

А.А. Родионов, И.В. Гайворонский,
П.С. Пащенко

Анатомическое прогнозирование возможностей позвоночного венозного бассейна человека в условиях гравитационных перегрузок

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Рассматривается строение венозных сплетений позвоночного столба как одного из возможных путей притока крови к правому предсердию при воздействии гравитационных перегрузок. Установлено, что основную роль в возврате крови к правому сердцу при гравитационных перегрузках играет переднее внутреннее позвоночное сплетение. Оно складывается из разного количества правых и левых продольных стволов и анастомозов между ними. В разных отделах позвоночника вены продольного направления характеризуются различными размерами, формой и отношением к соединительнотканым структурам эпидурального пространства. Данные вены собирают кровь от затылочного синуса, тел позвонков, эпидуральных структур и отводят ее в межпозвоночные вены, которые затем вливаются на разных уровнях в позвоночные, межреберные, поясничные вены и далее в систему верхней и нижней полых вен. Передние продольные вены позвоночного канала можно представить в виде трех морфофункциональных сегментов: верхнего (C_{1-7}), среднего (Th_{1-4}), и нижнего (Th_5 и ниже). Вены среднего сегмента (Th_{1-4}) в отличие от верхнего и нижнего обычно представлены сетью мелких вен, в просвете которых имеется большое количество неклапанных внутренних образований в виде пластинок и трабекул. Трехсегментарный тип строения внутреннего позвоночного венозного сплетения обеспечивает, по-видимому, принцип саморегулирующей системы. Анатомические особенности строения среднего сегмента препятствуют формированию в венах позвоночного канала длинного гидростатического столба жидкости и разделяют данные вены на две отдельные гидродинамические системы (верхнюю и нижнюю), в которых возможны противоположные направления тока крови. При продольных перегрузках из вен верхнего сегмента, кровь может ретроградно поступать в полость черепа, предотвращая нарушения мозгового кровообращения, а вены нижнего сегмента будут принимать участие в формировании кава-кавального окольного пути, осуществляющего возврат крови к правому сердцу. Резервные возможности полости позвоночного канала в виде эпидурального пространства довольно большие и расширение мешка твердой оболочки спинного мозга (за счет перетока ликвора) при продольных гравитационных перегрузках не будут сказываться на гемодинамике внутренних позвоночных венозных сплетений. Рефлексогенная зона данных вен при подобных перегрузках включает механизмы, обеспечивающие достаточное кровоснабжение спинного мозга, возврат крови в синусы головного мозга и в правое предсердие.

Ключевые слова: гравитационные перегрузки, позвоночное венозное сплетение, гидростатическое давление, верхняя полая вена, нижняя полая вена, межпозвоночные вены, кава-кавальные анастомозы, эпидуральное пространство.

Введение. В связи с интенсивным развитием авиации и космонавтики начиная с середины прошлого века, в отечественной медицинской литературе появилось значительное количество работ физиологов и морфологов о влиянии гравитационных перегрузок на строение сосудистой системы [4, 14, 16–20, 30]. Основной упор в этих работах был направлен на изучение влияния гравитационных перегрузок на строение артериальной системы различных органов и систем.

К сожалению, венозная система в то время не привлекала к себе столь пристального внимания. В литературе имеются единичные работы, посвященные влиянию гравитационных перегрузок на вены селезенки, воротную и полые вены [1, 5, 7]. Некоторые вопросы практической авиационной медицины не полностью решены именно из-за недостаточной изученности механизмов изменения гемодинамики, в том числе и в венозном русле, при воздействии перегрузок. Например, не всегда существующие

противоперегрузочные устройства компенсируют недостаточную переносимость человеком перегрузок (с вектором голова – таз вплоть до кратковременной потери сознания). Действие этих устройств направлено на искусственное затруднение процесса заполнения кровью поверхностных вен нижних конечностей, стенок живота [11, 13, 25], это в свою очередь требует всестороннего исследования возможных путей оттока венозной крови при разнонаправленных воздействиях данного экстремального фактора полета, в том числе и при использовании средств противоперегрузочной защиты.

В современной анатомической литературе практически отсутствуют работы, в которых бы непосредственно рассматривался вопрос о роли вен позвоночника в возврате крови к правому сердцу в условиях гравитационных перегрузок. Имеются лишь сведения о роли вен позвоночника в оттоке и притоке крови к голове и сердцу при быстром подъеме или

снижении самолета, а также, что у летчиков во время взлета происходит усиление притока крови в вены позвоночника, как результат повышенного давления на тело [31, 32]. В работе W.F. Herlichy [33] есть сведения о том, что вены позвоночного канала у летчиков регулируют гемодинамику во время полета. Однако прямой связи с действием фактора перегрузки эти данные не раскрывают.

При перегрузках в направлении «голова – таз» кровь накапливается в сосудах нижней части туловища, нижних конечностей и таза, и приток её по нижней полой вене к сердцу затруднен. Давление крови в сосудах головы и верхней половины тела понижается, а в сосудах нижних конечностей и брюшной полости повышается [3].

Как указывает Ю.Е. Москаленко с соавторами [13], на венозную систему в полости позвоночника оказывает влияние давление крови в венозных сплетениях, связанных с верхней и нижней полыми венами. Это давление определяет величины объемов венозной крови в краниальной и каудальной частях венозных сплетений позвоночного канала. Работами Б.А. Долго-Сабурова [6], В.Я. Протасова [20] и А.А. Родионова [23] доказано, что позвоночные венозные сплетения объединяют притоки полых вен в единое целое и являются связующим звеном между ними.

Вероятно, вены позвоночного канала при перегрузках будут испытывать меньшие изменения, так как площадь сечения каждого сосуда в отдельности здесь значительно меньше любой из полых вен. Поэтому в первую очередь кровь будет поступать именно в полые вены: либо в верхнюю, либо в нижнюю, в зависимости от вектора действующей перегрузки. А.А. Сергеев [26] отмечает, что прямым следствием ускорений «голова – таз» является недостаточность притока венозной крови к правому сердцу.

Мы полагаем, что одним из компенсаторных механизмов регуляции гемодинамики при воздействии гравитационных перегрузок с вектором «голова – таз» являются вены позвоночника. Под влиянием повышенного давления, создавшегося в нижней полой вене, и пониженного – в системе верхней, кровь будет перетекать по венам позвоночника в сторону верхней полой вены, то есть в направлении пониженного давления, и оттуда к сердцу. При действии силы ускорения в обратном направлении «таз – голова» течение крови по венам позвоночного бассейна будет происходить в обратном направлении. Косвенным подтверждением этого целый ряд работ, где венам позвоночника отводится главная роль в формировании коллатерального кава-кавального кровотока при перевязках или тромбозах в системе полых вен [15, 27]. В.С. Савельев, Э.П. Думпе, Е.Г. Яблоков [24] называют этот анастомоз – позвоночным путем.

По данным В.В. Куприянова, В.И. Зяблова, П.А. Мотавкина и В.В. Ткача [9], в позвоночном канале имеется мощная параменингеальная рефлексогенная зона внутренних позвоночных венозных сплетений, по типу синокаротидной и аортальной. Эта своеобразная

рефлексогенная зона, построенная по сегментарному типу, обеспечивает приспособительную регуляцию спинномозгового и вертебрального окольного кровообращения.

Б.Н. Савин [25] доказал роль необычной по силе и сочетанию афферентной импульсации из органов (в том числе из рефлексогенных зон) в центральную нервную систему, вызванной переполнением кровью сосудов, а также деформациями тканей в условиях воздействия перегрузок на организм.

Цель исследования. Изучить строение венозных сплетений позвоночного столба как одного из возможных путей притока крови к правому предсердию при воздействии гравитационных перегрузок.

Материалы и методы. Исследование сосудов позвоночного венозного бассейна и его связей с другими венозными магистральями проведено на 62 трупах людей, в том числе 18 плодов от 16 недель и старше, 4 новорожденных и 40 взрослых людей в возрасте до 90 лет, умерших от заболеваний, не связанных с патологией позвоночного столба. Материал получен в патологоанатомическом отделении Амурской областной клинической больницы и на кафедре нормальной анатомии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Процесс исследования вен на трупном материале включал их инъекцию (15 объектов), коррозию (8 объектов), стереорентгенографию (13 объектов), макромикроскопическое препарирование (12 объектов). Морфометрию пириговских срезов (10 объектов) и гистологический метод (4 объекта).

В качестве инъекционной массы применяли латекс, 5% раствор тушь-желатины, акриловые пластмассы (АКР-15, протакрил) и свинцовую оранжевую эскизную краску, разведенную в 3% целлоидине. Инъекция массы производилась с помощью троакара или иглы Кассирского в тела позвонков. На части препаратов инъекцию венозной системы позвоночного столба производили через устья верхней и нижней полых вен. Инъекционные массы вводили под контролем давления (от 0 до 1 кг) аппаратом А.М. Беклемищева [2]. После инъекции каждой порции контрастной массы делались стереорентгенограммы отдельных частей трупа в прямой и боковой проекциях. Затем труп вскрывали и препарировали вены.

Стереорентгенограммы делали на аппарате «РУМ-4» при следующих режимах: прямые снимки – 40–45 кВ, 0,15–3 с., боковые – 40–56 кВ, 0,3–4 с. Расстояние от рентгеновской трубки до плоскости кассеты с рентгеновской пленкой составляло 60–70 см.

Для декальцинации позвоночника применяли минеральные (5% азотную и 10% соляную) и органические (10% муравьиную и 10% трихлоруксусную) кислоты в отдельности и смеси. В качестве коррозионной среды при приготовлении коррозионных препаратов использовали соляную кислоту.

Для макроскопического исследования производили пириговские срезы предварительно декальцированных и замороженных препаратов позвоночника

в горизонтальной, сагиттальной и фронтальной плоскостях. Изучение срезов осуществляли с помощью стереомикроскопа «МБС-9». На пироговских срезах изучали строение внутренних и наружных позвоночных венозных сплетений, их связи между собой и прилежащими венозными образованиями. Исследование клапанов и трабекул производилось путем вскрытия просвета вен и детального изучения их внутренней поверхности под стереомикроскопом «МБС-9».

Гистологические срезы позвоночника толщиной 10–20 мкм окрашивали гематоксилин-эозином, пикро-фуксином по Ван-Гизон и резорцин-фуксином по Вейгерту.

Результаты измерений обрабатывали по общепринятой методике вариационной статистики [9] с определением t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Выявлено, что внутренние позвоночные венозные сплетения представлены системой передних продольных и задних продольных и поперечных вен, среди которых основную роль в возврате крови к правому сердцу играет переднее внутреннее позвоночное венозное сплетение. Оно складывается из разного количества правых и левых продольных стволов и анастомозов между ними (рис. 1). Данное сплетение простирается от затылочного отверстия до нижнего конца крестцового канала и залегает по задней поверхности тел позвонков и межпозвоночных дисков. Эти вены связаны друг с другом поперечными анастомозами в области тел позвонков. Анастомотические сосуды находятся под задней продольной связкой. Здесь продольные венозные стволы образуют расширения в медиально-переднем направлении, а на уровне межпозвоночных дисков – в латеральном. В разных отделах позвоноч-

ника вены продольного направления характеризуются различными размерами, формой и отношением к соединительнотканным структурам эпидурального пространства. Это имеет особое значение, так как устойчивость стенок вен к воздействию гравитационных перегрузок во многом определяется их механической прочностью, чему будут способствовать и соединительнотканные структуры эпидурального пространства.

В шейном отделе с каждой стороны от срединной плоскости располагаются, как правило, два многократно анастомозирующих между собой продольных ствола (рис. 1а). Форма просвета их на уровне C_1 имеет вид эллипса, а на уровнях ниже лежащих шейных позвонков вид овала или треугольника с закругленными краями. Продольные вены шейного отдела практически постоянно сохраняют свой объем, так как они прочно фиксированы к надкостнице позвоночного канала элементами задней продольной связки и коллагеновыми волокнами жировой клетчатки, образующими прочную и малоподатливую «адвентициальную» оболочку этих вен (рис. 2а).

Передние внутренние позвоночные венозные сосуды в верхнегрудном отделе (Th_{1-4}) позвоночного столба характеризуются несколько иным планом строения (рис. 2б). На протяжении верхнегрудных позвонков они представлены сетью.

Характер взаимоотношения передних продольных вен с соединительнотканными структурами в верхнегрудном отделе эпидурального пространства такой же, как и в шейном (рис. 2б).

В средне- и нижнегрудных отделах (Th_{5-8}), (Th_{9-12}) передние продольные вены уже не имеют столь тесных связей с задней продольной связкой и коллагеновыми волокнами эпидуральной клетчатки. На этом уровне

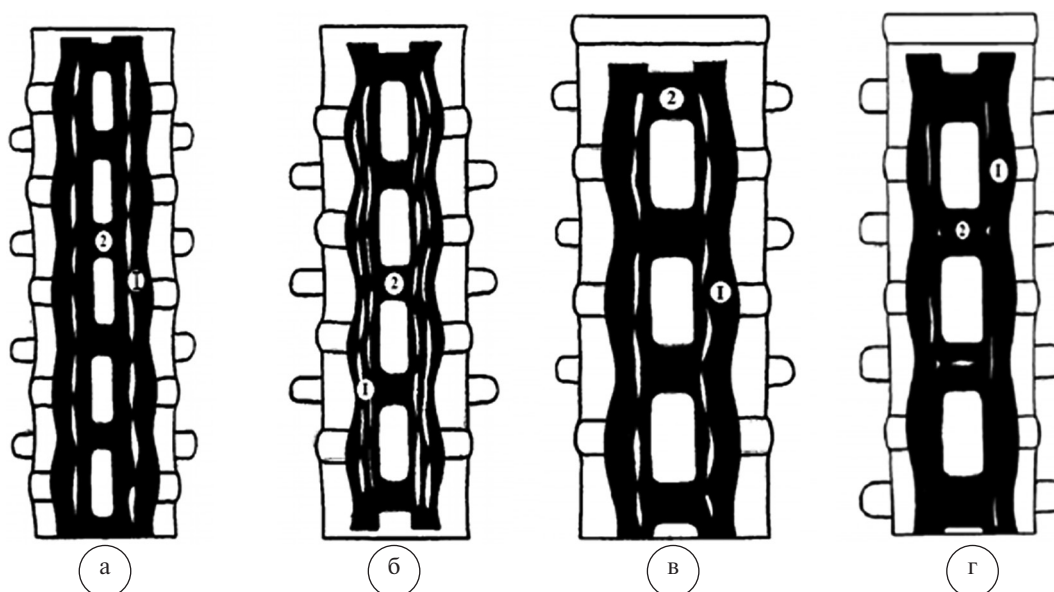


Рис. 1. Схемы анатомического строения переднего внутреннего позвоночного венозного сплетения в разных отделах позвоночного канала: а – шейный отдел; б – верхнегрудной отдел (Th_{1-4}); в – нижнегрудной отдел (Th_{9-12}); г – поясничный отдел (L_{1-5}); 1 – продольные стволы; 2 – поперечные анастомозы продольных стволов

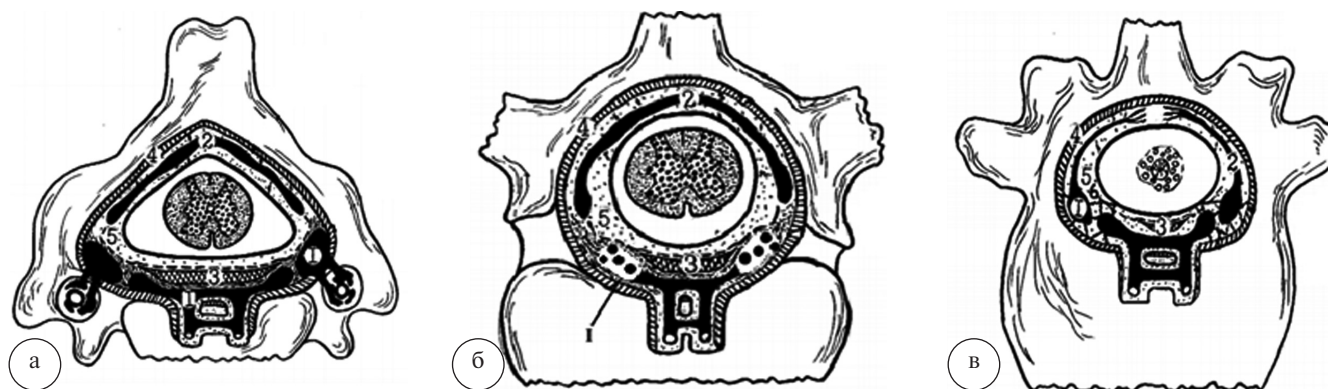


Рис. 2. Взаимоотношения внутренних позвоночных венозных сплетений с соединительнотканными структурами позвоночного канала (схема): а – шейный отдел; б – верхнегрудной отдел; в – поясничный отдел; 1 – переднее внутреннее позвоночное венозное сплетение; 2 – заднее внутреннее позвоночное венозное сплетение; 3 – задняя продольная связка; 4 – надкостница; 5 – жировая ткань эпидурального пространства; 6 – соединительнотканый трабекулярный аппарат мелких вен. По направлению вниз наблюдается слияние сосудов этой сети в 1–2 ствола

просвет вен может быть активно или пассивно незначительно изменяться. В просвете вен этих отделов внутривенные образования типа трабекул и пластинок фиксируют стенки вен изнутри и препятствуют их расширению при чрезмерном кровенаполнении.

В поясничном отделе позвоночника переднее внутреннее позвоночное венозное сплетение в большинстве случаев представлено 1–2 стволами (рис. 1г). Если имеется два ствола, то латеральный ствол при этом имеет обычно большие размеры. Венозные стволы более свободно залегают в эпидуральной жировой клетчатке, но фрагментарная фиксация их к стенкам позвоночного канала и твердой оболочке спинного мозга сохраняется (рис. 2в). Характер этой фиксации следующий: от близлежащих участков твердой оболочки спинного мозга и надкостницы позвоночного канала в адвентицию этих вен вплетаются пучки коллагеновых волокон, образующие своеобразные «растяжки», препятствующие спадению просвета и обуславливающие его зияние. Форма просвета передних продольных поясничных эпидуральных вен наиболее вариабельна и колеблется от овальной (верхнепоясничный отдел) до круглой (нижнепоясничный отдел) и во многом обусловлена степенью их кровенаполнения и уровнем внутрибрюшного давления. Конструктивные особенности вен этого отдела таковы, что кровоток в них в любом случае сохраняется.

Передние внутренние позвоночные венозные сосуды в области крестца представлены одиночными стволиками с каждой стороны. Данные сосуды свободно лежат в жировой ткани крестцового канала и фиксированы к его стенкам отдельными пучками соединительнотканых волокон. Форма просвета крестцовых вен – круглая.

Основным распределительным коллектором крови во внутреннем позвоночном венозном сплетении являются передние продольные вены. Это наиболее развитые бесклапанные магистрали, собирающие кровь от затылочного синуса, тел позвонков, эпиду-

ральных структур и отводящие её в межпозвоночные вены, которые затем вливаются на разных уровнях в позвоночные, межреберные, поясничные и крестцовые вены и далее в систему верхней и нижней полых вен. В крестцовой области это сплетение посредством крестцовых вен сообщается с прямокишечным, предстательным и маточными венозными сплетениями. Таким образом, в области таза устанавливается анастомоз между воротной, нижней полую и венами позвоночного канала.

Передние продольные вены позвоночного канала (рис. 3) можно представить в виде трех морфофункциональных сегментов: верхнего (C_{1-7}), среднего (Th_{1-4}), нижнего (Th_5 и ниже).

Вены среднего сегмента (Th_{1-4}) обычно представлены сетью мелких вен. Площадь поперечного сечения вен этой зоны в первом периоде зрелого возраста на уровне Th_2 в 2,2 раза меньше, чем на уровне C_3 (верхняя зона) и в 1,6 раза на уровне Th_{11} (нижняя зона). Просветы вен среднего сегмента представляют собой пещеристую структуру (за счет большого количества неклапанных внутривенных образований – пластинок, трабекул и т. д.) и обладают наименьшей пропускной способностью.

Переход крови в вены этого отдела из сосудов верхнего сегмента в нижний и наоборот затруднен и сопровождается нарастанием общего гидравлического сопротивления и изменением направления кровотока в сторону межпозвоночных вен.

Отток крови от верхнего сегмента (C_{1-7}) будет происходить в систему верхней полую вены, а от нижнего (Th_5 и ниже) в систему вен таза, нижнюю полую и непарную и полунепарные вены через систему межпозвоночных вен.

Межпозвоночные вены являются бесклапанной дренажной структурой. Как правило, эти вены всегда образуют муфтообразные сплетения вокруг спинальных нервов и спинномозговых ветвей позвоночных, задних межреберных, поясничных и латеральных

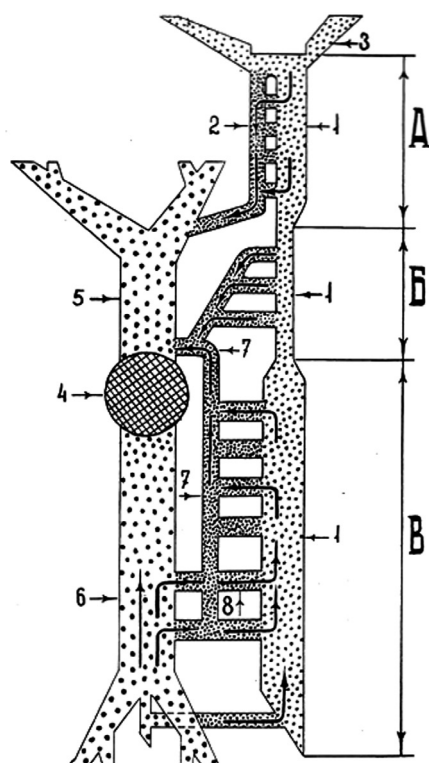


Рис. 3. Морфофункциональная сегментация передних внутренних позвоночных венозных сплетений (схема): а – верхняя гидродинамическая зона; б – буферная зона; в – нижняя гидродинамическая зона; 1 – передние внутренние позвоночные венозные сплетения; 2 – позвоночные вены; 3 – венозные синусы черепа; 4 – сердце; 5 – верхняя полая вена; 6 – нижняя полая вена; 7 – система непарной и полунепарных вен; 8 – поясничные вены

крестцовых артерий. В этих сплетениях иногда выделяются крупные межпозвоночные вены, особенно на уровнях Th₃, Th₉, Th₁₂ и L₅. Суммарный диаметр межпозвоночных вен равен диаметру передних и задних эпидуральных вен или может даже превышать его на соответствующем уровне.

Заднее внутреннее позвоночное сплетение состоит из продольных и тонких дугообразных стволов, с умеренным количеством межсегментарных связей, располагающихся на передней поверхности дуг и желтых связок. Наиболее хорошо эти вены выражены в шейном и грудном отделах позвоночного канала. В шейном отделе правые и левые венозные стволы анастомозируют между собой. Наибольших размеров эти связи достигают на уровне С₁₋₂ и С₆₋₇. Такой же план строения этого сплетения имеют венозные стволы в верхне- и среднегрудном отделах. В нижнегрудном отделе они представлены в основном дугообразными сосудами.

В поясничном и крестцовом отделе данные сосуды представлены кустикообразными венами, анастомозирующими с выше- и нижележащими ветвями своей же стороны, но почти никогда с противоположной.

Форма просвета этих вен овальная. Стенка сосудов слабо фиксирована к надкостнице позвоночного канала, что не препятствует их некоторому смещению в жировой клетчатке. Последняя окружает вены со всех сторон.

При продольных гравитационных перегрузках происходит переток ликвора из субарахноидального пространства головного мозга в субарахноидальное пространство спинного мозга. При этом субдуральное давление повышается и объемные взаимоотношения между полостью позвоночного канала и твердой мозговой оболочкой изменяются. Будет ли это сказываться на венозном кровотоке, можно уяснить, зная объемные взаимоотношения структур позвоночного канала в норме. Объемные характеристики анатомических структур позвоночного канала у людей 1-го периода зрелого возраста относительно площади его поперечного сечения представлены в таблице.

Таблица

Отношение площадей поперечного сечения твердой мозговой оболочки, эпидурального пространства и внутренних позвоночных венозных сплетений к площади поперечного сечения позвоночного канала, %

Уровень позвонков	Площадь		
	твердой оболочки	эпидурального пространства	внутреннего позвоночного венозного сплетения
С ₁	60,9	39,1	9,8
С ₆	65,2	34,8	10,9
С ₇	54,1	45,9	5,2
Th ₂	53,6	46,4	4,9
Th ₆	47,2	52,8	6,5
Th ₁₂	60,0	40	6,8
L ₁	60,8	39,2	4,6
L ₃	54,3	45,7	5,2
L ₅	38,9	61,1	5,0
S ₁	26,6	73,4	5,8

Из таблицы видно, что резервные возможности полости позвоночного канала в виде эпидурального пространства довольно большие и расширение мешка твердой оболочки спинного мозга при продольных гравитационных перегрузках не будет сказываться на гемодинамике внутренних позвоночных венозных сплетений.

Анатомические данные подтверждают представление о венах позвоночника как о важном коллатеральном венозном пути между системами верхней и нижней полых вен. Эти сведения дают основу для предположения, что вены позвоночного столба могут участвовать в перераспределении венозной крови между верхней и нижней половинами туловища при продольных гравитационных перегрузках. Особая роль в этом процессе принадлежит переднему отделу внутреннего позвоночного венозного сплетения. В его строении нами впервые выявлено три отдела, играющие разную морфофункциональную роль.

Трёхсегментарный тип строения внутреннего позвоночного венозного сплетения обеспечивает, по-видимому, принцип саморегулирующей системы. Механизм последней заключается в том, что средний сегмент препятствует формированию в венах позвоночного канала длинного гидростатического столба жидкости, уменьшая тем самым венозное давление в каудальных сегментах, и гасит гидродинамические удары, возникающие при ускорениях тела в направлении «голова – таз» и «таз – голова» (см. рис. 3).

Биологический смысл существования среднего («буферного») сегмента заключается в том, что он разделяет вены позвоночного канала на две отдельные гидродинамические системы (верхнюю и нижнюю), в которых возможны противоположные направления тока крови. Наличие среднего сегмента обеспечивает возможность одновременного участия этих сосудов в дренаже синусов черепа на уровне верхнего сегмента и формирования кава-кавального окольного пути, осуществляющего возврат крови к правому сердцу на уровне нижнего сегмента [15, 24, 27].

Установлено, что гидродинамические зоны уже отчетливо выявляются у 4-месячных плодов. Столь ранний срок их формирования позволяет сделать предположение об их генетической закреплённости в связи с вертикальным положением тела человека.

Наличие среднего («буферного») сегмента выявлено и при исследовании сосудов позвоночного канала у птиц, в результате чего можно сделать выводы о наличии нового межвидового признака в строении венозной системы позвоночного канала [21].

Такое устройство передних внутренних позвоночных венозных сплетений в их шейном отделе имеет ряд положительных моментов с точки зрения физиологии. Так, прочная фиксация стенок вен обуславливает зияние их просвета, что способствует поддержанию постоянного кровотока из полости черепа, не зависящего от уровня давления спинномозговой жидкости в мешке твердой оболочки спинного мозга. При этом не возникает воздействия со стороны данных вен на спинной мозг.

При продольных перегрузках кровь от полости черепа может оттекать как в яремные вены, так и в вены позвоночника. При этом давление в яремных венах падает, и они спадаются, но одновременное понижение ликворного давления в полости черепа «засасывает» кровь из полости позвоночника обратно в полость черепа [13]. В результате этого кровотока в полости черепа не нарушается, что во многом обусловлено деятельностью рефлексогенной зоны эпидуральных вен. При подобных перегрузках барорецепторы рефлексогенной зоны эпидуральных вен, адекватным раздражителем для которых является венозное давление, включают механизмы, обеспечивающие достаточное кровоснабжение спинного мозга, возврат крови в синусы головного мозга и в правое предсердие, выравнивание давления в спинномозговой жидкости и ее колебания в межоболочных пространствах.

Литература

- Бардина, Р.А. Влияние однократного воздействия серии гравитационных перегрузок на строение стенки полых вен / Р.А. Бардина // *Арх. анат.* – 1972. – Т. 62, вып. 3. – С. 87–94.
- Беклемищев, А.М. Прибор для определения силы сопротивления тканей полого трубчатого органа при бужировании / А.М. Беклемищев // *Бюлл. Гос. комитета по делам изобретений и открытий СССР.* – М., 1964, № 5. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 160804.
- Васильев, П.В. Ускорение и невесомость / П.В. Васильев // *Человек в космическом корабле.* – М.: Знание, 1965. – С. 6–16.
- Гайворонский, И.В. Общие и специфические изменения сосудов и нервных структур при воздействии на организм различных экстремальных факторов / И.В. Гайворонский и др. // *Тез. докл. XI съезда анатомов, гистологов и эмбриологов.* – Смоленск: Изд.-во «Полтава», 1992. – С. 52.
- Гусейнова, С.Г. К вопросу о влиянии гравитационных перегрузок на вены селезенки / С.Г. Гусейнова // *Арх. анат.* – 1966. – Т. 41, вып. 7. – С. 74–79.
- Долго-Сабуров, Б.А. Анастомозы и пути окольного кровообращения у человека / Б.А. Долго-Сабуров // – Л.: Медгиз, 1946. – 142 с.
- Дроздова, А.В. Влияние поперечных перегрузок на воротную систему печени / А.В. Дроздова // *Арх. анат.* – 1969. – Т. 56, вып. 5. – С. 33–39.
- Каминский, А.С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных / А.С. Каминский // – М.: Медицина, 1964. – 126 с.
- Куприянов, В.В. Новое в учении о связях спинного мозга / В.В. Куприянов, и др. // – М.: Медицина, 1973. – 239 с.
- Лесницкая, В.Л. Венозная система головного и спинного мозга в норме и патологии / В.Л. Лесницкая, и др. // – М.: Медицина, 1970. – 224 с.
- Малашук, Л.С. Особенности воздействия на организм летчика больших по величине пилотажных перегрузок и методы повышения устойчивости к ним / Л.С. Малашук, Л.Н. Шарина // *Вестн. Междунар. Академии. Проблемы человека в авиации и космонавтике.* – М., 2002, № 1 (35). – С. 40–44.
- Москаленко, Ю.Е. Динамика кровенаполнения головного мозга в норме и при гравитационных нагрузках / Ю.Е. Москаленко // – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1967. – 217 с.
- Москаленко, Ю.Е. Внутрочерепная гемодинамика: биофизические аспекты / Ю.Е. Москаленко, и др. // – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1975. – 202 с.
- Пашенко, П.С. Регуляторные системы организма в условиях гравитационного стресса / П.С. Пашенко // – СПб. – Салехард: Красный Север, 2007. – 380 с.
- Петровский, И.Н. О динамике изменений вен позвоночного канала при перевязке в системе полых вен / И.Н. Петровский, Я.Б. Хайкин // *Арх. анат., гистол. и эмбр.* – 1962. – Т. 43, вып. 11. – С. 126–127.
- Привес, М.Г. Влияние гравитационных перегрузок на строение сосудистой системы / М.Г. Привес // *Арх. анат.,* – 1963. – Т. 45, вып. 11. – С. 3–13.
- Привес, М.Г. Некоторые закономерности влияния гравитационных перегрузок на строение сосудистой системы / М.Г. Привес // *Вопросы авиационной и космической анатомии.* – Л., 1968. – С. 7–33.
- Привес, М.Г. Адаптация сосудистой системы к факторам высотных полетов / М.Г. Привес // *Тр. VII Всес. съезда анат., гистол. и эмбриол.,* – Тбилиси: Мецниереба, – 1969. – С. 24–25.
- Привес, М.Г. Адаптация сосудистой системы к экстремальным факторам / М.Г. Привес // *Тез. докл. IX Междунар. конгр. анат.,* – Л.: Медицина, 1970. – С. 230.
- Протасов, В.Я. Позвоночный венозный бассейн как центральный сегментационный коллектор организма: автореф.

- дисс. ... д-ра мед. наук / В.Я. Протасов. – Благовещенск, 1970. – 24 с.
21. Протасов, В.Я. Анатомия вен позвоночника некоторых птиц / В.Я. Протасов [и др.] // Тез. VIII Всес. съезда анат., гистол. и эмбриол., – Ташкент, 1974. – С. 307–308.
 22. Рисман Б.В. Структурно-функциональные преобразования в симпатическом центре спинного мозга при воздействии гравитационных перегрузок в эксперименте / Б.В. Рисман // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2015. – № 4 (52). – С. 144–148.
 23. Родионов, А.А. Эпидуральный комплекс позвоночного канала человека в онтогенезе: автореф. дисс. ... д-ра мед. наук / А.А. Родионов. – Новосибирск, 1991. – 21 с.
 24. Савельев, В.С. Болезни магистральных вен / В.С. Савельев [и др.]. – М.: Медицина, 1972. – 121 с.
 25. Савин, Б.М. Гипервесомость и функции центральной нервной системы / Б.М. Савин. – Л.: Наука, 1970. – 283 с.
 26. Сергеев, А.А. Болезнь ускорений. Многотомное руководство по внутренним болезням / А.А. Сергеев. – М., 1963. – Т. 10, гл. 8. – С. 309–325.
 27. Султанов, А.С. О коллатеральном кровообращении в системе полых вен: // автореф. дисс. ... д-ра. мед. наук / А.С. Султанов. – Л., 1940. – 23 с.
 28. Шишова, В.Г. Влияние гравитационных перегрузок на артерии спинного мозга / В.Г. Шишова // Вопр. авиац. и космич. анатомии. – Л., 1968. – С. 93–101.
 29. Шишова, В.Г. Влияние гравитационных перегрузок поперечного направления на кровеносные сосуды спинного мозга / В.Г. Шишова // Арх. анат., гистол. и эмбриол., – 1973. – Т. 64, вып. 4. – С. 22–26.
 30. Яздовский, В.Н. Проблемы космической биологии / В.Н. Яздовский. – М.: Знание, 1964. – 80 с.
 31. Batson, O.V. The vertebral vein system / O.V. Batson // Am. J. Roentgenol. – 1957. – Vol. 78, № 2. – P. 195–212.
 32. Batson, O.V. The valsalva maneuver and the vertebral vein system / O.V. Batson // Angiology. – 1960. – Vol. 11, № 5. – P. 443–447.
 33. Herlichy, W.F. Revision of the venous system: the role of the vertebral veins / W.F. Herlichy // Med. J. Australia – 1947. – Vol. 1, № 22. – P. 661–672.

A.A. Rodionov, I.V. Gaivoronsky, P.S. Pashenko

Anatomic prediction of opportunities of human vertebral venous pool in conditions of gravitational overloads

Abstract. *The structure of the spine column venous plexuses as one of the possible ways of blood inflow into the right auricle at influence of gravitational overloads is considered. It was established that a main role in return of blood to the right auricle at gravitational overloads is played by a anterior internal vertebral plexus. It is formed by different quantity of the right and left longitudinal trunks and anastomosis between them. In different parts of a vertebral column the veins of longitudinal direction are characterized by various sizes, form and relation to connective tissue structures of epidural space. These veins collect blood from an occipital sine, vertebral bodies, the epidural structures and bring itto intervertebral veins which then join at the different levels with vertebral, intercostal, lumbar veins and further system of the superior and inferiorvena cava. The anterior longitudinal veins of the vertebral canal can be presented by the three morphofunctional segments: top (C_{1-7}), average (Th_{1-4}), and lower (Th and below). The veins of an average segment (Th_{1-4}) unlike top and lower veins are usually presented by a network of small veins in which gleam there is a large number of not valvate internal structures in the form of plates and trabeculas. The three-segmentary type of a structure of an internal vertebral venous plexus provides, apparently, the principle of the self-regulating system. The anatomic features of a structure of an average segment preventthe formation in veins of the vertebral canal of a long hydrostatic column of liquid and divide these veins into two separate hydrodynamic systems (top and lower) in which opposite directions of bloodfloware possible. At longitudinal overloads from veins of the top segment blood can come to a skull cavity backward, preventing the violations of brain blood circulation, and veins of the lower segment take part in formation of the cava-caval sideway which is carrying out the return of blood to the right auricle. Reserve opportunities of a cavity of the vertebral canal in the form of epiduralspace are quite big and the expansion of a bag of a firm cover of a spinal cord (at the expense of a liquor overflow) at longitudinal gravitational overloads will not affect the haemodynamics of internal vertebral venous plexuses. The reflexogenic zone of these veins at similar overloads turns on the mechanisms providing sufficient blood supply of a spinal cord, return of blood to brain sines and to the right auricle.*

Key words: *gravitational overloads, vertebral venous plexus, hydrostatic pressure, superior vena cava, inferior vena cava, intervertebral veins, cava-caval anastomosis, epidural space.*

Контактный телефон: 8-981-748-97-32; e-mail: dzhayn@mail.ru