

ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА С РЯДОМ РАСПОЛОЖЕННЫМИ СТРУКТУРАМИ ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА В 16–18 НЕДЕЛЬ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ

Исенгулова А.Ю.¹, Галеева Э.Н.¹

¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, Оренбург, e-mail: a.isengulova@mail.ru

Современные возможности медицины плода, которая сегодня столкнулась с проблемой выхаживания глубоко недоношенных новорожденных, и развитие фетальной хирургии требуют новых знаний по анатомии и топографии внутриутробно развивающегося пациента. В последнее десятилетие прогрессивно развивается такое новое направление, как фетальная анатомия, основой которой является изучение анатомии и взаимоотношений внутренних органов, а также позвоночного столба во внутриутробном периоде развития. На сегодняшний день имеется четкое понятие того, что в онтогенезе человека позвоночный столб служит системообразующим звеном скелета, а его физиологические и биомеханические свойства влияют на формирование внутренних органов и систем, а также на общее состояние здоровья развивающегося организма. В статье представлены данные анатомических характеристик поясничного отдела позвоночного столба на 16–18-й неделе онтогенеза человека. Показаны особенности взаимоотношений поясничного отдела позвоночного столба с рядом расположенными образованиями брюшной полости и спинного мозга плода. Полученные сведения имеют важный клинический аспект и значительно расширяют сведения по возрастной анатомии, что следует учитывать при применении новых медицинских технологий в акушерстве, пери- и неонатологии.

Ключевые слова: пациент, онтогенез, плод, фетальная анатомия, фетальная топография, поясничный отдел, позвоночный столб.

TOPOGRAPHIC AND ANATOMICAL RELATIONSHIPS OF THE LUMBAR SPINE WITH ADJACENT STRUCTURES OF THE HUMAN FETUS IN 16–18 WEEKS OF INTRAUTERINE DEVELOPMENT

Isengulova A.Yu.¹, Galeeva E.N.¹

¹FGBOU VO «Orenburg State Medical University» Ministry of Health of Russia, Orenburg, e-mail: a.isengulova@mail.ru

Taking into account the modern possibilities of fetal medicine, which today is faced with the problem of nursing deeply premature newborns and the development of fetal surgery, new knowledge on the anatomy and topography of the intrauterine patient is required. In the last decade, such a new direction as fetal anatomy has been progressively developing, the basis of which is the study of the anatomy and relationships of internal organs, as well as the spinal column in the intrauterine period of development. To date, a clear concept is presented that in human ontogenesis, the vertebral column is the backbone of the skeleton, and its physiological and biomechanical properties affect the formation of internal organs and systems, as well as the overall health of the developing organism. The article presents data on the anatomical characteristics of the lumbar spine at the 16th – 18th week of human ontogenesis. The features of the relationship of the lumbar spine with the adjacent formations of the abdominal cavity and the spinal cord of the fetus are shown. The obtained data have an important clinical aspect and significantly expand the information on age-related anatomy, which should be taken into account when applying new medical technologies in obstetrics, peri- and neonatology.

Keywords: patient, ontogenesis, fetus, fetal anatomy, fetal topography, lumbar spine, vertebral column.

Актуальными сегодня остаются вопросы, связанные с процессами формирования позвоночного столба и его функционального совершенствования, которые занимают длительный период онтогенеза, со сложными процессами взаимодействия структурных элементов позвоночного столба – позвонков, межпозвоночных дисков, мышц и связочного аппарата [1]. У детей заболевания позвоночного столба составляют значительную часть

патологии опорно-двигательного аппарата, они могут оказывать влияние на работу и функционирование внутренних органов и систем, приводят к инвалидизации [2, 3]. Морфологическая основа для многих видов патологии позвоночного столба закладывается уже на этапе пренатального онтогенеза [4, 5]. Врожденные и приобретенные изменения поясничных позвонков приводят как к нарушениям костно-связочно-мышечного аппарата, так и к появлению сосудистых расстройств и неврологических осложнений [6, 7]. При скрининговом исследовании среди всех нарушений развития плода выявляются патологии со стороны позвоночного столба, которые чаще всего локализуются в поясничном и шейном отделах, несколько реже – в грудном отделе и в области крестца [8, 9]. Современные методы диагностики позволяют выявить некоторые патологии позвоночного столба, чаще наблюдаемые в поясничном отделе, такие как: сколиозы, расщелины позвонков (spinabifida), менингомиелоцеле, полупозвонки [10, 11]. Сложное становление позвоночного столба в процессе эволюционного, фило- и онтогенетического развития способствовало его недостаточной стабильности и надежности [12, 13]. Динамика развития, половой диморфизм, а также индивидуальная и топографическая изменчивость поясничного отдела позвоночного столба как одного из самых каудально расположенных из всех свободных отделов позвоночного столба и несущего всю тяжесть давления формирующихся внутренних органов и нижних конечностей плода, имеют важное теоретическое значение, а также используются в практическом здравоохранении [14, 15].

Целью исследования явилось получение новых данных по анатомии и топографии поясничного отдела позвоночного столба человека в 16–18 недель внутриутробного развития.

Материалы и методы исследования. Данное исследование выполнялось на секционном материале плодов человека 16–18 недель развития (20 плодов человека обоего пола), без пороков развития опорно-двигательного аппарата и центральной нервной системы, полученных из фетальной коллекции кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России. В работе использовался традиционный в анатомии комплекс методов – метод фиксации препарата, макромикроскопическое препарирование, метод распилов в трех взаимно перпендикулярных плоскостях по Н.И. Пирогову с последующим изготовлением серийных гистотопограмм с окраской по Ван Гизону, морфометрия и фотографирование. При наборе коллекции препаратов материал забирали в течение 24 часов после прерывания беременности. Далее каждый плод наливался 5%-ным раствором формалина через пупочную вену, после чего пупочный канатик перевязывали. Плод, закрепленный на проволочной основе, заворачивали в марлю и помещали в емкость с 5%-ным раствором формалина на 5 суток, затем с 10%-ным раствором формалина на 30 суток. Первоначальным этапом исследования препарировалась задняя поверхность торса плода с уровня C_1 по L_v с

дальнейшей прошивкой цветной леской дуг позвонков для точного определения порядкового номера позвонка. Распилы по Н.И. Пирогову выполняли в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: горизонтальной, сагиттальной и фронтальной. Срезы выполняли с использованием макротомы М-1, средний шаг которого составил 3–6 мм. Горизонтальные срезы проводили на уровне каждого позвонка в пределах C_1-L_7 . Распилы в сагиттальной плоскости выполняли по стандартным линиям (по передней срединной, по правой и левой окологрудинной, по правой и левой среднеключичной линиям). Срезы во фронтальной плоскости выполняли по задним подмышечным и лопаточным линиям. Далее использовался гистотопографический метод для получения более детальных сведений по анатомии и топографии отделов позвоночного столба в рассматриваемые сроки развития. Срезы (горизонтальные, сагиттальные и фронтальные) отмывали в проточной воде в течение 24–48 часов, после чего проводили через батарею спиртов нарастающей концентрации, раствор спирта-эфира. Проведенные срезы заливали в целлоидин до застывания. Из полученных блоков готовили серийные гистотопограммы с их последующей окраской по стандартной методике Ван Гизона. Изготовленные макропрепараты, гистотопограммы и срезы по Н.И. Пирогову подвергали морфометрии. Измерения при этом проводились электронным штангенциркулем (ГОСТ 166-89, модель 660-116, ШЦЦ Ермак - 1-150-0,01) с точностью до 0,1 мм. Изготовленные по Н.И. Пирогову срезы и гистотопограммы изучали с использованием панкратического стереоскопического микроскопа МПС – 2 с видеосистемой (при 2-, 4-, 8-, 12-кратных увеличениях). Также для получения некоторых количественных морфометрических параметров в ходе работы использовалась программа Scale (лицензионная версия), которая позволяет проводить измерения на цифровых фотографиях препаратов в электронном виде.

Количественные данные, полученные в результате исследования, анализировались с применением параметрических методов. Были вычислены средняя величина (X), стандартная ошибка средней величины (S_x), минимальное (\min) и максимальное (\max) значения. Вариационно-статистическая обработка проводилась при помощи программ «Microsoft Excel» и «Статистика 10».

Результаты исследования и их обсуждение. Сложные процессы становления топографии и анатомии внутренних органов находят отражение в организации позвоночного столба в пренатальный период как системы, которая представляет собой, с одной стороны, защитный каркас для спинного мозга, а с другой – основу статики и движения опорно-двигательной системы. Существует ряд работ, которые освещают строение поясничного отдела позвоночного столба, однако возрастные и половые особенности его строения изучены недостаточно детализированно, особенно в периоды, которые являются обязательной программой второго скрининга при обследовании беременных. В 16–18 недель

промежуточного плодного периода онтогенеза человека был исследован поясничный отдел позвоночного столба. Было выявлено, что поясничный отдел позвоночного столба полностью сформирован и представлен пятью отдельными позвонками (рис. 1).

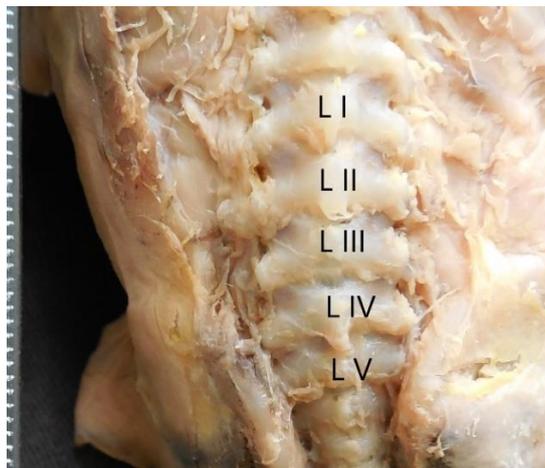


Рис. 1. Торс плода человека, вид сзади. Фото макропрепарата, протокол № 5, 17–18 недель, пол мужской. L_I–L_V поясничные позвонки

В рассматриваемом периоде развития в поясничном отделе позвоночного столба были определены характерные особенности. Так, было выявлено, что длина поясничного отдела позвоночного столба в среднем составляет $19,6 \pm 0,8$ мм. Под длиной поясничного отдела рассматривалось наибольшее расстояние от верхнего края тела L_I до нижнего края тела L_V. Во всех поясничных позвонках визуализируются тело позвонка, позвоночное отверстие и дуга позвонка со всеми ее отростками.

Позвонки имеют преимущественно хрящевую основу. Однако на данном сроке развития визуализируется одно округлое ядро окостенения в теле позвонка, занимающее в среднем половину его объема, и два ядра окостенения, расположенные симметрично, в ножках дуги поясничных позвонков. Ядра окостенения имеют неровные фестончатые края, неоднородного цвета, более темного в центре очага окостенения и более светлого по периферии (рис. 2).

Ряд авторов отмечают, что к моменту рождения тела поясничных позвонков имеют овальную форму, продольные размеры которых уступают их поперечным размерам. Было выявлено, что в 16–18 недель тела поясничных позвонков имеют полулунную форму, вогнутую по задней поверхности и уплощенную в переднезаднем направлении. На передней поверхности тел позвонков определяется вдавление. На задней вогнутой поверхности тел поясничных позвонков визуализируются 2–3 устья питательных каналов, которые проникают глубоко в тело позвонка.

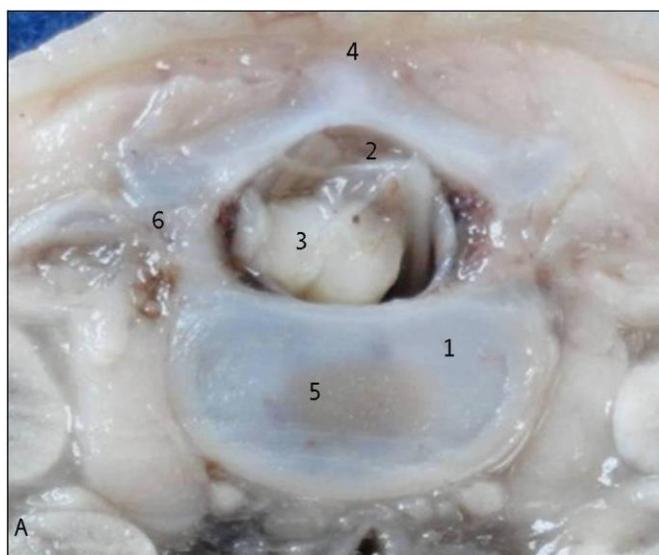


Рис. 2. Горизонтальный срез торса плода на уровне LIII. Фото макропрепарата, протокол № 40, 17–18 недель, пол мужской.

1 – тело позвонка, 2 – позвоночное отверстие, 3 – спинной мозг, 4 – остистый отросток, 5 – ядро окостенения, 6 – ножка дуги позвонка

Было определено, что на сроке 16–18 недель внутриутробного развития поясничные позвонки по сравнению с позвонками других отделов позвоночного столба являются самыми крупными. Средние морфометрические параметры высоты тела, продольного и поперечного размера тела поясничных позвонков сведены в таблицу.

Среднее значение высоты тел, продольного и поперечного размера тел поясничных позвонков позвоночного столба в 16–18 недель внутриутробного развития ($X \pm S_x$, мм)

Позвонки	Высота тел позвонков	Продольный размер тел позвонков	Поперечный размер тел позвонков
L_I	3,3±0,3	5,5±0,8	8,0±0,9
L_{II}	3,4±1,1	5,5±0,5	8,4±0,2
L_{III}	3,3±0,9	5,6±1,1	8,4±1,3
L_{IV}	3,2±0,3	5,6±1,1	8,5±0,6
L_V	3,1±1,2	5,7±0,8	8,6±0,6

Таким образом, в исследуемом периоде внутриутробного развития на уровне L_I позвонки имеют высоту 3,3±0,3 мм, а на уровне L_V – 3,1±1,2 мм. Продольный и поперечный размеры тел поясничных позвонков увеличиваются в том же направлении с 5,5±0,8 мм до 5,7±0,8 мм и с 8,0±0,9 мм до 8,6±0,6 мм соответственно.

Дуги поясничных позвонков в 16–18 недель онтогенеза человека имеют ряд фетальных особенностей. Определяется несращение ножек дуг с телами позвонков с участками хрящевой и соединительной тканей. Ножки дуги поясничного позвонка формируют слабо выраженную верхнюю позвоночную вырезку и четко выраженную нижнюю. По боковым поверхностям дуг позвонков симметрично визуализируются короткие, треугольной формы поперечные (реберные) отростки, средний размер которых составляет $1,5 \pm 0,2$ мм. На задней поверхности дуги позвонка кзади и книзу располагается остистый отросток, уплощенный в сагиттальном направлении. Средняя длина остистых отростков поясничных позвонков составляет $1,1 \pm 0,2$ мм. Верхние и нижние суставные отростки выражены слабо. Суставные поверхности верхних и нижних суставных отростков располагаются в разных плоскостях. Верхние суставные поверхности обращены кзади и под углом к горизонтальной плоскости. Нижние суставные поверхности обращены кпереди и располагаются во фронтальной плоскости.

В исследуемом периоде внутриутробного развития хорошо визуализируется позвоночное отверстие, позади ограниченное дугой, спереди – телом позвонка. Форма отверстия имеет овальную форму, его размер в дистальном направлении постепенно уменьшается. В свою очередь, поперечный размер позвоночного отверстия имеет большие значения, чем переднезадний, превосходит его в среднем в 1,3 раза.

В исследуемом периоде онтогенеза определяются топографические особенности поясничного отдела позвоночного столба плода. В рассматриваемом периоде онтогенеза обращает на себя внимание взаимоотношение внутренних органов с поясничным отделом позвоночного столба. В близких топографо-анатомических взаимоотношениях с изучаемым отделом позвоночного столба плода располагаются лимфатические узлы. На всем протяжении поясничного отдела позвоночного столба они встречаются по переднебоковой поверхности тел позвонков. Было отмечено, что преобладание лимфатических узлов наблюдается в области левой полуокружности тел позвонков. Позади, на уровне L_1-L_5 , к боковой поверхности остистых отростков и задним участкам дуг поясничных позвонков на 16–18-й неделе онтогенеза прилежат мышцы медиального и латерального тракта. Между передней поверхностью поперечных отростков и передней полуокружностью тел поясничных позвонков располагаются ножки диафрагмы. Определяется близкое расположение большой поясничной мышцы и квадратной мышцы поясницы.

Близкое расположение к переднебоковой полуокружности тел поясничных позвонков имеет внутрибрюшная фасция, кпереди от которой тянется задний листок почечной фасции и располагаются правая и левая почки. От передней полуокружности тела L_1 отходит дорзальная брыжейка, в составе которой располагаются брюшная аорта с отходящими от нее почечными артериями (сосуды занимают более левостороннее расположение). Правее от аорты

определяется нижняя полая вена. На уровне L_I кпереди от сосудов берут начало корень брыжейки тонкой кишки, участок нисходящей части, горизонтальная часть и восходящая часть двенадцатиперстной кишки, а также двенадцатиперстно-тощекишечный изгиб.

На фронтальном распиле торса плода, в области поясничного отдела позвоночного столба от боковых поверхностей тел L_{II}–L_{IV} начинается большая поясничная мышца (рис. 3). На уровне нижнего края Th_{XII}–L_I, несколько латеральнее вышеуказанной мышцы, располагаются правый и левый надпочечники. В проекции L_{III}–L_{IV} определяются правая и левая почки плода. По задней поверхности поясничных позвонков определяется плотное прилегание спинного мозга и его оболочек (рис. 4).

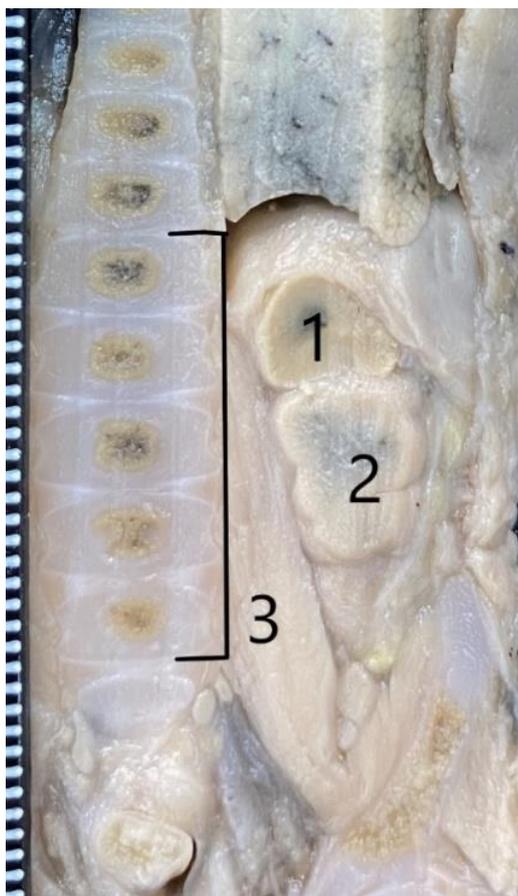


Рис. 3. Фронтальный срез торса плода человека по задним подмышечным линиям, вид спереди. Фото макропрепарата, протокол № 116, 16–17 недель, пол женский.

1 – левый надпочечник, 2 – левая почка, 3 – большая поясничная мышца

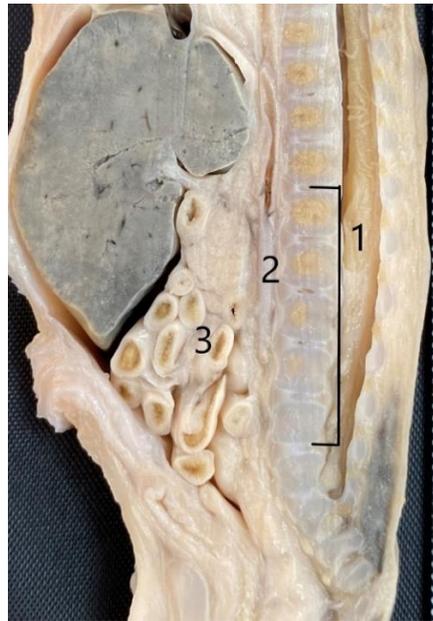


Рис. 4. Сагиттальный срез торса плода человека по срединной линии, вид слева. Фото макропрепарата, протокол № 136, 17–18 недель, пол мужской.

1 – спинной мозг, 2 – брюшная часть аорты, 3 – петли тонкой кишки

Заключение. В настоящей работе было выявлено, что в 16–18 недель внутриутробного развития поясничный отдел позвоночного столба полностью сформирован и представлен пятью отдельными позвонками. В исследуемом периоде онтогенеза при макромикроскопическом препарировании поясничных позвонков и на горизонтальных срезах отчетливо визуализируются тело, дуга и позвоночное отверстие. Определяется несращение ножек дуг с телами позвонков с участками хрящевой и соединительной тканей, что является фетальной особенностью в изучаемом периоде онтогенеза. В исследуемом периоде внутриутробного развития высота тел уменьшается с уровня L_I к уровню L_V. Однако продольный и поперечный размеры тел поясничных позвонков увеличиваются в том же направлении. Позвоночное отверстие поясничных позвонков имеет овальную форму, размер которого в дистальном направлении постепенно уменьшается. В свою очередь, поперечный размер позвоночного отверстия имеет большие значения, чем переднезадний, в среднем превосходит его в 1,3 раза. В настоящей работе представлены новые топографо-анатомические данные поясничного отдела позвоночного столба с рядом расположенными структурами и органами на протяжении с 16-й по 18-й неделю внутриутробного развития. Выявленные топографические особенности значительно расширяют представления по возрастной анатомии, что следует учитывать при развитии новых медицинских технологий в акушерстве, неонатологии, а также фетальной хирургии, обосновывая малоинвазивные методы при операциях на позвоночном столбе.

Список литературы

1. Виссарионов С.В. Врожденные пороки позвоночника: вопросы диагностики и лечения некоторых аномалий // Научные обзоры. 2006. № 4. С. 175-179.
2. Нагорнева С.В., Прохорова В.С., Шелаева Е.В., Худовекова А.М. Анализ частоты выявления врожденных пороков развития у плодов за последние 5 лет (2013–2017) // Журнал акушерства и женских болезней. 2018. № 67. С. 44-48.
3. Сопрунова И.В., Белопасов В.В., Ткачева Н.В. Распространенность спинномозговых грыж в Астраханской области, исходы и профилактика // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2012. №1. С. 72-74.
4. Потолова Е.В. Возможности ранней пренатальной диагностики спинномозговой грыжи // Пренатальная диагностика. 2013. Т. 12. № 1. С. 58-64.
5. Miyazaki O., Nishimura G., Sago H., Horiuchi T., Hayashi S., Kosaki R. Prenatal diagnosis of fetal skeletal dysplasia with 3D CT. *Pediatr Radiol.* 2012. Vol. 42. P. 842-852.
6. Корж Н.А., Барыш А.Е. Задний спондилодез в хирургии шейного отдела позвоночника // Хирургия позвоночника. 2010. № 2. С. 8-15.
7. Ульрих Э.В., Рябых С.О. Деформации позвоночника на фоне нарушения сегментации грудного отдела у новорожденных и детей первого полугодия жизни // Хирургия позвоночника. 2008. № 1. С. 24-31.
8. Рябых С.О., Ульрих Э.В. Возможности коррекции односторонней гипоплазии грудной клетки при деформациях позвоночника у детей с большой потенцией роста // Гений Ортопедии. 2011. № 4. С. 44-48.
9. Szpinda M., Baumgart M., Szpinda A., Woźniak A., Mila-Kierzenkowska C. New patterns of the growing L3 vertebra and its 3 ossification centers in human fetuses – a CT, digital, and statistical study. *Medical Science Monitor Basic Research.* 2013. Vol. 19. P. 169-180.
10. Heuer G.G., Moldenhauer J.S., Adzick N.S. Prenatal surgery for myelomeningocele: review of the literature and future directions. *Childs Nerv Syst.* 2017. Vol. 33. No 7. P. 1149-1155.
11. Sacco A., Ushakov F., Thompson D., Peebles D., Pandya P., De Coppi P., Wimalasundera R., Attilakos G., David A.L., Deprest J. Fetal surgery for open spina bifida. *Obstet Gynaecol.* 2019. Vol. 21. No 4. P. 271-282.
12. Кабак С.Л., Заточная В.В., Гордионов Д.М. Количественная характеристика тканей позвонков у эмбрионов и плодов человека // Клиническая и экспериментальная морфология. 2020. Т. 9. № 1. С. 49-56.

13. Куренков Е.Л., Макарова В.В. Онтогенез межпозвонкового диска у человека // Журнал анатомии и гистопатологии. 2018. № 7. С. 98-107.
14. Vrecenak J.D., Flake A.W. Fetal surgical intervention: progress and perspectives. *Pediatric surgery international*. 2013. Vol. 29. No 5. P. 407-417.
15. Adzick N.S. Prospects for fetal surgery. *Early Hum Dev*. 2013. Vol. 89. No 11. P. 881-886.