

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА И КЛИНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

УДК 611.819.59-053.2

DOI 10.24411/2220-7880-2020-10124

## РАЗВИТИЕ ВНУТРЕННИХ ПОЗВОНОЧНЫХ ВЕНОЗНЫХ СПЛЕТЕНИЙ В СИСТЕМЕ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ СПИННОЙ МОЗГ – ПОЗВОНОЧНЫЙ КАНАЛ

<sup>1,2</sup>Гайворонский И.В., <sup>1,2</sup>Родионов А.А., <sup>3</sup>Железнов Л.М., <sup>1,2</sup>Гайворонский А.И., <sup>1,2</sup>Ничипорук Г.И.,  
<sup>2,4</sup>Гайворонская М.Г., <sup>1,2</sup>Горячева И.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург, Россия (194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева 37а), e-mail: nichiporuki120@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия (199106, г. Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., 8а)

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» Минздрава России, Киров, Россия (610998, г. Киров, ул. К. Маркса, 112);

<sup>4</sup>ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия (197341, г. Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, 2.)

**Цель:** изучить развитие и строение морфофункционального комплекса внутренних позвоночных венозных сплетений в системе онтогенетических взаимоотношений спинной мозг – позвоночный канал. Исследование проведено на 95 препаратах позвоночного столба эмбрионов, плодов, новорожденных, юношей, взрослых людей (I-II периода зрелого и старческого возрастов), сгруппированных в соответствии с возрастной периодизацией.

Процесс исследования трупного материала включал 4 серии: 1 – вычленение позвоночного столба, инъекцию его венозных образований и коррозию; 2 – стереоэпидурографию; 3 – декальцинацию, изготовление гистологических срезов; 4 – макро-, микроскопическое препарирование пироговских срезов и их морфометрию. Полученные цифровые показатели объединялись в динамические ряды, которые анализировали по показателям темпа роста (ТР). Результаты измерений обрабатывали по общепринятой методике вариационной статистики.

Изучены этапы формирования эпидурального венозного русла в зависимости от процессов развития спинного мозга и позвоночного столба. Установлена неравномерность роста внутренних позвоночных венозных сплетений в пренатальном онтогенезе, выявлен широкий диапазон его вариантной анатомии. Показаны различия площади поперечного сечения эпидуральных вен на различных уровнях позвоночника в постнатальном онтогенезе. Исследованы отношения площадей поперечного сечения внутренних позвоночных венозных сплетений и позвоночного канала у новорожденных, лиц юношеского возраста и взрослых людей. Доказано, что окончательное формирование данных сплетений происходит только к началу I периода зрелого возраста. Разработаны новые подходы к пониманию онтогенетических закономерностей развития, формообразования и строения внутренних позвоночных венозных сплетений в системе морфофункциональных связей: спинной мозг – твердая оболочка – позвоночный канал.

Установлено, что внутренние позвоночные венозные сплетения имеют тесные онтогенетические взаимоотношения в составе морфофункционального комплекса (спинной мозг – оболочки спинного мозга – позвоночный столб), и выполняют дренажную, защитную, терморегуляторную функции и обеспечивают взаимосвязь с другими экстравертебральными венами.

**Ключевые слова:** внутренние позвоночные венозные сплетения, строение, онтогенез, формообразующие влияния спинного мозга, позвоночный канал, эпидуральные вены.

## DEVELOPMENT OF INTERNAL VERTEBRAL VENOUS PLEXUS WITHIN THE ONTOGENETIC SYSTEM OF THE SPINAL CORD AND THE SPINAL CANAL

<sup>1,2</sup>Gaivoronsky I.V., <sup>2</sup>Rodionov A.A., <sup>3</sup>Zheleznov L.M., <sup>1,2</sup>Gayvoronsky A.I., <sup>1,2</sup>Nichiporuk G.I., <sup>2,4</sup>Gayvoronskaya M.G.,  
<sup>1,2</sup>Goryacheva I. A.

<sup>1</sup>Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint-Petersburg, Russia (194044, Saint-Petersburg, Ac. Lebedev St., 37A) e-mail: nichiporuki120@mail.ru

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia (199106, Saint-Petersburg, 21 line V.O., 8a)

<sup>3</sup>Kirov State Medical University, Kirov, Russia (610998, Kirov, K. Marx St., 112)

<sup>4</sup>Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia (197341, Saint-Petersburg, Akkuratov St., 2)

**The objective is to study the development and structure of the morfo-functional complex of internal vertebral venous plexus in the system of the ontogenetic relationship of the spinal cord – the spinal canal.**

The study was conducted on 95 preparations of the vertebral column of embryos, fetuses, infants, young adults (I-II period of mature and senile ages), grouped in accordance with the age periodization.

The process of study of cadaveric material consisted of 4 series: 1 – the isolation of the spinal column, the injection of its venous structures and corrosion; 2 – stereolithography; 3 – decalcification, the production of histological sections; 4 – macro-microscopic dissection of Pirogovsky sections and morphometry. The digital indicators were combined into time series, which were analyzed in terms of growth rate (TR). The results of measurements were processed by the conventional method of variation statistics.

The stages of formation of the epidural venous depending on the development processes of the spinal cord and spinal column were studied. An irregularity of growth of the internal vertebral venous plexus in the postnatal ontogeny revealed a wide range of anatomy patterns. The difference in cross sectional area of epidural veins at various levels of the spine in postnatal ontogenesis were shown. The relationship of cross-sectional areas of the internal vertebral venous plexus and the vertebral canal in newborns, teenagers and adults were investigated. It is proved that the final formation of these tangles occur only at the beginning of the 1st period of maturity. The new approaches to the understanding of ontogenetic patterns of development, formation and structure of the internal vertebral venous system in system of morphogenetic relations: the spinal cord – the Dura – the spinal canal were developed. It has been established that the internal vertebral venous plexuses have close ontogenetic relationships in the morpho-functional complex (spinal cord – spinal cord membranes – spinal column), and perform drainage, protective, thermoregulatory functions and provide interconnection with the other extravertebral veins.

Keywords: internal vertebral venous plexuses, structure, ontogenesis, shape-forming effects of the spinal cord, spinal canal, epidural veins.

## Введение

Позвоночный канал с его содержимым представляет собой сложную конструкцию, элементы которой находятся в определенных взаимоотношениях друг с другом. Это обусловлено этапностью эволюционного развития различных структур, что предполагает необходимость системного подхода при изучении морфофункциональных отношений спинного мозга, его оболочек, сосудистого русла и позвоночного канала. Только на путях вскрытия закономерностей развития этих анатомических образований можно выявить особенности возникновения возрастных преобразований венозного русла позвоночного канала.

Согласно данным В. Карлсон [1], хорда индуцирует закладку спинного мозга, в то время как последний индуцирует образование элементов позвоночника. Сказанное предполагает, что между ними должны складываться определенные морфогенетические корреляции, обуславливающие общие закономерности развития всех структур позвоночного канала.

Особое внимание среди многочисленных вен спинного мозга и позвоночного столба всегда уделялось строению [2–6], функции [7–9] и клиническому значению [6, 10, 11] внутренних позвоночных венозных сплетений [1, 7, 12]. Авторы указывают, что эти сплетения представляют собой уникальную бесклапанную венозную сеть большой емкости, в которой движение крови осуществляется в разных направлениях в зависимости от изменения позы, внутригрудного или внутрибрюшного (торакоабдоминального) давления. Посредством многочисленных анастомозов данное сплетение сообщается с внутрикостными, паравертебральными и магистральными венами, а также с венозными синусами головного мозга.

Сведения о развитии внутренних позвоночных венозных сплетений немногочисленны, нет единства взглядов на источники происхождения, сроки закладки и возрастные преобразования эпидуральных вен [1, 2, 6, 12]. В связи с вышесказанным необходимо рассматривать вопрос их развития с позиций формирующих влияний окружающих структур (спинной мозг, твердая оболочка, стенки позвоночного канала).

Целью данной работы явилось изучение развития и становления морфофункционального комплекса внутренних позвоночных венозных сплетений в

онтогенезе и его взаимоотношений в системе спинной мозг – позвоночный канал.

## Материал и методы

Исследование проведено на 30 человеческих эмбрионах, 30 плодах от 8 до 36 недель, 5 трупах новорожденных, 6 трупах юношей и 24 трупах взрослых людей (I, II периода зрелого, старческого возраста (9, 9, 6 наблюдений соответственно), умерших от заболеваний, не связанных с патологией позвоночного столба. Материал от эмбрионов и плодов получен в патологоанатомическом отделении Амурской областной клинической больницы. Материал от взрослых людей получен на кафедре нормальной анатомии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в период с 1988 г. по настоящее время. Процесс исследования позвоночного канала и его содержимого на трупном материале включал: изготовление серий гистологических срезов эмбрионов и разных отделов позвоночника плодов (30 объектов), макро-, микроскопическое препарирование (15 объектов), изготовление пироговских и гистологических срезов (35 объектов), коррозию, стереоэпидурографию и просветление (15 объектов).

Для макро-, микроскопического исследования производили пироговские срезы позвоночника в горизонтальной и фронтальной плоскостях, предварительно декальцинированные и замороженные. Морфометрию внутренних позвоночных венозных сплетений проводили на поперечных пироговских срезах посредством сетки окуляра стереомикроскопа МБС-9 (цена деления шкалы 0,1 мм, а сторона квадрата сетки 1 мм) при увеличении 8 и 16 раз. Подобным же образом измеряли площадь спинного мозга, позвоночного канала и эпидурального пространства с его жировой клетчаткой. В качестве инъекционной массы применяли латекс, 5% раствор тушь-желатина, акриловые пластмассы (АКР-15, протакрил, норакрил). Инъекцию массы производили с помощью троакара или иглы Кассирского в губчатое вещество тел позвонков, а также в верхнюю и нижнюю полые вены.

Для рентгенологической характеристики венозных сплетений позвоночника использовали метод стереоэпидурографии. В качестве рентгеноконтраст-

ной массы применяли верографин, кардиотраст, мидил.

Для декальцинации позвоночника использовали минеральные (5% азотную и 10% соляную), и органические (10% муравьиную и 10% трихлоруксусную) кислоты в отдельности и в смеси.

Метод просветления пироговских срезов включал: 1) отбеливание в 5% растворе перекиси водорода; 2) промывку водопроводной водой; 3) обезвоживание в спиртах (70, 80, 90 градусов) и в абсолютном спирте; 4) просветление в метиловом эфире салициловой кислоты (в нем же и хранили препараты).

Полученные цифровые показатели объединялись в динамические ряды, которые анализировали по основным их показателям – темпам роста (ТР). Темп роста вычисляли при постоянном основании: пренатальный период – плоды 4-х месяцев, постнатальный период – новорожденные.

Цифровой материал обрабатывали по общепринятым методикам вариационной статистики. На проведение исследований объектов постнатального периода получено разрешение этического комитета при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова № 169 от 22.12. 2015.

### Результаты и их обсуждение

Начальные этапы формирования эпидурального венозного русла у эмбрионов находятся под влиянием сосудистых конструкций спинного мозга. Образование путей оттока венозной крови от спинного мозга наблюдается в сроки 5–6 недель, так как в это время уже происходит образование корешковых вен и соединение их с сегментарными венами спинного мозга. К этому времени система притока артериальной крови к спинному мозгу уже сформирована. Появление передних эпидуральных вен отмечается в сроки от 6 до 11 недель, а задних – от 11 до 13 недель.

У плодов от 9 до 11 недель отчетливо выявляются процессы окостенения стенок позвоночного канала, которые влекут за собой развитие внутрикостных вен. Отток крови из них частично осуществляется в эпидуральное венозное русло, что и обуславливает его магистрализацию. Постепенно образуются продольные стволы почти на всем протяжении эпидурального пространства.

Таким образом, в течение первых 13 недель внутриутробного развития в позвоночном канале вокруг спинного мозга происходит закладка и последовательное развитие трех венозных дренажных систем: спинальной, эпидуральной и внутрикостной (рис. 1).

Индивидуальные различия внешнего строения эпидуральных вен проявляются еще во внутриутробном периоде развития. Возрастная динамика анатомической изменчивости рассматриваемых вен состоит в редукции первичной венозной сети и переходе от сетевидных форм в эмбриональном периоде к магистральным или близким к ним формам у взрослых людей. Это обуславливает широкий диапазон их индивидуальной изменчивости.

Внутреннее позвоночное венозное сплетение является центральным звеном, объединяющим венозное русло спинного мозга и позвоночника в единое целое.

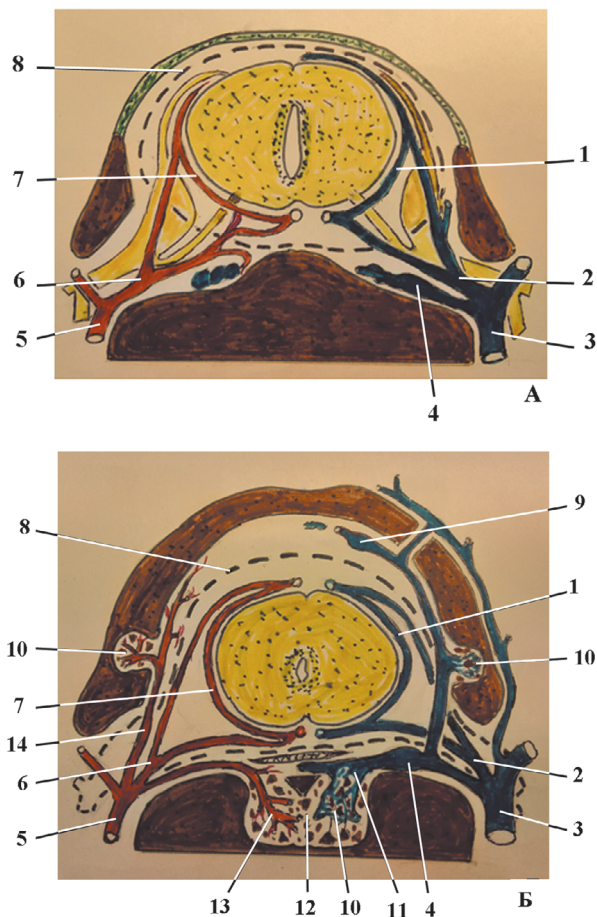


Рис. 1. Схема развития сосудов спинного мозга и позвоночного канала в зародышевом и плодном периодах. На левой стороне рисунков изображены артерии, на правой – вены. А – зародыши 7–8 недель (12–15 мм длины). Б – плоды 12–15 недель (30–70 мм длины): 1 – вены спинного мозга; 2 – корешковые вены; 3 – сегментарная вена; 4 – передние внутренние позвоночные венозные сплетения; 5 – сегментарная артерия; 6 – корешковые артерии; 7 – артерии спинного мозга; 8 – твердая оболочка спинного мозга; 9 – задние внутренние позвоночные венозные сплетения; 10 – ядра окостенения; 11 – базально-позвоночная вена; 12 – внутрикостные вены; 13 – внутрикостные артерии; 14 – пристеночные артерии.

Скорость роста внутренних позвоночных венозных сплетений в пренатальном онтогенезе неравномерна. Периоды ускоренного роста площади поперечного сечения этих вен у плодов приходятся на 5, 8 и 9 месяцы. Эти сроки совпадают с периодами ускоренного роста площади поперечного сечения спинного мозга и позвоночного канала, что еще раз свидетельствует об их формообразующих влияниях на морфогенез венозных сплетений.

В составе внутреннего позвоночного венозного сплетения выделяют передние и задние отделы (рис. 2).

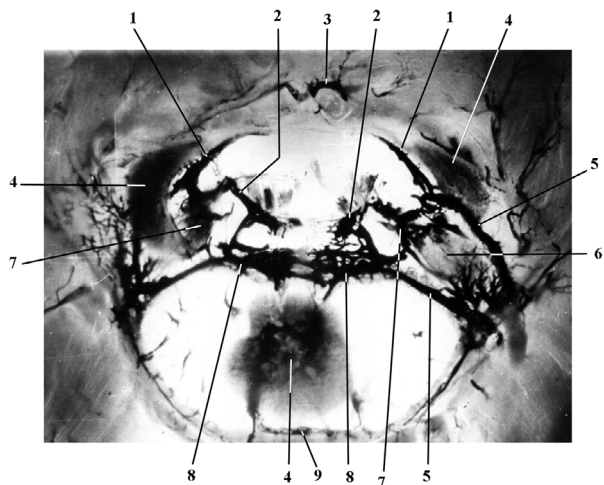


Рис. 2. Просветленный препарат инъецированных вен среза поясничного позвонка плода 270 мм теменно-пяточной длины. Ув. в 8 раз.

- 1 – задние эпидуральные вены; 2 – вены спинного мозга; 3 – задние паравerteбральные вены;
- 4 – ядра окостенения тела и дуг позвонка;
- 5 – межпозвоночные вены; 6 – чувствительный узел спинномозгового нерва с сетью венозных сосудов; 7 – корешковые вены; 8 – передние продольные эпидуральные вены; 9 – передние паравerteбральные вены.

Переднее внутреннее позвоночное венозное сплетение представлено разным количеством продольных венозных стволов и анастомозов между ними. Сзади они частично прикрыты задней продольной связкой и анастомозируют с внутрикостными венами тел позвонков. Наилучшим образом оно выражено в шейном и поясничном его отделах. Закладка этого сплетения у эмбрионов и плодов не происходит одновременно во всех отделах эпидурального пространства, а растягивается во времени на протяжении с 6 до 11 недель. В образовании этих вен принимают участие сегментарные вены и лакунарные сосуды в первичной оболочке спинного мозга. Так, у эмбрионов 6–7 недель происходит закладка этих вен в шейном и верхнегрудном отделах, в 7 недель – в нижнегрудном отделе, в 8 недель – в поясничном, а у плодов 11 недель – в крестцовом. Следовательно, в формировании передних эпидуральных вен прослеживается краниокаудальный градиент. Обращает на себя внимание тот факт, что закладка эпидуральных вен происходит раньше образования эпидурального пространства.

В составе заднего внутреннего позвоночного венозного сплетения различают продольные (боковые), срединные и поперечные вены, расположенные в жировой клетчатке на задней стенке позвоночного канала.

Развитие заднего внутреннего позвоночного сплетения обусловлено становлением задней стенки

позвоночного канала. Боковые продольные его стволы хорошо выражены во всех отделах позвоночного канала, чего нельзя сказать об их поперечных дугообразных анастомозах. Последние лучше всего развиты в верхнегрудном отделе, где смыкание дуг позвонков наступает в первую очередь, и слабее всего – в поясничном и крестцовом, так как в этих отделах отсутствует соединение дуги позвонка с противоположных сторон. В развитии заднего внутреннего позвоночного венозного сплетения также отмечен краниокаудальный градиент. Закладка его происходит в срок от 11-й до 13-й недели. Так, в шейном и грудном отделах – в 11 недель, в поясничном – в 12 недель, а в крестцовом – в 13 недель.

Одним из показателей, характеризующих гемодинамику внутренних позвоночных венозных сплетений, является площадь их поперечного сечения, которая может служить «эталоном» возрастной нормы. Так, у плодов 25–38 недель суммарная площадь внутренних позвоночных венозных сплетений наиболее велика в шейном отделе на уровне  $C_{1-5}$ , в нижнегрудном и поясничном отделах – на уровне  $Th_{10}-L_5$ , а наименьшая – на уровне  $Th_{1-4}$ . Следует отметить, что самая наибольшая площадь поперечного сечения этих вен среди всех отделов позвоночника и во всех возрастных группах будет на уровне  $C_{1-3}$ , что связано с оттоком венозной крови из венозных синусов черепа.

У новорожденных площадь поперечного сечения внутренних позвоночных венозных сплетений, по сравнению с таковой у плодов 4-х месяцев, увеличивается на уровнях  $C_1$  в 9,5 раз при ТР 955%, на  $C_5$  – в 7,1 раза при ТР 709%, на  $C_7$  – в 5,2 раза при ТР 517%, на  $Th_1$  – в 5,3 раза при ТР 527%,  $Th_6$  – в 7,4 раза при ТР 740%, на  $Th_{11}$  – в 10,3 раза при ТР 1028%, на  $L_3$  – в 13 раз при ТР 1300%, на  $S_1$  – в 16,3 раза при ТР 1625%. Приведенные данные указывают на то, что темпы роста этих сплетений в нижнегрудном, поясничном и крестцовом отделах поясничного канала довольно высоки. По-видимому, такая динамика может быть объяснена повышением гемодинамической нагрузки во второй половине внутриутробного периода развития. Суммарная площадь поперечного сечения внутренних позвоночных венозных сплетений на разных уровнях в постнатальном онтогенезе представлена в таблице 1.

Как показывает анализ таблицы 1, у взрослого человека биологический смысл нарастания суммарной площади поперечного сечения внутренних венозных позвоночных сплетений обусловлен ортоградным положением тела человека и разобщением вертикального гидродинамического столба венозной крови на отдельные зоны с разнонаправленным током крови. Так, в шейном отделе будет преобладать краниокаудальный кровоток, в поясничном и нижнегрудном – каудокраниальный, а в верхне- и среднегрудном отделах – поперечный.

Таблица 1

**Суммарная площадь (мм<sup>2</sup>) поперечного сечения внутренних позвоночных венозных сплетений в некоторые периоды постнатального онтогенеза на уровне середины тел позвонков в разных отделах позвоночного столба (x±Sx)**

позвонки	новорожденные	юношеский	зрелый возраст 1 период	зрелый возраст 2 период	старческий возраст
$C_1$	10,5±2,1	55,3±5,1	45,0±9,6	50,7±10,1	38,5±3,3
$C_3$	7,8±1,7	45,5 47,3	24,6±4,2	32,1±4,5	26,6±3,4

C <sub>5</sub>	7,8±1,7	36,0±3,5	26,7±5,2	21,0±4,0	16,3±3,3
C <sub>7</sub>	6,2±0,7	30,8±6,7	20,0±2,3	18,0±2,1	15,8±1,4
Th <sub>2</sub>	5,8±0,6	24,0±4,4	17,3±1,3	19,0±3,6	14,0±2,4
Th <sub>4</sub>	5,9±0,7	25,3±5,6	18,1±2,1	19,6±3,5	16,0±1,2
Th <sub>6</sub>	7,4±1,2	27,8±7,6	18,3±2,7	18,8±3,0	15,8±1,5
Th <sub>8</sub>	6,6±0,7	27,1±5,0	17,1±2,4	16,0±2,3	16,5±3,3
Th <sub>11</sub>	7,3±0,7	33,0±6,6	26,6±2,1	20,3±3,1	18,2±4,2
L <sub>1</sub>	8,2±1,1	40,3±5,8	28,4±3,1	25,7±6,2	24,5±4,7
L <sub>3</sub>	9,1±1,8	36,3±3,3	25,6±2,5	25,8±4,1	21,9±3,7
L <sub>5</sub>	7,8±1,1	32,7±3,4	29,4±3,8	21,8±4,9	17,1±3,1
S <sub>1</sub>	6,6±0,9	16,5±3,6	15,5±3,6	14,4±2,2	14,6±1,8
S <sub>3</sub>	3,0±0,2	9,3±1,4	6,2±0,6	5,7±1,7	5,0±1,3

Нарастание суммарной площади эпидуральных вен завершается до первого периода зрелого возраста, следуя параллельно с основными этапами становления стенок эпидурального пространства. Начиная со II периода зрелого возраста происходит постепенное снижение абсолютных показателей площади поперечного сечения внутренних позвоночных венозных сплетений, достигающее максимума в старческом возрасте.

Отношение площади поперечного сечения вну-

тренних позвоночных венозных сплетений к площади позвоночного канала (в процентах) у новорожденных, юношей и взрослых людей показано в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что процентное отношение площади эпидуральных венозных сплетений указывает в представленных возрастных группах существенно различается: у новорожденных оно варьирует от 4 до 7%, в юношеском возрасте – от 7 до 14 %, в зрелом возрасте – от 5 до 10 %, во II зрелом возрасте – от 7 до 12 %, в старческом – от 5 до 9 %.

Таблица 2

**Процентное отношение площади поперечного сечения внутренних позвоночных венозных сплетений к площади поперечного сечения различных отделов позвоночного канала в некоторые периоды постнатального онтогенеза (%).**

позвонки	новорожденные	юношеский возраст	зрелый возраст, I период	зрелый возраст, II период	старческий возраст
C <sub>1</sub>	7	10	10	12	9
C <sub>3</sub>	6	14	9	10	8
C <sub>5</sub>	6	12	10	8	7
C <sub>7</sub>	4	10	8	6	6
Th <sub>2</sub>	5	9	7	7	5
Th <sub>4</sub>	5	9	8	8	6
Th <sub>6</sub>	6	10	8	7	6
Th <sub>8</sub>	6	10	7	7	6
Th <sub>11</sub>	6	11	7	7	6
L <sub>1</sub>	5	12	7	8	8
L <sub>3</sub>	6	13	8	9	7
L <sub>5</sub>	5	11	7	7	6
S <sub>1</sub>	4	7	6	7	6
S <sub>3</sub>	6	7	5	7	5

На основании оценки суммарной площади поперечного сечения эпидуральных вен и процентного отношения к площади позвоночного канала можно сделать заключение, что развитие внутренних позвоночных венозных сплетений и формирование топографо-анатомических отношений структур позвоночного канала завершается к I периоду зрелого возраста. При этом отмечается корреляция наибольшего прироста между суммарной площадью эпидуральных венозных сплетений и площадью позвоночного канала. Следовательно, сроки – спурты наибольшего прироста элементов позвоночного канала совпадают. И, наконец, следует отметить неравномерность взаимоотношений площади эпидуральных вен и позвоночного канала в различных отделах позвоночника. Наибольшую площадь занимают исследуемые вены на уровне верхних шейных сегментов, что обусловлено их участием в оттоке крови от венозных синусов головного мозга.

Внутренние позвоночные венозные сплетения имеют следующие анатомические особенности строения. Эти сплетения не имеют клапанов, анастомозируют между собой в области ножек дуг позвонков и образуют единое внутреннее позвоночное венозное сплетение. Стенки вен этого сплетения имеют мышечные элементы, что обуславливает их способность к активным сокращениям, влияющим на скорость кровотока и направление его движения. Окончательное оформление всех слоев стенок эпидуральных вен заканчивается к I периоду зрелого возраста. На изменение просвета этих вен влияют и соединительнотканые структуры эпидурального пространства, образующие единый сетевидно-коллагеново-эластический комплекс. Основной отток крови из этого сплетения осуществляется через межпозвоночные вены в задние межреберные, поясничные и крестцовые вены. По нашим данным, эти участки

межпозвоночных вен не имеют клапанов, и в них возможен ретроградный кровоток, обуславливающий транспортировку крови в вены позвоночного канала и спинного мозга из межреберных вен.

Таким образом, становление структуры и формирование топографо-анатомических отношений элементов позвоночного канала, в том числе и внутренних позвоночных венозных сплетений завершается в основном к I периоду зрелого возраста. По нашим данным, спурты (сроки наибольшего прироста) размеров площади поперечного сечения внутренних позвоночных венозных сплетений коррелируют со спуртами площади поперечного сечения спинного мозга и позвоночного канала, что свидетельствует об их ведущей роли в становлении венозного русла позвоночного канала.

*Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явного или потенциального конфликта интересов, связанного с публикацией статьи.*

*Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.*

### Литература/References

1. Карлсон Б. Основы эмбриологии по Пэттену: В 2-х т; Пер. с англ. М.: Мир, 1983. Т. 2. 390 с. [Karlson B. Osnovy embriologii po Pettenu. Transl. from Engl. Moscow: Mir; 1983. Vol. 2. 390 p. (In Russ.)]
2. Stringer M.D., Restieaux M., Fisher A.L. et al. The internal veins are muscular and external veins have valves. *Clin. Anat.* 2012; 25 (5): 609–618.
3. Tubbs R.S., Demerdash A., Cure J. et al. Intracranial connections of the vertebral venous plexus: Anatomical study with application to neurosurgical and endovascular procedures at the craniocervical junction. *Oper. Neurosurg (Hagerstown)*. 2018; 14 (1): 51–57.
4. Groen R.J., Grobbelaar M., Muller C.J. et al. Morphology of the human internal vertebral venous plexus: A cadaver study after latex injection in the 21–25 week fetus. *Clin. Anat.* 2005; 18 (3): 397–403.
5. Дическул М.Л., Куликов В.П., Маслова И.В. Ультразвуковая характеристика венозного оттока по позвоночным венам // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2008. № 4. С. 33–40. [Dicheskul M.L., Kulikov V.P., Maslova I.V. Ultrasonic characteristic of the venous outflow along the vertebral veins. *Ul'trazvukovaya funktsional'naya diagnostika*. 2008;4: 33–40 (In Russ.)]
6. Родионов А.А., Гайворонский И.В., Банников С.А., Горячева И.А. Анатомия внутреннего позвоночного венозного сплетения и её прикладное значение в клинической практике // Вестник Российской

Военно-медицинской академии. 2017. Т. 1. № 57. С. 232. [Rodionov A.A., Gaivoronsky I.V., Bannikov S.A., Goryacheva I.A. Anatomy of the internal vertebral venous plexus and its applied value in clinical practice. *Vestnik Rossiiskoi VoЕННО-meditsinskoi akademii*. 2017; 1 (57): 232 (In Russ.)]

7. Белова Л.А., Машин В.В. Роль цереброспинальной венозной системы в обеспечении физиологических функций и патологических процессов // Ульяновский медико-биологический журнал. 2015. № 3. С. 73–78. [Belova L.A., Mashin V.V. The role of the cerebrospinal venous system in providing physiological functions and pathological processes. *Ulyanovskii mediko-biologicheskii zhurnal*. 2015; 3: 73–78. (in Russ.)]

8. Tobinick E., Vega C.P. The cerebrospinal venous system: anatomy, physiology and clinical implications. *Med. Gen. Med.* 2006; 22 (8): 53.

9. Shido O., Maruyama M., Wada A. et al. Kitagaki possible role of the internal vertebral venous plexus during exercise in humans. *J. ThermBiol.* 2006; 31:181–185.

10. Родионов А.А., Гайворонский И.В., Пашенко П.С. Анатомическое прогнозирование возможностей позвоночного венозного бассейна человека в условиях гравитационных перегрузок // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2016. № 3. № 55. С. 129–134. [Rodionov A.A., Gajvoronskij I.V., Pashhenko P.S. Anatomical prediction of the capabilities of the human vertebral venous basin under conditions of gravitational overload. *Vestnik Rossiiskoi VoЕННО-meditsinskoi akademii*. 2016; 3 (55): 129–134. (in Russ.)]

11. Родионов А.А., Гайворонский И.В., Виноградов С.В. Морфологические критерии сегментации позвоночного венозного бассейна и его взаимосвязи с системными венами // Морфология. 2016. Т.150. № 5. С. 31–37. [Rodionov A.A., Gaivoronsky I.V., Vinogradov S.V. Morphological criteria for segmentation of the vertebral venous pool and its relationship with systemic veins. *Morfologiya*. 2016: 150 (5): 31–37. (In Russ.)]

12. Гайворонский А.И., Родионов А.А., Гайворонский И.В., Булыщенко Г.Г. Региональные и возрастные особенности строения соединительнотканых структур эпидурального пространства спинного мозга человека // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 14. № 4. С. 686–690. [Gaivoronsky A.I., Rodionov A.A., Gaivoronsky I.V., Bulyshhenko G.G. Regional and age-related structural features of the connective tissue structures of the human epidural space. *Meditsinskii vestnik Severnogo Kavkaza*. 2019; 14 (4): 686–690. (In Russ.)]

## КАЧЕСТВО РАСТВОРОВ МЕСТНЫХ АНЕСТЕТИКОВ ПРИ ОЦЕНКЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ IN VITRO

<sup>1</sup>Костина И.Н., <sup>1</sup>Белоконова Н.А., <sup>1</sup>Лелекова Р.П., <sup>1</sup>Наронова Н.А., <sup>1</sup>Ильиных П.А., <sup>2</sup>Чередников С.М.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Уральский государственный медицинский университет Минздрава России, Екатеринбург, Россия (620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3), e-mail: kafedrastom@yandex.ru

<sup>2</sup>ООО «Медицинский центр Гарант», Екатеринбург, Россия (620034, г. Екатеринбург, ул. Опалихинская, 42), e-mail: garant-o@list.ru