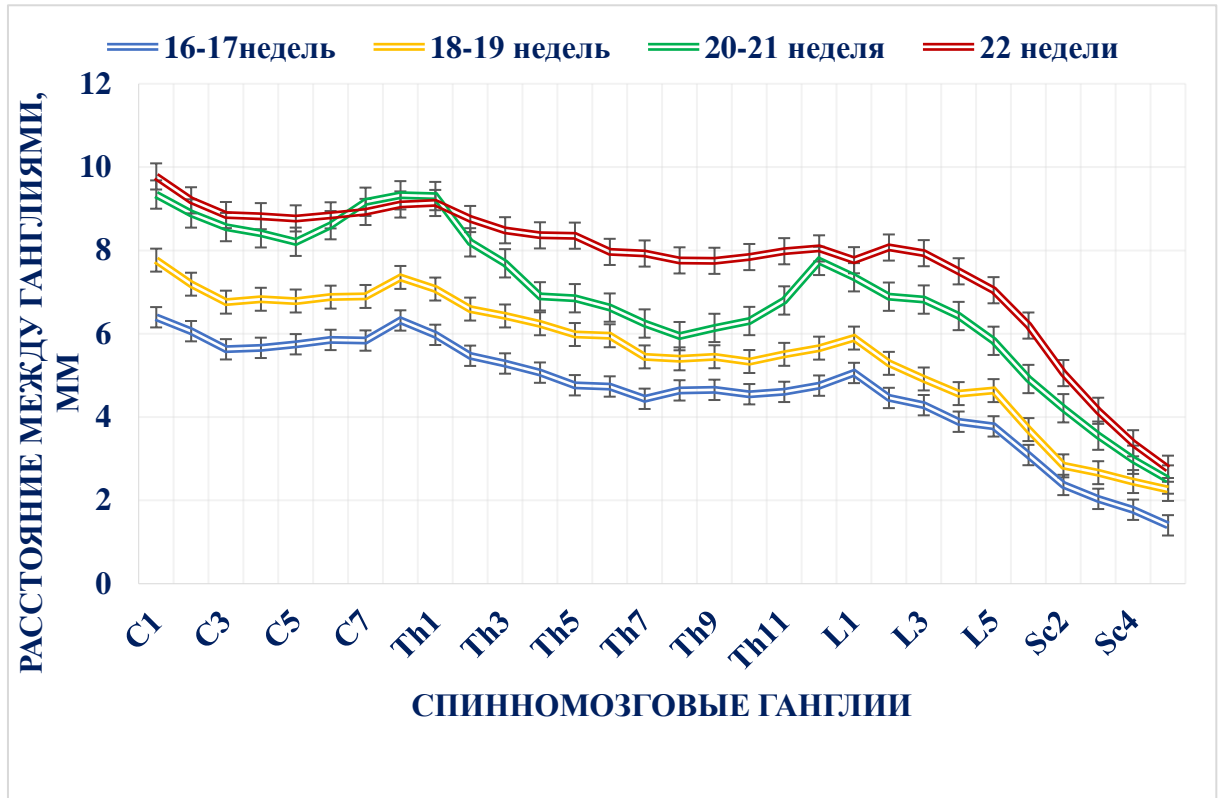
Продольный и поперечный размеры чувствительных спинномозговых ганглиев плода человека на сроке 16-22 недели развития



С клинической точки зрения является важным знание топографических взаимоотношений чувствительных спинномозговых ганглиев. На макропрепаратах отчетливо определяется различное взаиморасположение ганглиев одной пары спинномозговых нервов в зависимости от сегмента, в который входит соответствующий корешок. Поэтому следующим этапом исследования стало измерение расстояния между ганглиями каждой пары спинномозговых нервов на всем протяжении спинного мозга во всех возрастных группах. Для обозначения данного параметра был применен термин «межганглионарная дистанция», а средние значения этой дистанции отражены на диаграмме 24. При сравнительном анализе было выявлено, что наибольшее расстояние между ганглиями имеет C_1 пара чувствительных спинномозговых ганглиев, которое в среднем составляет в 16-17 недели - $6,40 \pm 0,50$ мм (от 4,47 мм до 8,70 мм), в 18-19 недели - $7,77 \pm 0,6$ мм (при диапазоне значений 5,80 мм - 9,80 мм), в 20-21 недели - $9,34 \pm 0,05$ мм (размах составил 6,0 мм – 12,40 мм), в 22 недели - $9,78 \pm 0,06$ мм (при минимальном значении 6,45 мм и максимальном – 12,30 мм). В группах 18-19 и 22 недели развития наблюдается плавное уменьшение межганглионарной дистанции в краниокаудальном направлении от C_1 к Sc_5 . Следует отметить, что в группе 20-21 недели развития общая тенденция сохраняется, но более вариабельны значения дистанции в ганглиях C_5 - Th_1 и Th_{11} - L_2 .

Кроме того, из диаграммы видно, что при сравнении показателей межганглионарной дистанции разных возрастных групп наблюдается наибольшее увеличение ее показателей между группами 18-19 недели и 20-21 недели внутриутробного развития.

**Расстояние между чувствительными спинномозговыми ганглиями
у плодов 16-22 недели внутриутробного развития**



5.3. Резюме

Анатомия спинномозговых корешков в 16-22 недели внутриутробного развития представляет особый интерес. Это связано в первую очередь с тем, что твердая оболочка спинного мозга, окружающая сам спинной мозг, продолжается по корешкам в оболочки спинномозговых нервов. Таким образом, начальная часть корешка находится внутри субдурального пространства, а часть от оболочки до чувствительного спинномозгового ганглия продолжается уже окруженной твердой мозговой оболочкой. Следовательно, истинная длина корешка, а также его топография, значительно отличаются от таковых до рассечения твердой мозговой оболочки и после ее диссекции.

В связи с топографией сегментов спинного мозга шейные корешки в рассматриваемом периоде онтогенеза имеют горизонтальный ход. Длина шейных корешков увеличивается в краниокаудальном направлении. Однако, изменение интенсивности роста имеет обратную тенденцию. Грудные корешки имеют косо-нисходящий ход и отходят от твердой оболочки спинного мозга под углом. Следует отметить, что начальные отделы грудных корешков расположены гораздо выше, чем место выхода корешка из мешка твердой мозговой оболочки, поэтому интрадуральная часть корешка от спинного мозга до оболочки имеет большую длину, чем оставшаяся часть корешка от оболочки до чувствительного ганглия. В отношении интенсивности роста длины грудных корешков можно выделить гетерохронность изменения данного параметра.

Те же закономерности наблюдаются и в отношении поясничных корешков спинномозговых нервов, при этом обращает на себя внимание тот факт, что в начале изученного периода (16-19 недели внутриутробного развития) участки поясничных корешков от твердой оболочки до чувствительного ганглия уменьшаются в краниокаудальном направлении, но к 22 неделе развития снова увеличиваются. В свою очередь крестцовые корешки имеют свои особенности роста. Участки корешков от твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия в 16-19 недели увеличиваются от Sc1 к Sc5, в 20-21 недели развития все крестцовые корешки в твердой мозговой оболочке имеют приблизительно одинаковую длину, однако к 22 неделе снова наблюдается увеличение длины от первого к пятому крестцовым корешкам. За весь рассматриваемый период данный участок корешка увеличивается в среднем в 1,25 раз. В свою очередь истинная длина крестцовых корешков от спинного мозга до спинномозгового ганглия равномерно увеличивается от Sc1 к Sc5, и на протяжении рассматриваемого периода интенсивность роста данного показателя составляет 9-29%. Таким образом, в 16-22 недели внутриутробного развития имеется существенная разница между длиной корешков в твердой мозговой оболочке (от мешка

твёрдой мозговой оболочки до чувствительного ганглия) и длиной корешка после ее удаления (от спинного мозга до чувствительного ганглия). Степень выраженности этой разницы зависит от уровня сегмента спинного мозга, от которого отходит соответствующий корешок. В шейных спинномозговых нервах длина корешка в твёрдой мозговой оболочке и без нее представлена в соотношении 1:2, в грудных – 1:2,5-3,5, в поясничных – 1: 4,5-5, в крестцовых – 1:10-11.

В анатомии и топографии чувствительных спинномозговых ганглиев в рассматриваемом периоде онтогенеза тоже можно выделить свои особенности в отношении их формы, размеров и расположения. Шейные ганглии расположены экстрафораминально, их форма близка к овальной, а расположение ориентировано строго в горизонтальной плоскости. Грудные ганглии расположены интрафораминально и имеют более округлую форму. Первый грудной чувствительный ганглий отличается от остальных и имеет параметры, близкие к шейным ганглиям. Поясничные и крестцовые ганглии расположены внутри позвоночного канала, имеют вытянутую овальную форму и расположены под углом. В отношении размеров чувствительных ганглиев можно выделить общую тенденцию увеличения в краниокаудальном направлении как продольного, так и поперечного диаметров в шейных и поясничных сегментах, а также уменьшения в грудных и крестцовых сегментах. Таким образом, самые большие размеры имеют поясничные спинномозговые ганглии.

ГЛАВА VI
ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИИ И ТОПОГРАФИИ СПИННОГО МОЗГА
ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ОТДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР
В 16-22 НЕДЕЛИ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ
(ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ)

Подводя итоги проведенного исследования, прежде всего следует отметить, что в рассматриваемом периоде онтогенеза спинной мозг как анатомическая структура полностью сформирован. Как и у взрослого человека, спинной мозг плода окружен оболочками и расположен в позвоночном канале. В ходе исследования было выявлено, что длина спинного мозга в 16-22 недели внутриутробного развития увеличивается на 35,19% от $65,30 \pm 0,96$ мм до $88,28 \pm 1,42$ мм. Однако интенсивность его роста неодинакова во всех рассматриваемых группах: наиболее интенсивно спинной мозг растет с 16 по 19 недели, после чего темп роста снижается. Полученные результаты согласуются с данными Астаховой А.Т., Быковой О.С., Парфеновой В.Н. (1970), которые говорят о том, что у плодов длина спинного мозга составляет 8,5-13,0 см. При этом к моменту рождения протяженность спинного мозга достигает 14-16 см, к десяти годам она увеличивается в 2 раза, а у взрослого человека составляет уже 43-45 см [Валькер Ф.И., 1959; Бурдей Г.Д., 1984; Школьников В.С., 2014; Mc. Cotter R.E., 1916].

Немаловажным является соотношение частей спинного мозга плода. Согласно собственным полученным данным в 16-22 недели внутриутробного развития на шейные сегменты приходится 24-27% длины спинного мозга человека, на грудные – 46-48%, на поясничные – 18-19%, а на крестцовые и копчиковый совокупно – 9-10%. В свою очередь у взрослого человека шейные сегменты составляют 23,2%, грудные - 56,4%, поясничные - 13,1%, крестцовые – 7,3% [Бурдей Г.Д., 1984].

В результате проведенного исследования установлено, что увеличение длины спинного мозга плода происходит в большей степени за счет грудной

части (темп прироста 41,81%) и крестцовой части (темп прироста 43,92%). Однако в различные возрастные периоды рассмотренного промежутка онтогенеза превалирует та или иная его часть. С 16 по 19 недели развития наиболее интенсивно растет поясничная часть (23,20%), с 18 по 21 недели превалирует рост крестцового отдела (24,82%), а к концу изученного периода (20-22 недели) наибольшее увеличение длины наблюдается у грудной части спинного мозга (12,43%). Неравномерное увеличение различных частей спинного мозга во время внутриутробного развития подтверждают и данные Щербаковой А.А. (1960), Бурдей Г.Д. (1984).

К рассмотренному периоду онтогенеза шейное и пояснично-крестцовое утолщения спинного мозга плода, согласно полученным результатам, уже сформированы. Шейное утолщение, длина которого составляет $16,39 \pm 0,50$ - $20,23 \pm 0,52$ мм, располагается на уровне позвонков C_{II} - C_{VII} - Th_1 . При этом наибольшая ширина утолщения в изученном периоде приходится на позвонки C_{II} - C_{IV} , наименьшая - на тело позвонка Th_1 . Пояснично-крестцовое утолщение в свою очередь меняет свою скелетотопию от тела позвонков Th_{XI} - L_{IV} в 16-17 недели развития до тела позвонков Th_X - L_{III} в 22 недели внутриутробного развития. По сравнению с шейным, пояснично-крестцовое утолщение спинного мозга у плода менее выражено. Его длина в рассмотренном периоде в среднем составляет $14,92 \pm 0,53$ - $18,20 \pm 0,50$ мм. В отношении ширины пояснично-крестцового утолщения можно отметить, что в начале изученного периода (16-17 недели развития) наибольшая ширина приходится на уровень тела позвонка L_I и составляет $3,38 \pm 0,10$ мм; в группах 18-19 и 20-21 недель развития наибольшую ширину имеют сегменты, находящиеся на уровне тела позвонка L_{II} ($3,50 \pm 0,16$ мм и $3,64 \pm 0,16$ мм соответственно); в конце изученного периода (22 недели гестации) самая широкая часть пояснично-крестцового утолщения снова приходится на тело позвонка L_I и составляет $3,95 \pm 0,21$ мм. Эти данные дополняют сведения М.А. Malas, М. Seker, А. Salbacak (2000).

Каудальной частью спинного мозга плода является мозговой конус. В рассмотренном отрезке онтогенеза наблюдается изменение его топографии. Настоящее исследование показало, что в 16-17 недели развития он начинается на уровне середины позвонка L_{IV}, заканчивается на уровне тела позвонка L_V, к 22 неделе развития конус поднимается и определяется уже в пределах от межпозвоночного диска L_{II-III} до нижнего края тела позвонка L_{III}. Такая топография является фетальной особенностью спинного мозга именно у плода, потому что у взрослого человека мозговой конус чаще всего заканчивается на уровне позвонков Th_{XII} - L_I [Demiryürek D., Aydingöz U., Akşit M.D. et al., 2002; Morimoto T. et al., 2013]. Так называемое «восхождение» мозгового конуса в пренатальном периоде описывают также А.А. Щербакова (1960), Malas M.A. (2001), Y. Zalel, O. Lehavi, O. Aizenstein (2006), Arthurs O.J. (2013), Shalaby S.A. (2015). При этом в первую половину пренатального онтогенеза темпы такого изменения наиболее выражены [Попова-Латкина Н.В., 1966, 1975; Streeter G. L., 1919; Vettivel S., 1991].

В 16-22 недели пренатального развития корешковые нити, формирующие спинномозговые корешки, выходят из спинного мозга не на всем его протяжении, поэтому на поверхности спинного мозга имеются бескорешковые пространства, протяженность которых различна во всех частях спинного мозга плода. В большей степени бескорешковые пространства выражены в грудной части спинного мозга, в наименьшей степени – в поясничной и крестцовой частях, где корешки формируют конский хвост. Следует отметить, что во всех случаях в отношении этого параметра была выражена билатеральная асимметрия. Полученные собственные данные по этому вопросу подтверждают исследования D. d'Avella, S. Mingrino (1979), Q. Hogan (1996), A. Karatas, S. Caglar, A. Savas (2005), E.F. Hauck, W. Wittkowski, H.W. Bothe (2008), J.P. Xiang, X.L. Liu, Y.B. Xu (2008), M. Bozkurt, S. Canbay, G.F. Neves (2012), Ö. Elvan, M. Aktekin, G.Kayan (2020), которые так же описывали уменьшение расстояния между корешками в каудальном

направлении. Кроме того, они описывали длину зоны входа и выхода корешковых нитей.

Поперечный размер спинного мозга плода человека напрямую зависит от топографии его сегментов и утолщений. В шейном отделе позвоночного столба в 16-17 недели его ширина составляет $3,18 \pm 0,15$ - $3,27 \pm 0,14$ мм, в 22 недели - $3,80 \pm 0,14$ - $3,96 \pm 0,14$ мм. В грудном отделе ширина спинного мозга уменьшается и в 16-17 недели составляет $2,13 \pm 0,11$ - $2,79 \pm 0,12$ мм, в 22 недели - $2,70 \pm 0,12$ - $3,77 \pm 0,15$ мм. В поясничном отделе позвоночного столба данный параметр спинного мозга снова увеличивается в 16-17 недели до $2,73 \pm 0,12$ - $3,38 \pm 0,10$ мм, в 22 недели - $3,56 \pm 0,16$ - $3,95 \pm 0,21$ мм. Наиболее интенсивное увеличение ширины спинного мозга наблюдается в грудном отделе, кроме того, в переходных частях между шейным и грудным, а также между грудным и поясничным отделами.

В ходе исследования были также изучены морфометрические параметры твердой оболочки спинного мозга у плодов 16-22 недель развития. Длина твердой мозговой оболочки, окружающей спинной мозг, имеет большие значения по сравнению с длиной самого спинного мозга, в 16-17 недели составляет $73,43 \pm 2,10$ мм, а к 22 неделе увеличивается до $97,29 \pm 2,05$ мм. Несмотря на это, следует отметить, что интенсивность роста твердой мозговой оболочки уступает интенсивности роста спинного мозга и составляет 32,49% (по сравнению с 35,19 % у спинного мозга), но сохраняет наибольшую интенсивность роста в первой половине изучаемого периода. Относительно длины каждой части твердой оболочки спинного мозга можно сказать, что она повторяет закономерности самого спинного мозга, несмотря на то, что из-за особенностей фетальной скелетотопии спинного мозга его сегменты находятся выше, чем корешки, окруженные твердой оболочкой и обозначающие ее части. Рост твердой оболочки спинного мозга происходит в большей степени за счет крестцово-копчиковой части, которая увеличивается с 16 по 22 недели развития на 57,27%. В связи с тем, что твердая мозговая оболочка продолжается на спинномозговые корешки и образует для них

футляры, становится возможным измерение расстояний между этими футлярами, тождественное межкорешковым промежуткам спинного мозга. При сравнительном анализе было выявлено, что межкорешковые промежутки твердой оболочки имеют схожие закономерности, что и у спинного мозга, но с большими морфометрическими значениями. Поперечный размер твердой мозговой оболочки повторяет общие закономерности ширины спинного мозга с некоторыми особенностями: во всех возрастных группах он уменьшается в краниокаудальном направлении от C_1 до Th_{IV-V} , достигает наименьших значений на уровне грудных позвонков, после чего снова увеличивается. Относительно темпа прироста поперечного размера твердой оболочки у плода в рассмотренном периоде развития следует отметить, что его наиболее интенсивный рост наблюдается в шейном (32-37%) и поясничном (22-41%) отделах. Разница в ширине твердой мозговой оболочки спинного мозга и шириной самого спинного мозга наиболее выражена в шейном отделе, а также на уровне нижних поясничных позвонков, особенно в местах окончания спинного мозга. Ранее исследователи не рассматривали этот вопрос.

Многими авторами особое внимание уделялось взаимоотношениям спинного мозга с позвоночным столбом [Попова-Латкина Н.В., 1966, 1975; Бурдей Г.Д., 1984]. Наибольшие разногласия среди различных исследователей вызывает скелетотопия сегментов спинного мозга. В основе общепринятых закономерностей скелетотопии сегментов спинного мозга взрослого лежат работы Antony Chirault (1866-1920). Кроме того, топография спинного мозга взрослого человека отражена в работах В.М. Бехтерева (1911), Г.Д. Бурдей (1960), А.Т. Астаховой (1970), S. Govender (1989).

Однако, в топографии сегментов спинного мозга плода человека в 16-22 недели развития наблюдаются абсолютно другие закономерности. Анализ данных, полученных при макромикроскопическом препарировании торсов плодов, позволил выделить некоторые закономерности в скелетотопии каждого сегмента спинного мозга человека в 16-22 недели внутриутробного развития. Во всех изученных группах плодов шейная часть спинного мозга

находится в пределах шейного отдела позвоночного столба. В 16-21 недели развития шейные сегменты располагаются на уровне вышележащего позвонка таким образом, что нижней границей шейной части спинного мозга является позвонок C_{VII} или межпозвоночный диск $C_{VII} - Th_I$. К 22 неделе гестации наблюдается восхождение шейной части спинного мозга, которая на данном сроке заканчивается на уровне межпозвоночного диска $C_{VI} - C_{VII}$, в некоторых случаях доходя до верхнего края позвонка C_{VII} . Данные литературы подтверждают тот факт, что шейные сегменты подвержены меньшим изменениям в онтогенезе по сравнению с другими частями [Бурдей Г.Д., 1960, 1969, 1984; Попова-Латкина Н.В., 1966, 1975].

Относительно грудной части спинного мозга можно выделить особенности скелетотопии в каждой изученной возрастной группе плодов. В 16-17 недель грудные сегменты расположены между первым грудным позвонком (Th_I) и верхней $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ позвонка Th_{XI} , при этом сегменты $Th_1 - Th_7$ располагаются на уровне соответствующих позвонков, а начиная с сегмента Th_8 наблюдается тенденция к расположению на один позвонок выше. В 18-19 недель грудная часть спинного мозга занимает пространство позвоночного канала от позвонка Th_I до позвонка Th_{XI} , и все сегменты (за исключением первого грудного Th_1) располагаются на один позвонок выше. В 20-21 недели развития скелетотопическая картина грудной части спинного мозга схожа с предыдущей группой, однако грудные сегменты занимают положение от межпозвоночного диска $C_{VII} - Th_I$ до позвонка Th_{XI} , реже до диска $Th_{XI} - Th_{XII}$. К 22 неделе развития грудная часть спинного мозга занимает более высокое положение и соответствует позвонкам $C_{VII} - Th_X$. При этом сегменты $Th_1 - Th_3$ располагаются на один позвонок выше, а сегменты $Th_4 - Th_{12}$ уже на два позвонка выше.

Скелетотопия поясничной части спинного мозга плода является наиболее вариабельной. В 16-17 недель она начинается на уровне позвонка Th_{XI} и заканчивается на уровне тела позвонка L_{II} (иногда на уровне диска $L_{II} - L_{III}$). В 18-19 недель поясничные сегменты распределяются между телом

позвонка Th_{XI} (реже диском Th_{XI} -Th_{XII}) и диском L_{II} - L_{III} (реже телом L_{III}). В следующей возрастной группе (20-21 недели) поясничные сегменты находятся между диском Th_{XI} -Th_{XII} и диском L_{II} - L_{III}. К концу изученного периода (22 неделя) поясничная часть спинного мозга человека начинается от тела позвонка Th_{XI} и заканчивается на уровне верхней ½ L_{II}. Крестцовые и копчиковый сегменты спинного мозга в рассматриваемых возрастных группах изменяют свою скелетотопию в сторону постепенного «восхождения» нижней границы спинного мозга.

Таким образом в начале изученного периода (16-17 недели внутриутробного развития) крестцовая и копчиковая части спинного мозга располагаются на уровне позвонков L_{III} – L_V, в 17-18 недели гестации – на уровне позвонков L_{III} – L_{IV} (в редких случаях достигая уровня LV), в 20-21 недели крестцовые и копчиковый сегменты начинаются на уровне межпозвоночного диска L_{II} -L_{III} и заканчиваются на уровне верхней ½ тела позвонка L_{IV}, однако к 22 неделе развития эти сегменты располагаются на уровне позвонков L_{II}-L_{III}. Эти собственные данные подтверждаются в работах Бурдей Г.Д. (1960, 1964, 1969,1984), в которых описана нижняя граница спинного мозга плода. Вопрос о нижней границе спинного мозга является самым дискуссионным в топографии каудальной части позвоночного столба. У взрослых наиболее часто спинной мозг заканчивается на уровне верхнего края тела позвонка L_{II}, реже – на уровне тела позвонка L_I и L_{III} [Thompson A., 1894; Толкачев И.В., 1958; Arthur F. Reimann, Barry J. Anson, 1944; Триумфов А.В., 1964].

Взаимоотношения спинного мозга плода с твердой мозговой оболочкой и позвоночным каналом также вызывают интерес многих исследователей [Петровский И.Н., 1975; Родионов А.А., 2014, 2015, 2019,2020]. Согласно собственным полученным данным площадь поперечного сечения спинного мозга в шейном отделе составляет в 16-17 недель внутриутробного развития 27-34% от площади поперечного сечения позвоночного канала, в 18-19 недель – 23-27%, в 20-21 недели – 30-35%, в 22 недели – 33-35%. В грудном отделе

средняя площадь поперечного сечения спинного мозга от площади поперечного сечения позвоночного канала в 16-17 недель достигает 17-24%, в 18-19 недель – 15-21%, в 20-21 недели – 21-29%, в 22 недели – 22-33%. В поясничном отделе этот показатель по возрастным группа плодов соответственно составил 19-31%, 16-20%, 18-36% и 19-22%. Широкий диапазон значений в поясничном отделе объясняется изменением топографии мозгового конуса и конского хвоста и не противоречит данным Петровского И.Н. (1975). Следует отметить, что в рассматриваемом периоде онтогенеза в шейном отделе позвоночного столба твердая мозговая оболочка прилежит ближе к стенке позвоночного канала, чем к спинному мозгу. Это говорит о большей выраженности субдурального пространства по сравнению с эпидуральным. Относительно грудного отдела необходимо отметить значительную вариабельность во взаимоотношениях спинного мозга, твердой мозговой оболочки и позвоночного канала. При этом отмечается сильная корреляционная зависимость между всеми этими структурами во всех возрастных группах.

В промежуточном плодном периоде онтогенеза человека, в частности в 16-22 недели внутриутробного развития, корешковые нити, входящие в заднюю латеральную борозду и выходящие из передней латеральной борозды спинного мозга, формируют соответственно задний и передний корешки спинномозговых нервов. В связи с тем, что твердая оболочка спинного мозга, окружив сам спинной мозг, продолжается на корешки и формирует так называемые футляры, одна часть корешка располагается внутри субдурального пространства, а вторая – продолжается от мешка твердой мозговой оболочки до ганглия, окруженная ею. Таким образом, были проведены как измерения длины корешка на всем протяжении от спинного мозга до спинномозгового ганглия, так и той части корешка, которая визуализируется до диссекции твердой мозговой оболочки (т.е. от мешка твердой мозговой оболочки до спинномозгового ганглия). Морфометрические данные корешков имеют прямую зависимость от

скелетотопии сегментов спинного мозга. Шейные корешки в рассмотренном периоде онтогенеза имеют горизонтальный ход. Наименьшую длину в твердой мозговой оболочке имеет корешок C_1 . В начале изученного периода его средняя длина составила слева $0,60 \pm 0,09$ мм, справа - $0,64 \pm 0,07$ мм. К концу изученного периода длина участка корешка C_1 слева и справа составила $1,20 \pm 0,10$ мм. При этом истинная длина корешка от спинного мозга до ганглия в 16-17 недель составила слева $1,15 \pm 0,09$ мм, справа - $1,20 \pm 0,10$ мм, а к 22 неделе развития увеличилась до $2,07 \pm 0,08$ мм и $2,03 \pm 0,07$ мм соответственно. В отношении грудных корешков можно сказать, что они отходят от спинного мозга под углом. В связи с изменением скелетотопии грудных сегментов спинного мозга плода, в субдуральном пространстве оказывается большая часть длины грудных корешков по сравнению с шейными. Степень выраженности этой зависимости увеличивается от Th_1 к Th_{12} . Так, истинная длина корешка Th_{12} от спинного мозга до ганглия в 16 недель развития в среднем слева составляет $5,36 \pm 0,10$ мм, но до удаления твердой оболочки визуализируется лишь участок корешка от твердой оболочки до ганглия длиной $2,42 \pm 0,15$ мм, справа эти показатели равны $5,60 \pm 0,08$ мм и $1,96 \pm 0,05$ мм соответственно. К 22 неделе развития эта разница становится еще более выраженной: длина корешка Th_{12} слева составляет $7,74 \pm 0,37$ мм (участок, окруженный твердой мозговой оболочкой - $2,72 \pm 0,14$ мм), справа - $7,91 \pm 0,39$ мм (визуализируемая часть в твердой оболочке спинного мозга - $2,70 \pm 0,16$ мм). В свою очередь поясничные и крестцовые спинномозговые корешки отходят от спинного мозга под еще более острым углом и формируют конский хвост. Следует отметить, что во всех возрастных группах наблюдалось равномерное увеличение длины корешков в краниокаудальном направлении. Таким образом, полная длина корешка от спинного мозга до спинномозгового ганглия во всех случаях больше, чем длина визуализируемой части корешка в твердой мозговой оболочке. Степень выраженности этой разницы зависит от уровня сегмента спинного мозга, от которого отходит соответствующий корешок. В шейных спинномозговых нервах длина корешка в твердой

мозговой оболочке и без нее представлена в примерном соотношении 1:2, в грудных – 1:2,5-3,5, в поясничных – 1: 4,5-5, в крестцовых – 1:10-11. Такая закономерность связана с особенностями развития каудальных отделов твердой мозговой оболочки, спинного мозга и формированием мозгового конуса и конского хвоста. Схожие тенденции, но в меньшей степени выраженности описано рядом авторов и у взрослого человека [d'Avella D., 1979; Karatas A., 2005; Xiang J.P., 2008; Zhou M.W., 2010; Bozkurt M., 2012; Leng L., Liu L., Si D., 2018].

Особый интерес в рассматриваемом периоде онтогенеза представляют спинномозговые ганглии. В зависимости от сегмента спинного мозга, в который входит соответствующий задний корешок спинномозгового нерва, чувствительные ганглии отличаются между собой по размеру, форме и расположению ганглия в позвоночном канале. Шейные ганглии в 16-22 недели внутриутробного развития по форме близки к овальным, располагаются в межпозвоночных отверстиях экстрафораминально (т.е. занимают более латеральное положение) и ориентированы строго в горизонтальной плоскости. Следует отметить, что спинномозговой ганглий корешка С₁ имеет меньшие размеры по сравнению с другими шейными спинномозговыми ганглиями. Эта особенность характерна также и для взрослого человека [Берсенев В.А., 1980; Tubbs, R.S., 2007; West C.A., 2012; Haberberger R.V., Barry C., Dominguez N., 2019]. По сравнению с шейными ганглиями грудные занимают в межпозвоночном отверстии более медиальное положение, т.е. располагаются интрафораминально. Форма грудных чувствительных ганглиев близка к округлой, что подтверждается морфометрическими данными максимального продольного и максимального поперечного диаметров. В свою очередь поясничные и крестцовые ганглии расположены внутри позвоночного канала, имеют вытянутую овальную форму, но расположены под углом (по сравнению с горизонтальными шейными) вследствие косо-нисходящего хода поясничных и крестцовых корешков, образующих конский хвост. В отношении размеров спинномозговых ганглиев можно выделить общую тенденцию увеличения в

краниокаудальном направлении как продольного, так и поперечного диаметров в шейных и поясничных сегментах, и уменьшения в грудных и крестцовых сегментах. Таким образом, самые большие размеры имеют поясничные спинномозговые ганглии. Схожие данные о положении чувствительных ганглиев в позвоночном канале у взрослого человека изложены в работах S. Yabuki (1996), H.S.Moon (2010).

Таким образом, полученные в результате исследования данные дополняют имеющиеся фундаментальные знания об анатомии и топографии спинного мозга человека и прилежащих структур в пренатальном онтогенезе. Они могут быть использованы для пренатальной диагностики врожденных пороков развития нервной трубки, внутриутробной коррекции таких пороков, а также при выполнении манипуляций на глубоко недоношенных новорожденных и детей с экстремально низкой массой тела.

ВЫВОДЫ

1. В 16-22 недели внутриутробного развития спинной мозг человека представляет собой сформированную анатомическую структуру с четко определяющимися шейным и пояснично-крестцовым утолщениями. Его длина увеличивается в рассматриваемом периоде на 35,19% преимущественно за счет роста грудной и крестцово-копчиковой частей.

2. Скелетотопия сегментов спинного мозга в рассмотренном периоде онтогенеза не соответствует общепринятому правилу Шипо и имеет свои закономерности в каждой изученной возрастной группе плодов. С 16 по 22 недели внутриутробного развития наблюдается так называемое «восхождение» мозгового конуса с середины тела позвонка L_{IV} до межпозвоночного диска L_{II-III}, реже до нижнего края тела позвонка L_{III}.

3. Спинной мозг плода занимает 88,9%-91,3% протяженности твердой оболочки спинного мозга. Интенсивность роста длины твердой оболочки спинного мозга (32,49%) уступает показателям интенсивности роста самого спинного мозга (35,19%) и происходит в большей степени за счет поясничной и крестцово-копчиковой частей.

4. Площадь поперечного сечения спинного мозга в 16-22 недели пренатального онтогенеза имеет сильную положительную корреляционную зависимость с площадью позвоночного канала, при этом положение спинного мозга в позвоночном канале различается в зависимости от отдела позвоночника плода.

5. В изученном периоде онтогенеза истинная длина участка спинномозгового корешка от спинного мозга до чувствительного ганглия спинномозгового нерва значительно отличается от участка, визуализируемого в футляре твердой оболочки (от мешка твердой мозговой оболочки до чувствительного ганглия). В шейных спинномозговых нервах длина корешка в твердой мозговой оболочке и без нее представлена в соотношении 1:2, в грудных – 1:2,5-3,5, в поясничных – 1:4,5-5, в крестцовых – 1:10-11.

6. Форма и расположение чувствительных ганглиев спинномозговых нервов плода зависят от части и сегмента спинного мозга. Первый шейный чувствительный ганглий плода отличается от остальных наименьшими размерами. Первый грудной чувствительный ганглий имеет параметры, близкие к шейным ганглиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ФЗ РФ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» № 323-ФЗ от 21 ноября 2011 года.
2. Постановление Правительства РФ №98 от 6 февраля 2012 года «О социальном показании для искусственного прерывания беременности».
3. Постановление Правительства РФ №750 от 21 июля 2012г. «Об утверждении Правил передачи неостребованного тела, органов и тканей умершего человека для использования в медицинских, научных и учебных целях, а также использования неостребованного тела, органов и тканей умершего человека в указанных целях»
4. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 6 июня 2013 г. N 354н «О порядке проведения патолого-анатомических вскрытий»
5. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 октября 2020 г. N 1130н "Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю "акушерство и гинекология".
6. Абрамян М.А. Открытая и пункционная хирургия плода в современном акушерстве / М.А. Абрамян [и др.] // Акушерство и гинекология. – 2014. – № 1. – С. 3-8.
7. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. Руководство. – М.: Медицина. – 1990. – 384 с.: ил.
8. Аль-Абси Е.А.М. Лучевая диагностика пороков развития каудального отдела спинного мозга и позвоночника в детском возрасте / Е.А.М. Аль-Абси // Атореф. ...дис. Канд. мед. Наук - Санкт-Петербург, 2009. – 22 с..
9. Анализ частоты выявления врожденных пороков развития у плодов за последние 5 лет (2013-2017) / С. В. Нагорнева, В. С. Прохорова, Е. В. Шелаева, А. М. Худовекова // Журнал акушерства и женских болезней. – 2018. – Т. 67, № 3. – С. 44-48.
10. Анатомия внутреннего позвоночного венозного сплетения и ее прикладное значение в клинической практике / А. А. Родионов, И. В.

- Гайворонский, А. И. Гайворонский [и др.] // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2017. – № 1(57). – С. 232-236.
11. Анестезиологическое обеспечение открытой операции на плоде по коррекции Spina Bifida. Два клинических случая / К. А. Острик, А. В. Пырегов, К. А. Гладкова [и др.] // Анестезия и интенсивная терапия в акушерстве: редкие случаи и нестандартные ситуации, Москва, 23–25 ноября 2022 года. – Владивосток: Морской государственный университет имени адм. Г.И.Невельского, 2022. – С. 137-148.
 12. Астахова А.Т. К топографии спинного мозга и спинальных ганглиев у плодов, новорожденных и детей раннего возраста / А.Т. Астахова, О.С. Быков, В.Н. Парфенов // Труды Красноярского медицинского института. – 1970. – сб. 9. - №5. – с. 13-16.
 13. Берсенев В.А. Шейные спинномозговые узлы / В.А. Берсенев. - М.: Медицина, 1980 - 208с.
 14. Бехтерев В.М. Общая диагностика болезней нервной системы / В.М. Бехтерев. – Спб., 1911. – ч. 1. – с.263.
 15. Боев В.М. Кровеносные сосуды спинномозговых ганглиев / В.М. Боев // Автореф. ...дис. канд. мед. наук – М., 1977. – 16 с.
 16. Бурдей Г. Д. Спинной мозг / Г. Д. Бурдей. – Саратов, 1984. – 236 с.
 17. Бурдей Г.Д. Возрастные особенности межкорешковых промежутков спинного мозга // Материалы 10-й научной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии. – 1971. – Т.1. – с. 66-67.
 18. Бурдей Г.Д. Количественная характеристика диссимметрии уровня расположения корешков спинного мозга человека // Материалы 5-й Поволжской конференции физиологов, биохимиков, фармакологов с участием морфологов. – Ярославль. – 1969. – с. 426-427.
 19. Бурдей Г.Д. Скелетотопия сегментов спинного мозга детей раннего возраста // Вопросы нейрохирургии. – 1960. - №4. – с. 38-39.

20. Бурдей Г.Д. Элементы асимметрии в строении спинного мозга // Вопросы нейрохирургии, невропатологии и психиатрии. – 1975. – с. 29-31.
21. Валькер Ф.И. Морфологические особенности развивающегося организма / Ф.И. Валькер. – Л.: Медгиз, 1959. – 206 с.
22. Возможности ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии в диагностике пренатальных инсультов / А. М. Коростышевская, Д. В. Цыденова, А. А. Савелов, А. А. Тулупов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. – 2015. – Т. 13, № 4. – С. 33-39.
23. Возрастные особенности строения жировой клетчатки эпидурального пространства спинного мозга / И. В. Гайворонский, А. А. Родионов, С. С. Целуйко [и др.] // Достижения современной морфологии - практической медицине и образованию : Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию Курского государственного медицинского университета, 120-летию со дня рождения профессора К.С. Богоявленского, 100-летию со дня рождения профессора Д.А. Сигалевича, 100-летию со дня рождения профессора З.Н. Горбацевич, Курск, 21–23 мая 2020 года / Под редакцией В.А. Лазаренко. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2020. – С. 115-124.
24. Галеева Э.Н. Закономерности становления топографии и анатомии лимфоидной системы грудной и брюшной полостей в промежуточном плодном периоде онтогенеза человека и их прикладное значение // Э.Н. Галеева // Автореф. ... дисс. докт. мед. наук – Оренбург, 2016. – 42с.
25. Гулина Ю.В. Анатомия скелета таза в промежуточном плодном периоде онтогенеза человека / Ю.В. Гулина // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук – Оренбург, 2020. – 25с.

26. Гусев Д.В. Макроскопическая анатомия и топография заднего мозга человека в промежуточном плодном периоде онтогенеза // Автореф. ...дисс. канд. мед. наук – Оренбург, 2020. – 26с.
27. Данилов Р.К. Общая и медицинская эмбриология / Р.К. Данилов, Т.Г. Боровая. – СПб.: СпецЛит, 2003. – 231с.
28. Демикова Н. С. Частота и временные тренды дефектов нервной трубки в регионах Российской Федерации / Н. С. Демикова, М. А. Подольная, А. С. Лапина // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2019. – Т. 64, № 6. – С. 30-38.
29. Заточная В. В. Формирование позвоночного канала в эмбриогенезе человека / В. В. Заточная // Морфологические ведомости. – 2018. – Т. 26, № 1. – С. 33-37.
30. Иванов В. А. Профилактика и методы лечения дефекта развития нервной трубки плода - Spina bifida / В. А. Иванов, А. С. Бартенева, И. И. Гелеван // Интегративные тенденции в медицине и образовании. – 2022. – Т. 4. – С. 61-66.
31. Исенгулова А.Ю. Анатомия и топография шейных, грудных, поясничных позвонков и межпозвоночных дисков в промежуточном плодном периоде онтогенеза человека // Автореф. ...дисс. канд. мед. наук – Оренбург, 2022. – 25с.
32. Каган И. И. Венозное русло центральной нервной системы: клиническая анатомия и нарушения венозной циркуляции / И. И. Каган. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа", 2016. – 496 с.
33. Карафа-Корбут Н.О. Основы эмбриологии: учебное пособие / Н.О. Карафа-Корбут. – М.:ЛОГОМАГ, 2021. – 40с.
34. Кириллова И. А. Тератология человека: Руководство для врачей / И. А. Кириллова, Г. И. Кравцова, Г. В. Кручинский. – М.:Медицина, 1991. – 480 с.

35. Классификация заболеваний позвоночника и спинного мозга у детей / В. Г. Воронов, А. А. Зябров, А. А. Иванов, Е. Г. Потемкина // Нейрохирургия и неврология детского возраста. – 2010. – № 3-4(25-26). – С. 42-52.
36. Колесников Л.Л. Международная анатомическая терминология / Л.Л. Колесников. – М.: Медицина, 2003. – 424 с.
37. Коростышевская А. М. МРТ плода - на страже пренатального потенциала здоровья человека / А. М. Коростышевская, Д. В. Циденова, А. А. Савелов // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2014. – Т. 9, № 2. – С. 652-653.
38. Коростышевская А. М. Роль магнитно-резонансной томографии плода в диагностике врожденных пороков развития / А. М. Коростышевская, А. А. Савелов // Бюллетень сибирской медицины. – 2012. – Т. 11, № 5. – С. 128-131.
39. Лазорт Г. Васкуляризация и гемодинамика спинного мозга / Г. Лазорт, А. Гаузе, Р. Джинджиан. – М.: Медицина, 1977. – 256 с.
40. Лисицкая С.В. Топографическая анатомия почек и надпочечников человека в раннем плодном периоде онтогенеза / С.В. Лисицкая // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. - Оренбург, 2010. - 26 с.
41. Луцай Е.Д. Закономерности макромикроскопического строения и микротопографии гортани человека на этапах онтогенеза / Е.Д. Луцай // Автореф. ... дисс. докт. мед. наук. – Оренбург, 2013. – 42с.
42. Лучевая диагностика. Позвоночник: практическое руководство / И. Гервиг, Б. Хальперн, М. Андреас [и др.]. – М.: МЕДпресс-информ, 2015. – 320с.
43. Лященко Д.Н. Закономерности становления топографии и анатомия сердца и крупных сосудов средостения в раннем плодном периоде онтогенеза человека и их прикладное значение / Д.Н. Лященко // Автореф. ... дисс. докт. мед. наук. – Оренбург, 2013. – 42с.
44. Медведев М.В. Нормальная ультразвуковая анатомия плода / М.В. Медведев, Н.А. Алтынник. – М.: Реал Тайм, 2008. – 152с.

45. Медицина плода: обзор литературы и опыт Национального медицинского исследовательского центра акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова / К. В. Костюков, К. А. Гладкова, В. А. Сакало [и др.] // Доктор.Ру. – 2019. – № 11(166). – С. 35-43.
46. Михайлов С.Н. Топографическая анатомия трахеи и главных бронхов человека в раннем плодном периоде онтогенеза / С.Н. Михайлов // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 2008. – 26с.
47. Модель коллатерального кровоснабжения спинного мозга для оценки его функции при вмешательствах на аорте / В. С. Аракелян, А. Ю. Городков, В. Г. Папиташвили, В. Л. Хон // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2015. – Т. 16, № S6. – С. 109.
48. Морфологические критерии сегментации позвоночного венозного бассейна и его взаимосвязи с системными венами / А. А. Родионов, И. В. Гайворонский, А. И. Гайворонский, С. В. Виноградов // Морфология. – 2016. – Т. 150, № 5. – С. 31-37.
49. Морфология соединительнотканых структур эпидурального пространства спинного мозга человека / И. В. Гайворонский, А. А. Родионов, А. И. Гайворонский [и др.] // Медицина и образование. – 2021. – № 1(7). – С. 5-9.
50. Муртазина Н.И. Макромикроскопическая и ультразвуковая анатомия щитовидной железы в промежуточном плодном периоде онтогенеза человека / Н.И. Муртазина // Автореф. ... дисс. канд. наук – Оренбург, 2023. – 25с.
51. Найденова С.И. Макромикроскопическая и ультразвуковая анатомия глазного яблока и глазницы в промежуточном плодном периоде онтогенеза человека / С.И. Найденова // Автореф. ... дисс. канд. наук – Оренбург, 2022. – 25с.

52. Никифорова С.А. Анатометрические особенности плода у инфицированных беременных / С.А. Никифорова // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 2016. – 21с.
53. Николенко В. Н. Топографоанатомические соотношения периметра твердой оболочки и спинного мозга у взрослых людей / В. Н. Николенко // Морфология. – 1993. – Т. 105, № 9-10. – С. 121-122.
54. Ороанатомическая терминология с русскими эквивалентами. Oroanatomical Terminology with Russian Equivalents / Д.Б. Никитюк, Ю.Л. Васильев, С.С. Дыдыкин [и др.]. – М.: ТД ДеЛи, 2023. – 230с.
55. Основы эмбриологии по Пэттену: в 2 т. Т. 2 / Б. Карлсон ; пер. с англ.: Ю. К. Доронина, О. Б. Трубниковой ; под ред. Б. В. Конюхова. - М. : Мир, 1983. - 390 с.
56. Особенности кровоснабжения шейного отдела спинного мозга / З. Г. Нацвлишвили, Е. В. Огарев, А. К. Морозов, Г. И. Хохриков // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2004. – № 1. – С. 9-13.
57. Открытая внутриутробная хирургическая коррекция spina bifida у плода / М. А. Курцер, А. Г. Притыко, Е. И. Спиридонова [и др.] // Акушерство и гинекология. Новости. Мнения. Обучение. – 2018. – № 4(22). – С. 38-44.
58. Оценка особенностей спинального кровообращения, микроциркуляции в оболочках спинного мозга и нейровегетативной регуляции при сколиозе / С. П. Миронов, С. Т. Ветрилэ, З. Г. Нацвлишвили [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2006. – № 3. – С. 38-48.
59. Папиташвили В.Г. Роль дооперационной диагностики особенностей кровоснабжения спинного мозга в разработке тактики хирургического лечения у больных с заболеваниями грудного и торакоабдоминального отделов аорты / В.Г. Папиташвили // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Москва, 2009. – 25 с.

- 60.Петровский И.Н. Материалы количественной топографии морфологических структур в позвоночном канале человека / И.Н. Петровский // Труды Крым.мед.института. - 1975. - Т.60. - С.92-97.
- 61.Полякова В. А. Внутриматочная коррекция пороков развития плода / В. А. Полякова, Е. С. Ральченко // Медицинская наука и образование Урала. – 2012. – Т. 13, № 3-2(71). – С. 128-129.
- 62.Попова Р.А. Топографическая анатомия печени человека в раннем плодном периоде онтогенеза / Р.А. Попова // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 2005. – 24с.
- 63.Попова-Латкина Н.В. Анализ топографоанатомических корреляций между головным и спинным мозгом, черепом и позвоночником, их взаимодействие и взаимовлияние друг на друга в эмбриогенезе у человека / Н.В. Попова-Латкина // Сборник научных трудов, посвященный памяти академика АМН СССР С.А. Саркисова «Функционально-структурные основы системной деятельности и механизмы пластичности мозга». – М: Медицина, 1975. – с. 278-281.
- 64.Попова-Латкина Н.В. Развитие позвоночного столба и спинного мозга в эмбриональном периоде у человека / Н.В. Попова-Латкина // Вопросы антропологии. – 1966. – вып.14. – с. 3-15.
- 65.Попова-Латкина Н.В. Развитие спинного мозга человека / Н.В. Попова-Латкина // Вопросы морфологии нервной системы. – М.: 1966. – с. 65-74.
- 66.Пэттен, Б. М. Эмбриология человека: пер. с англ. / Б. М. Пэттен. – М.: Медгиз, 1959. – 768 с.
- 67.Развитие внутренних позвоночных венозных сплетений в системе онтогенетических взаимоотношений спинной мозг - позвоночный канал / И. В. Гайворонский, А. А. Родионов, Л. М. Железнов [и др.] // Вятский медицинский вестник. – 2020. – № 4(68). – С. 21-26.
- 68.Региональные и возрастные особенности строения соединительнотканых структур эпидурального пространства спинного мозга человека / И. В. Гайворонский, А. А. Родионов, А. И.

- Гайворонский, Г. Г. Булыщенко // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2019. – Т. 14, № 4. – С. 686-689.
69. Родионов А. А. Варианты строения и топографии верхней границы эпидурального пространства спинного мозга человека / А. А. Родионов // Морфология. – 2007. – Т. 132, № 5. – С. 38-42.
70. Родионов А. А. Взаимосвязь сагиттальных кривизн позвоночника с размерами задних отделов эпидурального пространства в возрастном аспекте / А. А. Родионов // Морфология. – 2014. – Т. 145, № 3. – С. 163-163.
71. Родионов А. А. Морфогенез эпидурального пространства человека в эмбриональном и раннем плодном периодах / А. А. Родионов, Р. И. Асфандияров // Морфология. – 2009. – Т. 135, № 1. – С. 25-30.
72. Родионов А. А. Морфофункциональная характеристика боковых сводов эпидурального пространства спинного мозга и их клиническое значение / А. А. Родионов, И. В. Гайворонский, А. И. Гайворонский // Морфология. – 2014.
73. Родионов, А. А. Анатомическое прогнозирование возможностей позвоночного венозного бассейна человека в условиях гравитационных перегрузок / А. А. Родионов, И. В. Гайворонский, П. С. Пащенко // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2016. – № 3(55). – С. 122-128.
74. Роль МРТ в пренатальной диагностике спинальных аномалий развития / А. М. Коростышевская, А. В. Макогон, А. А. Савелов [и др.] // Лучевая диагностика и терапия. – 2013. – № 1(4). – С. 85-92.
75. Роль сегментарных и магистральных артерий грудной и брюшной аорты в коллатеральном кровоснабжении спинного мозга (экспериментальная работа) / Л. А. Бокерия, В. С. Аракелян, А. Ю. Городков [и др.] // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2018. – Т. 60, № 3. – С. 226-232.
76. Рудакова А. В. "Фиксированный" спинной мозг (обзор литературы) / А. В. Рудакова, С. Н. Ларионов, В. А. Сороковиков // Бюллетень Восточно-

- Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2011. – № 4-1(80). – С. 348-353.
- 77.Саренко А.А. Ультразвуковая топография и анатомия тимуса человека в пренатальном онтогенезе / А.А. Саренко //Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 2016. – 22с.
- 78.Сенникова Ж.В. Анатомометрическая характеристика скелета лицевой области в промежуточном периоде пренатального онтогенеза человека и её прикладное значение / Ж.В. Сенникова //Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 2016. – 22с.
- 79.Синдром фиксированного спинного мозга: современные представления об этиологии и патогенезе, клинической картине, диагностике и лечении (обзор научных публикаций) / В. Г. Воронов, Э. Ф. Сырчин, А. А. Зябров [и др.] // Нейрохирургия и неврология детского возраста. – 2011. – № 2(28). – С. 53-65.
- 80.Собственные связки твёрдой оболочки спинного мозга как основной соединительнотканый каркас эпидурального пространства / Н. Д. Вердиев, И. В. Гайворонский, А. А. Родионов [и др.] // Инновации и актуальные проблемы морфологии : Сборник научных статей, посвященный 100-летию кафедры нормальной анатомии УО «Белорусский государственный медицинский университет» / Министерство здравоохранения Республики Беларусь; Белорусский государственный медицинский университет; Белорусское научное общество морфологов. – Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2021. – С. 68-72.
- 81.Spina Vifida. Современные подходы и возможности к диагностике, лечению и реабилитации / С. Л. Морозов, О. В. Полякова, Н. В. Яновская [и др.] // Практическая медицина. – 2020. – Т. 18, № 3. – С. 32-37.
- 82.Сухих Г. Т. Индивидуальные различия и закономерности анатомического строения экстрамедуллярных вен спинного мозга / Г.Т. Сухих // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 1975. – 16с.

83. Токин Б.П. Общая эмбриология / Б.П. Токин. - Л.: Изд-во ЛГУ. – 1966. – С. 456.
84. Толкачев И.В. К топографо-анатомической характеристике концевой нити спинного мозга человека // Бюлл. Рязан. отд. Всесоюз. науч. об-ва. анат., гистол. и эмбриол.- Рязань, 1958. С. 42 - 45.
85. Триумфов А.В. Топическая диагностика заболеваний нервной системы / А.В. Триумфов. – М.: 1964. – С.61.
86. Ультразвуковые особенности структур головного мозга у плодов с мальформацией Арнольда-Киари II типа / Л. А. Чугунова, Р. Г. Шмаков, К. А. Гладкова, К. В. Костюков // Акушерство и гинекология. – 2022. – № 11. – С. 99-108.
87. Фалин Л.И. Эмбриология человека: Атлас / Л.И. Фалин. – М: Медицина. – 1976. – С. 542.
88. Хомутова Е.Ю. Анатомия шейного отдела позвоночника новорожденных при лучевых методах исследования: специальность / Е.Ю. Хомутова // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Санкт-Петербург, 2005. - 23с.
89. Чувашова О. Ю. Роль магниторезонансной томографии в пренатальной диагностике врожденных пороков развития центральной нервной системы / О. Ю. Чувашова // Украинский нейрохирургический журнал. – 2014. – № 4. – С. 37-45.
90. Шакалов Ю.А. Возрастная анатомия эпидурального пространства шейного отдела спинного мозга человека / Ю.А. Шакалов // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Благовещинск, 2006. – 23 с.
91. Шаликова Л.О. Топография и анатомия клапанного аппарата сердца человека в раннем плодном периоде онтогенеза / Л.О. Шаликова // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 2013. – 20 с.
92. Шальнева И.Р. Анатомия скелета грудной клетки человека в промежуточном плодном периоде онтогенеза // Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – Оренбург, 2017. – 23 с.

93. Школьников В. С. Структурная организация продолговатого и спинного мозга сиамских близнецов / В. С. Школьников, В. А. Тихолаз, Ю. Й. Гуминский // Проблемы здоровья и экологии. – 2014. – № 2(40). – С. 129-136.
94. Школьников В.С. Особенности структуры и морфометрические параметры сегментов спинного мозга плодов человека и сиамских близнецов в сравнительном аспекте / В.С. Школьников, Ю.Й. Гуминский // Вестник ВГМУ. – 2014. – том 13, №1. – С. 13-19.
95. Школьников, В.С. Морфология спинного мозга плода человека 35-36 недель внутриутробного развития / В.С. Школьников // RESEARCH STUDIES. – 2014. – Т. 57, № 3. – С. 35-41.
96. Щербаков С.М. Топография легких человека в раннем плодном периоде онтогенеза / С.М. Щербаков // Автореф. ... дисс. канд. мед.наук. – Оренбург, 2011. – 18 с.
97. Щербакова А.А. К топографии концевой отдела спинного мозга у человека и некоторых млекопитающих животных // Труды Ростовского медицинского института. – 1960. – кн. 14. – с. 542-545.
98. Яхина И.М. Топография пищевода человека в раннем плодном периоде онтогенеза / И.М. Яхина // Автореф. ... дисс. канд. мед.наук. - Оренбург, 2009. – 22 с.
99. A randomized trial of prenatal versus postnatal repair of myelomeningocele / Adzick N.S., Thom E.A., Spong C.Y. [et al.] // The New England Journal of Medicine. – 2011. - Vol 364 №11. – P. 993-1004.
100. Achieving fecal continence in patients with spina bifida: a descriptive cohort study / S. Vande Velde, S. Van Biervliet, K. Van Renterghem // The Journal of Urology. – 2007. – Vol. 178. – P. 2640 – 2644.
101. Acquired spinal cord injury in human fetuses with myelomeningocele / G.M. Hutchins, M. Meuli, C. Meuli-Simmen [et al.] // Pediatric Pathology & Laboratory Medicine. – 1996. – Vol. 16(5). – P. 701-712.

102. Adzick N. S. Fetal Surgery for Spina Bifida: Past, Present, Future. // *Seminars in pediatric surgery*. – 2013. – Vol.22(1). – P.10-17.
103. Akita K. Expression of multiple chondroitin/dermatan sulfotransferases in the neurogenic regions of the embryonic and adult central nervous system implies that complex chondroitin sulfates have a role in neural stem cell maintenance / K. Akita, A. von Holst, Y. Furukawa // *Stem Cells*. – 2008. – Vol. 26. – P. 798-809.
104. An investigation of the conus medullaris termination level during the period of fetal development to adulthood / M.A. Malas, A. Salbacak, M. Büyükmumcu [et al.] // *Kaibogaku zasshi. Journal of anatomy*. – 2001. – Vol. 76 (5). – P. 453-459.
105. Analysis of combinatorial variability reveals selective accumulation of the fibronectin type III domains B and D of tenascin-C in injured brain / A. Dobbertin, S. Czvitkovich, U. Theocharidis [et al.] // *Experimental Neurology*. – 2010. – Vol.225. – P. 60-73.
106. Bandtlow C. E. Proteoglycans in the developing brain: New conceptual insights for old proteins / C. E. Bandtlow, D. R. Zimmermann // *Physiological Reviews*. – 2000. – Vol. 80, No. 4. – P. 1267-1290.
107. Barson A.J. The vertebral level of termination of the spinal cord during normal and abnormal development // *Journal of Anatomy*. – 1970. – Vol.106. – P.489-497.
108. Beek F.J. Sonographic determination of the position of the conus medullaris in premature and term infants / F.J. Beek, L.S. de Vries, L.J. Gerards [et al.] // *Neuroradiology*. – 1996. – Vol. 38. – P.174 – 177.
109. Carpenter K. Revisiting the Vertebral Venous Plexus-A Comprehensive Review of the Literature / K. Carpenter, T. Decater, J. Iwanaga // *World Neurosurgion*. – 2021. – Vol. 145. – P. 381-395.
110. Clinical anatomy of the C1 dorsal root, ganglion, and ramus: a review and anatomical study / R. S. Tubbs, M. Loukas, J. B. Slappey [et al.] // *Clinical anatomy*. – 2007. – Vol. 20. – P. 624-627.

111. Cooperation between GDNF/Ret and ephrinA/EphA4 signals for motor-axon pathway selection in the limb / E.R. Kramer, L. Knott, F.Su [et al.] // *Neuron*. – 2006. - №50. – P. 35-47.
112. d'Avella D. Microsurgical anatomy of lumbosacral spinal roots / D. d'Avella, S. Mingrino // *Journal of neurosurgery*. – 1979. – Vol.51(6). – P.819-823.
113. Detection of skin over cysts with Spina bifida may be useful not only for preventing neurological damage during labor but also for predicting fetal prognosis / N. Oya, Y. Suzuki, M. Tanemura [et al.] // *Fetal Diagnosis and Therapy*. – 2000. – Vol.15(3). – P 156 – 159.
114. Development of the fetal spinal cord / Y. Zalel, O. Lehavi, O. Aizenstein [et al.] // *Journal of Ultrasound in Medicine*. – 2006. – Vol.25. – P.1397 – 1401.
115. Does the Adamkiewicz artery originate from the larger segmental arteries? / T. Koshino, G. Murakami, K. Morishita [et al.] // *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 1999. – Vol. 117. – P. 898-905.
116. Early fetal leg movements in myelomeningocele / M.J. Korenromp, J.D. Van Good, H.W. Bruinse, R. Kriek // *Lancet*. – 1986. – P. 917-918.
117. Elvan Ö. Microsurgical anatomy of the spinal cord in human fetuses / Ö. Elvan, M. Aktekin, G.Kayan // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2020. – Vol.42 (8). – P. 951-960.
118. Elvan Ö. The anatomical features of denticulate ligament in human fetuses / Ö. Elvan, G. Kayan, M. Aktekin // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2020. – Vol. 42 (8). – P. 969-973.
119. Embryonic development of the mammalian caudal neural tube / R.A. Nivelstein, N.G. Hartwig, C. Vermeij-Keers, [et al.] // *Teratology*. – 1993. – Vol. 48 (1). – P. 21-31.
120. Endo T. Glycobiology of alpha-dystroglycan and muscular dystrophy // *The Journal of Biochemistry*. – 2015. – Vol. 157. – P. 1-12.

121. Endoscopic anatomy of the thecal sac using a flexible steerable endoscope / S. Mourgela, S. Anagnostopoulou, A. Sakellaropoulos [et al.] // *Journal of Neurosurgical Sciences*. – 2007. – Vol.51. – P. 93-98.
122. Endoscopic coverage of fetal myelomeningocele in utero / J.P. Bruner, W.O. Richards, N.B. Tulipan, [et al.] // *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. – 1999. – Vol. 180 (1). – P 153-158.
123. Endoscopic Third Ventriculostomy for the Treatment of Hydrocephalus in a Pediatric Population with Myelomeningocele / J. Rei, J. Pereira, C. Reis [et al.] // *World Neurosurgion*. – 2017. – Vol. 105. – P. 163-169.
124. Epidural anesthesia and analgesia in the neonate: a review of current evidences / S. Maitra, D. K. Baidya, D.K. Pawar [et al.] // *Journal of Anesthesia*. – 2014. – Vol. 28 (5). – P 768-779.
125. Evaluation of the prenatal diagnosis of neural tube defects by fetal ultrasonographic examination in different centres across Europe / P. Boyd, D. Wellesley, H. De Walle [et al.] // *Journal of Medical Screening*. – 2000. – Vol.7. – P. 169-174.
126. Expectation of life and unexpected death in open spina bifida: a 40-year complete, non-selective, longitudinal cohort study / P. Oakeshott, G. Hung, A. Poulton [et al.] // *Developmental Medicine & Child Neurology*. – 2010. – Vol. 52. – P. 749-753.
127. Extracellular matrix and perineuronalnets in CNS repair / J.C. Kwok, G. Dick, D. Wang [et al.] // *Developmental Neurobiology*. – 2011. – Vol.71. – P. 1073-1089.
128. Fetal magnetic resonance imaging of normal spinal cord: evaluating cord visualization and conus medullaris position by T2-weighted sequences / Huang Y.L., Wong A.M., Liu H.L. [et al.] // *Biomedical journal*. – 2014. – Vol. 37 (4). – P. 232-236.
129. Fetal MRI: A developing technique for the developing patient / F.V. Coakley, O.A. Glenn, A. Qayyum [et al.] // *American Journal of Roentgenology*. – 2004. – Vol. 182 №1. – P. 243-252.

130. Fetal MRI of CNS abnormalities / G. Masselli, M.R. Vaccaro Notte, A. Zacharzewska-Gondek [et al.] // *Clinical Radiology*. – 2020. – Vol. 75(8).
131. Fetal myelomeningocele repair through a minihysterotomy / R. Botelho, V. Imada, K. Rodrigues da Costa [et al.] // *Fetal Diagnosis and Therapy*. – 2017. – Vol. 42. – P.28-34.
132. Fetal myelomeningocele repair: a new standard of care / S.M. Scully, M. Mallon, J.C. Kerr, [et al.] // *Association of Operating Room Nurses journal*. – 2012. – Vol. 96(2). – P. 175-195.
133. Fetal skeletal computed tomography: When? How? Why? / G. Gorincour [et al.] // *Journal de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle*. – 2014. – T. 95, № 11. – C. 1036-1044.
134. Fetal surgery for myelomeningocele: a systematic review and meta-analysis of outcomes in fetoscopic versus open repair / S.K. Kabagambe, G.W. Jensen, Y.J. Chen [et al.] // *Fetal Diagnosis and Therapy*. – 2018. – Vol. 43. – P. 161-174.
135. FIPAT. Terminologia Anatomica. 2nd ed. FIPAT.library.dal.ca. Federative International Programme for Anatomical Terminology, 2019.
136. Govender S. Level of termination of the spinal cord during normal and abnormal fetal development. / S. Govender, R.W. Charles, M.R. Haffejee // *South African Medical Journal*. – 1989. – Vol. 75. – P. 484-487.
137. Grover M. Acquired Spinal Cord Injury in Human Fetuses with Myelomeningocele / M. Grover, M. Meuli, C. Meuli-Simmen // *Pediatric Pathology & Laboratory Medicine*. – 1996. – Vol. 16. – P. 701-712.
138. Grzymislawska M. Formation of the vertebral arches in the cervical, thoracic and lumbar vertebrae in early human fetuses / M. Grzymislawska, W. Wozniak // *Folia Morphologica*. – 2010. – Vol.69. - №3. – P. 177 – 179.
139. Haberberger R.V. Human Dorsal Root Ganglia / Haberberger R.V., Barry C., Dominguez N. // *Frontiers in Cellular Neuroscience*. – 2019. – Vol.13. – P.271.

140. Hachen H.J. Computed tomography of the spine and spinal cord; limitations and applications / H.J. Hachen // *Paraplegia*. – 1981. – Vol. 19. – P. 155–163.
141. Haines D.E. On the questions of a subdural space // *The Anatomical Record*. – 1991. – Vol. 230. – P. 3-21.
142. Hauck E.F. Intradural microanatomy of the nerve roots S1-S5 at their origin from the conus medullaris / E.F Hauck, W. Wittkowski, H.W. Bothe // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2008. – Vol. 9. – P. 207-212.
143. Histological and Morphometric Study of the Arterial Route from the Intercostal/Lumbar Artery via the Adamkiewicz Artery to the Anterior Spinal Artery Using Elderly Cadavers with or without Aortic Aneurysms / Y. Fujisawa, K. Morishita, G. Murakami, T. Abe // *Annals of Vascular Surgery*. – 2006. – vol. 20 №1. – P. 9-16.
144. History of the vertebral venous plexus and the significant contributions of Breschet and Batson / N. Nathoo, E.C. Caris, J.A. Wiener [et al.] // *Neurosurgery*. – 2011. – Vol. 69 (5). – P. 1007-1014.
145. Hogan Q. Size of human lower thoracic and lumbosacral nerve roots // *Anesthesiology*. – 1996. – Vol 85 (1). – P. 37-42.
146. Husemeyer R.P. Topography of the lumbar epidural space. a study in cadavers using injected polyester resin / R.P. Husemeyer, D.C. White // *Anaesthesia*. – 1980. – Vol. 35. – P. 7-11.
147. Imaging of congenital anomalies and variations of the caudal spine and back in neonates and small infants / J.P. Schenk, C. Herweh, P. Günther [et al.] // *European Journal of Radiology*. – 2006. – Vol. 58. – P. 30-14.
148. In utero repair of myelomeningocele: a comparison of endoscopy and hysterotomy / J.P. Bruner, N.B. Tulipan, W.O. Richards [et al.] // *Fetal Diagnodis and Therapy*. – 2000. – Vol. 15 (2). – P. 83-88.
149. In utero repair of myelomeningocele: experimental pathophysiology, initial clinical experience, and outcomes / D.L. Farmer, C.S. von Koch, W.J. Peacock [et al.] // *The Archives of Surgery* – 2003. Vol. 138 (8). – P. 872-878.

150. Intracranial connections of the vertebral venous plexus: Anatomical study with application to neurosurgical and endovascular procedures at the craniocervical junction / R.S. Tubbs, A. Demerdash, J. Cure [et al.] // *Operative neurosurgery* (Hagerstown). – 2018. – Vol. 14(1). – P. 51-57.
151. ISUOG Practice Guidelines (updated): sonographic examination of the fetal central nervous system. Part 1: performance of screening examination and indications for targeted neurosonography / G. Malinger, D. Paladini K.K. Haratz [et al.] // *Ultrasound in obstetrics & gynecology*. – 2020. – Vol. 56(3). – P. 476-484.
152. Khoshnood B. Long term trends in prevalence of neural tube defects in Europe: population based study / Khoshnood B., Loane M., de Walle H. [et al.] // *British Medical Journal*. – 2015. – Vol. 351.
153. Kohl T. Percutaneous minimally invasive fetoscopic surgery for spina bifida aperta. Part I: surgical technique and perioperative outcome// *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. – 2014. – Vol. 44. – P. 515-524.
154. Lang J. Lumbosacral part of the dural sac and the topography of its contents / J. Lang, U. Geisel // *Morphologia medica*. – 1983. – Vol. 3. – P. 27-46.
155. Level of conus medullares in term and preterm neonates / F. Sahin, M. Selc, E. Ecin [et al.] // *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. – 1997. – Vol. 77. – P.67-69.
156. Lewandowsky M. *Handbuch der Neurologie* / M. Lewandowsky. – Berlin: Springer Berlin, Heidelberg, 1928. – P. 190.
157. Liley A.W. Intrauterine transfusion of foetus in haemolytic disease // *British Medical Journal*. - 1963. – Vol. 2(5365). – P. 1107–1109.
158. Long-term outcome and complications of children born with meningomyelocle / P. Steinbok, B. Irvine, D.D. Cochrane, B.J. Irwin // *Child's Nervous System*. – 1992. – Vol. 8(2). – P.92-96.
159. Low torcular Herophili position and large brainstem-tentorium angle in fetuses with open spinal dysraphism at 11-13 weeks' gestation / P. Volpe, R.

- De Robertis, T. Fanelli // *Ultrasound in obstetrics & gynecology*. – 2022. – Vol. 59 (1). – P. 49-54.
160. Magnetic Resonance Imaging Autopsy Study Collaborative Group. Normal ascent of the conus medullaris: a post-mortem foetal MRI study / O.J. Arthurs, S. Thayyil, A. Wade [et al.] // *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. – 2013. - Vol. 26 (7). – P. 697 – 702.
161. Magnetic resonance imaging in the prenatal diagnosis of neural tube defects. *Insights Imaging* / C. A. Zugazaga, C. Martín Martínez, C. Duran Feliubadalo [et al.] // *Insights into Imaging*. – 2013. – Vol. 4(2). – P. 225-237.
162. Magnetic resonance imaging study of the level of termination of the conus medullaris and the thecal sac: influence of age and gender / J. Soleiman, P. Demaerel, S. Rocher [et al] // *Spine*. – 2005. – Vol. 30. – P. 1875 – 1880.
163. Mc. Cotter R.E. Regarding the length and extent of the human medulla spinalis // *The Anatomical Record*. – 1916. – Vol. 26. – P. 559-564.
164. Meuli M. Fetal surgery for myelomeningocele: a critical appraisal / M. Meuli, U. Moehrlen // *European Journal of Pediatric Surgery*. – 2013. – Vol. 23(2). – P. 103-109.
165. Microsurgical anatomy of dorsal root entry zone of brachial plexus / J.P. Xiang, X.L. Liu, Y.B. Xu [et al.] // *Microsurgery*. – 2008. – Vol.28 (1). – P. 17-20.
166. Microsurgical anatomy of lumbosacral nerve rootlets for highly selective rhizotomy in chronic spinal cord injury / M.W. Zhou, W.T. Wang, H.S. Huang [et al.] // *The Anatomical Record*. – 2010. – Vol. – 293 (12). – P.2123-2128.
167. Microsurgical anatomy of the dorsal cervical rootlets and dorsal root entry zones / A. Karatas, S. Caglar, A. Savas [et al.] // *Acta Neurochirurgica*. – 2005. – Vol. 147 (2). – P. 195-199.
168. Microsurgical anatomy of the dorsal thoracic rootlets and dorsal root entry zones / M. Bozkurt, S. Canbay, G.F. Neves [et al.] // *Acta Neurochirurgica*. – 2012. – Vol. 154(7). – P. 1235-1239.

169. Microsurgical anatomy of the lower cervical spine and cord / Y. Kubo, S. Waga, T. Kojima [et al.] // *Neurosurgion.* – 1994. – Vol. – 34. – P. 859-890.
170. Myelomeningocele sac associated with worse lower-extremity neurological sequelae: evidence for prenatal neural stretch injury? / E.R. Oliver, G.G. Heuer, E.A. Thom // *Ultrasound in obstetrics & gynecology.* – 2020. – Vol. 55 (6). – P. 740-746.
171. Modulation of the proteoglycan receptor PTPsigma promotes recovery after spinal cord injury / B.T. Lang, J.M. Cregg, M.A. DePaul [et al.] // *Nature.* – 2015. – Vol. 518. – P. 404-408.
172. Moore Keith L. Before we are born : essentials of embryology and birth defects.—9th edition / Keith L. Moore, T.V.N. Persaud, Mark G. Torchia. – Elsevier Science, 2016. – P.384.
173. Morphological anatomy of thoracolumbar nerve roots and dorsal root ganglia / L. Leng, L. Liu, D. Si // *European journal of orthopaedic surgery & traumatology: orthopédie traumatology.* – 2018. – Vol. 28(2). – P. 171-176.
174. Morphology of the Human Internal Vertebral Venous Plexus: A Cadaver Study After Latex Injection in the 21–25-Week Fetus / R.J.M. Groen, M. Grobbelaar, C.J.F. Muller [et al.] // *Clinical Anatomy.* – 2005. - №18. – P. 397 – 403.
175. MR imaging determination of the normal level of conus medullaris / D. Demiryürek, U. Aydingöz, M.D. Akşit [et al.] // *Clinical imaging.* - 2002. – Vol. 26(6). – P. 375-377.
176. MRI characteristics of the fetal tethered spinal cord: a comparative study / Y. Sun, G. Ning, X. Li [et al.] // *Internation Journal of Neuroscience.* – 2022. – Vol. 132 (10). – P. 975-984.
177. Munkacsı I. The epidural ligaments during fetal development // *Acta Morphologica Hungarica.* – 1990. – Vol. 38. - №3-4. – P. 189-197.
178. Nashold B.S. Dorsal root entry zone (DREZ) lesioning // *Neurosurgical Operative Atlas.* – 1992. – Vol. 2. – P. 9-24.

179. Neural tube closure: cellular, molecular and biomechanical mechanisms / E. Nikolopoulou [et al.] // The Company of Biologists. – 2017. – № 144. – C. 552-566.
180. Neural-Dural Transition at the Thoracic and Lumbar Spinal Nerve Roots: A Histological Study of Human Late-Stage Fetuses / K.H. Cho, Z.W. Jin, H. Abe [et al.] // BioMed Research International. – 2016. – P.1-9.
181. Newell R.L. The spinal epidural space // Clinical Anatomy. – 1999. - Vol. 12. - P. 375-379.
182. Normal fetal lumbar spine on post-mortem MR imaging / E. Widjaja, E.H. Whitby, M.N. Paley [et al.] // American Journal of Neuroradiology. – 2006. – Vol. 27. – P. 553-559.
183. O’Rahilly R. The meninges in human development / R. O’Rahilly, F. Müller // Journal of Neuropathology & Experimental Neurology. – 1986. – Vol. 45 (5). – P. 588-608.
184. Occult spinal dysraphisms in newborns with skin markers: role of ultrasonography and magnetic resonance imaging / E. Ausili, G. Maresca, L. Massimi [et al.] // Child's Nervous System. – 2018. – Vol. 34, No. 2. – P. 285-291.
185. Patelska-Banaszewska M. The development of the epidural space in human embryos / M. Patelska-Banaszewska, W. Woźniak // Folia Morphologica. – 2004. – Vol.63 (3). – P. 273-279.
186. Polak-Kraśna K. The denticulate ligament-tensile characterization and finite element micro-scale model of the structure stabilizing spinal cord / K. Polak-Kraśna, S. Robak-Nawrocka, S. Szotek // Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. – 2019. – Vol. 91. – P. 10-17.
187. Position of dorsal root ganglia in the lumbosacral region in patients with radiculopathy / Moon H.S., Kim Y.D., Song B.H. [et al.] // Korean journal of anesthesiology. – 2010. – Vol. 59(6). – P. 398-402.

188. Rodionov A. A. Morphogenesis of the epidural space in humans during the embryonic and early fetal periods / A. A. Rodionov, R. I. Asfandiyarov // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. – 2010. – Vol.40 (2). – P. 137-142.
189. Rowland-Hill C.A. Ultrasound determination of the normal location of the conus medullaris in neonates / C.A. Rowland-Hill, P.J Gibson // *American Journal of Neuroradiology*. – 1995. – Vol. 16. – P.469-472.
190. Saadai P. Fetal surgery for myelomeningocele / P. Saadai, D.L. Farmer // *Clinics in Perinatology*. – 2012. – 39(2). – P. 279-288.
191. Sadler T. Embryology of neural tube development // *American Journal of Medical Genetics*. – 2005. – Vol. 135. – P. 2-8.
192. Saifuddin A. The variation of position of the conus medullaris in an adult population. A magnetic resonance imaging study / A. Saifuddin, S.J. Burnett, J. White // *Spine*. – 1998. – Vol.23. – P. 1452-1456.
193. Secondary neurulation of human embryos: morphological changes and the expression of neuronal antigens / H.J. Yang, D.H. Lee, Y.J. Lee [et al.] // *Child's Nervous System*. – 2014. – Vol. 30. – P. 73-82.
194. Sensenig E.C. The early development of the meninges of the spinal cord in human embryos // *ContrEmbryol Carneg Inst*. – 1957. – Vol. 34. – P. 145-157.
195. Sensory neurons of the human brachial plexus: a quantitative study employing optical fractionation and in vivo volumetric magnetic resonance imaging / C. A. West, McKay, A. Hart, [et al.] // *Neurosurgery*. – 2012. – Vol. 70. – P. 1183-1194.
196. Shalaby S.A. Morphometric (MRI and sonography) study of the human spinal cord in prenatal and postnatal life (from birth to 20 years) / Shalaby S.A., Eid E.M., Saber N.A. // *Benha Medical Journal*. – 2015. – Vol. 32 (2). – P. 146.
197. Spina bifida / L.E. Mitchell, N.S. Adzick, J. Melchionne [et al.] // *Lancet*. – 2004. – Vol. 364. – P. 1885-1895.

198. Spina bifida outcome: a 25-year prospective / R.M. Bowman, D.G. McLone, J.A. Grant [et al.] // *Pediatric Neurosurgery*. – 2001. – Vol. 34. – P. 114-120.
199. Spinal cord ultrasonography of the newborn / I. Valente, A. Pedicelli, M. Piacentini [et al.] // *Journal of Ultrasound*. – 2019. – Vol. 22(2). – P. 113-119.
200. Stiefel D. Fetal spina bifida in a mouse model: loss of neural function in utero / D. Stiefel, A.J. Copp, M. Meuli // *Neurosurgion*. – 2007. – Vol.106. – P. 213-221.
201. Stilling B. Neue Untersuchungen ueber den Bau des Rückenmarks / B. Stilling. – Kassel : VERLAG VON HEINRICH HOTOP, 1859. – 1192 c.
202. Streeter G. L. Factors Involved in the Formation of the Filum Terminale // *American Journal of Anatomy*. – 1919. – vol. 25. – P. 417-432.
203. Successful fetal surgery for spina bifida / N.S. Adzick, L.N. Sutton, T.M. Crombleholme, A.W. Flake. // *Lancet*. – 1998. – Vol 352. – P. 1675-1676.
204. Teo C. Management of hydrocephalus by endoscopic third ventriculostomy in patients with myelomeningocele / C. Teo, R. Jones // *Pediatric Neurosurgery*. – 1996. – Vol. 25. – P. 57-63.
205. Termination of the normal conus medullaris in children: a whole-spine magnetic resonance imaging study / H. Kesler, M.S. Dias, P. Kalapos // *Neurosurgical Focus*. – 2007. – Vol. 23. – P.1-5.
206. The denticulate ligament: anatomy and functional significance / R.S. Tubbs, G. Salter, P.A. Grabb, W.J. Oakes // *Journal of Neurosurgery*. – 2001. – Vol. 94 (2). – P. 271-275.
207. The epidural ligaments (of Hofmann): a comprehensive review of the literature / G.G. Tardieu, C. Fissahn, M.Loukas [et al.] // *Cureus*. – 2016. – Vol. 8. № 9. – P.779.

208. The Filum Terminale Revisited: A Histological Study in Human Fetuses / H.S. Jang, K.H. Cho, H. Chang [et al.] // *Pediatric Neurosurgion.* – 2015. – Vol. 1159.
209. The human lumbar anterior epidural space: morphological comparison in adult and fetal specimens / M. Hamid, C. Fallet-Bianco, V. Delmas [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy.* – 2002. – Vol. 24 (3-4). – P. 194-200.
210. The intracranial denticulate ligament: anatomical study with neurosurgical significance / R.S. Tubbs, M.M. Mortazavi, M. Loukas [et al.] // *Journal of Neurosurgery.* – 2011. – Vol. 114 (2). – P. 454-457.
211. The normal location of the fetal conus medullaris / M.L. Robbin, R.A. Filly, R.B. Goldstein // *Journal of Ultrasound in Medicine.* – 1994. – Vol. 13. – P. 541-546.
212. The pia mater: a comprehensive review of literature / N. Adeb, M. M. Mortazavi, A. Deep [et al.] // *Child's Nervous System.* – 2013. – Vol. 29, No. 10. – P. 1803-1810.
213. The relationship between the lumbosacral enlargement and the conus medullaris during the period of fetal development and adulthood / M.A. Malas, M. Seker, A. Salbacak [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy.* – 2000. – Vol. 22 (3-4). – P. 163-168.
214. The simple sacral dimple: diagnostic yield of ultrasound in neonates / J.N. Kucera, I. Coley, S. O'Hara [et al.] // *Pediatric Radiology.* – 2014. – Vol. 45. – P. 211-216.
215. The termination level of the conus medullaris and lumbosacral transitional vertebrae / Morimoto T., Sonohata M., Kitajima M. [et al.] // *Journal of orthopaedic science: official journal of the Japanese Orthopaedic Association.* – 2013. – Vol. 18(6). – P. 878-884.
216. Thompson A. Fifth Annual Report of the Committee of Collective Investigation of the Anatomical Society of Great Britain and Ireland for the Year 1893-94 // *Journal of Anatomy.* – 1894. – vol. 29. – P.46.

217. Trends in the postfortification prevalence of spina bifida and anencephaly in the United States. Birth Defects // S.L. Boulet, Q. Yang, C. Mai [et al.] // Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology. – 2008. – Vol.82. – P. 527-532.
218. Ursu T.R. Development of the lumbar and sacral vertebral canal in utero / T.R. Ursu, R.W. Porter, V.Navartnam // Spine. – 1996. – V21 №23. – P. 2705-2708.
219. Use of lumbar ultrasonography to detect occult spinal dysraphism / J.J. Chern, J.L. Kirkman, C.N. Shannon [et al.] // Journal of Neurosurgery: Pediatrics. – 2012. – Vol. 9. – P. 274-279.
220. Utilization of ultrasound in the evaluation of spinal dysraphism in children / J. Miller, B. Reid, C. Randall Kemberling // Radiology. – 1982. – Vol. 143. – P. 737-740.
221. Vascular anatomy of the spinal cord / A. Santillan, V. Nacarino, E. Greenberg [et al.] // Journal of NeuroInterventional Surgery. – 2012. – Vol. 4(1). – P. 67-74.
222. Vertebral Level of Termination of the Spinal Cord with Report of a case of Sacral Cord / F. Arthur, J. Reimann Barry Anson // The Anatomical Record. – 1944. – vol. 88. – p. 127-138.
223. Vettivel S. Vertebral level of the termination of the spinal cord in human fetuses // Journal of Anatomy. – 1991. – Vol.179. – P. 149-161.
224. Wadhvani S. The anterior dural (Hofmann) ligaments / S. Wadhvani, P. Loughenbury, R. Soames // Spine. – 2004. – Vol. 29. – P. 623-627.
225. Wiese S. The role of extracellular matrix in spinal cord development / S. Wiese, A. Faissner // Experimental Neurology. – 2015. – Vol. 274. – P. 90-99.
226. Wiltse L.L. Anatomy of the extradural compartments of the lumbar spinal canal. Peridural membrane and circumneural sheath // Radiologic Clinics of North America. – 2000. – Vol. 38. – P. 1177 – 1206.

227. Wiltse L.L. Relationship of the dura, Hofmann's ligaments, Batson's plexus, and a fibrovascular membrane lying on the posterior surface of the vertebral bodies and attaching to the deep layer of the posterior longitudinal ligament. An anatomical, radiologic, and clinical study / L.L. Wiltse, A.S. Fonseca, J. Amster // *Spine*. – 1993. – Vol. 18 (8). – P. 1030-1043.
228. Wolf S. The conus medullaris: time of ascendance to normal level / S. Wolf, F. Schneble, J. Troger // *Pediatr Radiol*. – 1992. – Vol. 22. – P. 590-592.
229. Woodhouse C.R.J. Myelomeningocele: neglected aspects // *Pediatric Nephrology*. – 2008. – Vol. 23. – P 1223-1231.
230. Yabuki S. Positions of dorsal root ganglia in the cervical spine. An anatomic and clinical study / Yabuki, S., Kikuchi, S. // *Spine*. – 1996. – Vol.21. – P. 1513-1517.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

УЗИ – ультразвуковое исследование

МРТ – магнитно-резонансная томография

ТМО – твердая мозговая оболочка

MRI – magnetic resonance imaging

CNS – central nervous system

ISUOG – International Society of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology

FIPAT – Federative International Programme on Anatomical Terminology