



УДК 616.14-073

DOI 10.17802/2306-1278-2023-12-1-39-48

ВЛИЯНИЕ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ (ИЛИ ВЕРТИКАЛИЗАЦИИ) НА КРОВОТОК ПО ВНУТРЕННИМ ЯРЕМНЫМ И ПОЗВОНОЧНЫМ ВЕНАМ

М.В. Шумилина¹, Д.И. Колесник^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ленинский пр., 8, Москва, Российская Федерация, 119049; ² Государственное казенное учреждение «Центральный клинический госпиталь ФТС России», Открытое шоссе, 32, Москва, Российская Федерация, 107143

Основные положения

• При отсутствии венозной патологии при вертикализации человека отмечено увеличение венозного оттока как по позвоночным, так и внутренним яремным венам. При отсутствии венозной патологии доминирующим путем венозного оттока в клино- и ортостазе являются внутренние яремные вены.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель

Изучить динамику венозного оттока по внутренним яремным венам (ВЯВ) и позвоночным венам (ПВ) при переходе из горизонтального в вертикальное положение.

Материалы и методы

В исследование вошли 10 здоровых женщин в возрасте $24 \pm 2,91$ года. Критерии включения: 1) оптимальный тип строения венозной системы, при котором: обе ВЯВ примерно симметричны по площади поперечного сечения (S) и интенсивности коллабирования, S ВЯВ превышала S общей сонной артерии в 2–2,5 раза, выражена состоятельность клапанных аппаратов при проведении пробы Вальсальвы; 2) венозное давление в плечевой вене составляло 18–20 мм рт. ст. Критерии исключения: 1) наличие в анамнезе любых нарушений мозгового кровообращения, симптомов венозной энцефалопатии, вертебробазиллярной недостаточности, синдрома компрессии сосудисто-нервного пучка при выходе из грудной клетки, артериальной гипертензии, любой патологии шейного отдела позвоночника, гипертрофии и ригидности шейных и кивательных мышц; 2) артериальная патология брахиоцефальных/интракраниальных артерий (стенозы, извитости, аномалии строения); 3) любая кардиальная патология; 4) эндокринные заболевания. Методы: триплексное сканирование с измерением площадей поперечного сечения ВЯВ, диаметров ПВ, усредненных по времени средних скоростей кровотока в клино- и ортостазе. Оценены изменения объемного венозного оттока при вертикализации пациентов.

Результаты

В ортостазе средняя S ВЯВ уменьшилась с $0,862 \pm 0,043$ до $0,19 \pm 0,024$ см², УВСС увеличилась с $6,950 \pm 2,373$ до $66,000 \pm 6,875$ см/с, средняя объемная скорость – с $5,952 \pm 2,006$ до $12,425 \pm 1,559$ мл/с. УВСС по ПВ при вертикализации увеличилась с $6,800 \pm 2,067$ до $16,000 \pm 2,271$ см/с, средний объемный кровоток – с $0,167 \pm 0,051$ до $0,402 \pm 0,098$ мл/с.

Заключение

Объемный кровоток по ВЯВ во всех случаях доминировал над объемным кровотоком по ПВ в клино- и ортостазе. При отсутствии венозной патологии доминирующим путем венозного оттока в клино- и ортостазе являются ВЯВ.

Ключевые слова

Ультразвуковая диагностика • Венозный отток • Клиностаз • Ортостаз, Компьютерная томография

Поступила в редакцию: 20.11.2022; поступила после доработки: 12.12.2022; принята к печати: 06.01.2023

Для корреспонденции: Маргарита Владимировна Шумилина, shumilina.mv@yandex.ru; адрес: Ленинский пр., 8, Москва, Российская Федерация, 119049

Corresponding author: Margarita V. Shumilina, shumilina.mv@yandex.ru; address: 8, Leninsky Ave., Moscow, Russian Federation, 119049

THE INFLUENCE OF ORTHOSTATIC TEST (OR VERTICALIZATION) ON THE BLOOD FLOW THROUGH THE INTERNAL JUGULAR AND VERTEBRAL VEINS

M.V. Shumilina¹, D.I. Kolesnik^{1,2}

¹ Federal State Budget Institution "A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 8, Leninsky Ave., Moscow, Russian Federation, 117931; ² State Government Institution "Central Clinical Hospital of the Customs Service of Russian Federation", 32, Otkrytoe Hwy., Moscow, Russian Federation, 107143

Highlights

- In the absence of venous pathology during verticalization, there is an increase in venous outflow both through the vertebral veins and through the internal jugular veins. In the absence of venous pathology, the internal jugular veins are the dominant route of venous outflow in clinostasis and orthostasis.

Aim	To study the dynamics of venous outflow along the internal jugular veins (IJV) and vertebral veins (VV) during the transition from horizontal to vertical position.
Methods	The study included 10 healthy women aged 24 ± 2.91 years. Inclusion criteria were as follows: 1) optimal structure of the venous system, in which both of patient's IJV are approximately symmetrical in cross-sectional area (CSA) and the intensity of the collapse, CSA of IJV exceeds CSA of the common carotid artery by 2–2.5 times, noticeable efficiency of valves during the Valsalva maneuver; 2) venous pressure (VD) in the brachial vein is 18–20 mm Hg. The exclusion criteria were: 1) a history of any disorders of cerebral circulation, symptoms of venous encephalopathy, vertebrobasilar insufficiency, compression of the neurovascular bundle when exiting the chest, arterial hypertension, any cervical spine pathology, hypertrophy and rigidity of the cervical and nodding muscles, 2) arterial pathology of brachiocephalic/intracranial arteries (stenosis, tortuosity, anomalies of the structure), 3) any cardiac pathology, 4) endocrine diseases. The study involved the method of triplex ultrasound with measurements of the cross-sectional areas of IJV, the diameters of VV, time-averaged mean velocity for volumetric blood flow (TAV) in clinostasis and orthostasis. Changes in volumetric venous outflow during verticalization of patients were evaluated as well.
Results	In orthostasis, the mean CSA of IJV decreased from 0.862 ± 0.043 cm ² to 0.19 ± 0.024 cm ² , the mean TAV increased from 6.950 ± 2.373 cm/s to $66,000 \pm 6.875$ cm/s, the average volumetric blood flow increased from 5.952 ± 2.006 mL/s to 12.425 ± 1.559 mL/s. The mean TAV for VV during verticalization increased from $6,800 \pm 2.067$ cm/s to $16,000 \pm 2.271$ cm/s, and the average volumetric blood flow from 0.167 ± 0.051 mL/s to 0.402 ± 0.098 mL/s.
Conclusion	In all cases, the volumetric blood flow along IJV dominated the volumetric blood flow along VV in clinostasis and orthostasis. In the absence of venous pathology, the dominant pathway of venous outflow in clinostasis and orthostasis are IJV.
Keywords	Ultrasound diagnostics • Venous outflow • Clinostasis • Orthostasis • Computed tomography

Received: 20.11.2022; received in revised form: 12.12.2022; accepted: 06.01.2023

Список сокращений

АД — артериальное давление	ПВ — позвоночная вена
ВД — венозное давление	УВСС — усредненная по времени средняя линейная скорость кровотока
ВЯВ — внутренняя яремная вена	S — площадь поперечного сечения
КТ — компьютерная томография	
МРТ — магнитно-резонансная томография	

Введение

В литературе по изучению венозной экстракраниальной системы часто повторяется утверждение

о том, что в горизонтальном положении человека кровотоков от мозга осуществляется по внутренним яремным венам (ВЯВ), а в ортостазе — только по

позвоночным венам (ПВ). Объясняют такое высказывание тем, что «в положении сидя и стоя ВЯВ коллабируют, и главным путем венозного оттока становится вертебральная система» [1].

В 2000 г. Х.М. Вальдуэза с соавт. опубликовали небольшую работу о постуральной зависимости мозгового венозного оттока у 23 молодых здоровых взрослых (средний возраст 25 лет), обнаруженной с помощью цветной дуплексной сонографии. Пациентам измеряли объемный кровоток по ВЯВ и ПВ в положении тела при 0° (клиностаз), +15°, +30°, +45° и +90° (ортостаз). Объемный кровоток по ВЯВ рассчитывали как произведение площади поперечного сечения и средней скорости кровотока, для расчета оттока по ПВ использовали показатели диаметра в сагиттальной плоскости. Общий венозный отток в изучаемой группе снизился со среднего значения 740 мл/мин при 0° до 280 мл/мин при +90° ($p = 0,0001$). По ВЯВ кровоток снизился с 700 мл/мин в клиностазе до 70 мл/мин при ортостазе ($p = 0,0001$). Полное прекращение кровотока в обеих ВЯВ зарегистрировано при +90° у девяти добровольцев и при +15° у двух. В ПВ объемный кровоток увеличился с 40 мл/мин при 0° до 210 мл/мин при +90° ($p = 0,0001$). В заключение авторы сделали вывод о почти исключительном дренаже по ВЯВ в положении лежа. Постулировано, что уменьшение площади поперечного сечения ВЯВ в вертикальном положении можно считать физиологической реакцией, направленной на поддержание мозгового кровотока и предотвращение переизбытка мозговой крови. Однако увеличения оттока по ПВ было недостаточно, чтобы компенсировать падение яремного кровотока, поскольку оставалась средняя разница примерно в 450 мл/мин. Авторы отметили, что спинномозговые эпидуральные вены являются наиболее вероятным дополнительным дренажным путем в вертикальном положении. Отрицательное эпидуральное давление и не подверженные компрессии эпидуральные вены могут облегчить венозный отток мозга по этому пути в ортостазе и компенсировать прекращение кровотока по яремным венам. По мнению исследователей, двусторонняя резекция ВЯВ, как правило, хорошо переносится, что предполагает альтернативный путь оттока мозговой венозной крови [2].

В последующих руководствах по ультразвуковым исследованиям Х.М. Вальдуэза с соавт. повторяли свою концепцию, согласно которой в клиностазе большая часть крови оттекает в систему ВЯВ, а в ортостазе ситуация меняется коренным образом вплоть до полного прекращения поступления крови в систему ВЯВ и увеличения крови в позвоночной венозной системе, поэтому она представляет собой основной путь оттока при вертикализации [3, 4].

Далее в литературе появились публикации, подтверждающие основной путь мозгового оттока в ор-

тостазе через вены позвоночного сплетения [5, 6]. Так, используя математическую модель, G. Gadda и коллеги установили, что кровоток по ВЯВ снижался с 11,7 до 1,4 мл/с при переходе из клино- в ортостаз, а по ПВ увеличивался с 0,8 до 3,4 мл/с. По мнению авторов, яремные вены имеют тенденцию сжиматься из-за снижения трансмурального давления вследствие гравитационного поля, вызывающего значительное увеличение сопротивления. При этом мозговой кровоток, давление в венозных синусах и внутричерепное давление оставались постоянными, составляя в среднем 12,5 мл/с, 6 и 10 мм рт. ст. соответственно [7]. Смоделированный процент оттока по ВЯВ составлял 67% для горизонтальной и 26% для вертикальной поз [8].

T.Y. Yeoh с соавт., изучая влияние хирургических поз на венозный церебральный отток, определили общий средний объем 766 мл/мин у здоровых добровольцев в клиностазе (720 мл/мин через ВЯВ и 47 мл/мин через ПВ). При этом отметили больший кровоток в правой ВЯВ по сравнению с левой и допустили возможность наличия у части населения неярменной дренажной схемы оттока [9].

Интересное наблюдение представила группа авторов во главе с M. Simka. По их данным, сон в боковом положении, когда расширена гомолатеральная ВЯВ и коллабирована контралатеральная вена, защищает от нейродегенерации. У всех здоровых добровольцев обе ВЯВ открывались в клиностазе и сжимались в ортостазе [10].

K. Kosugi и коллеги оценили морфологические различия в сосудах головы и шеи, выполнив исследование методом компьютерной томографии (КТ) с контрастом в клино- и ортостазе у 20 здоровых взрослых пациентов в возрасте от 30 до 55 лет. Количественно оценена площадь поперечного сечения шейных сосудов, краниоцервикальных соединительных вен и внутричерепных сосудов. Средние изменения при вертикализации составили: $77,87 \pm 15,99\%$ ($p < 0,0001$) в правой ВЯВ, $69,42 \pm 23,15\%$ ($p < 0,0001$) в левой. Согласно качественному анализу, задние венозные структуры стали более заметными в вертикальном положении, вероятно, за счет переключения основного мозгового венозного дренажа яремных вен на венозную систему позвонков [11].

J. Gisolf с соавт., также используя математическую модель, определяли влияние положения тела и центрального венозного давления (ВД) на распределение мозгового оттока по ВЯВ и позвоночному сплетению у 10 здоровых пациентов. Результаты математического моделирования предполагают, что в то время как ВЯВ являются основным дренажем для мозга в клиностазе, при вертикализации они подвержены коллапсу и мозговая венозная кровь возвращается альтернативным путем по венам позвоночного сплетения. По мнению авторов, при повышенном

центрального ВД во время пробы Вальсальвы ВЯВ вновь открываются и выступают основным путем для церебрального венозного возврата [5].

J.K. Zandwijk и коллеги использовали наклоняемую систему магнитно-резонансной томографии (МРТ) 0,25 Т у 15 здоровых добровольцев в возрасте от 19 до 59 лет. Количество полностью коллабированных левых ВЯВ увеличивалось с 33 до 93%, правых ВЯВ – с 14 до 80% при увеличении угла наклона от 0 до 90° [12].

Противоречивые данные получены группой авторов под руководством G. Ciuti при оценке площади, средней скорости и объемного кровотока по ПВ и ВЯВ в положении лежа и сидя при ультразвуковом обследовании 25 добровольцев. В ортостазе поток уменьшался как в ПВ, так и во ВЯВ по мере уменьшения общей площади сосудов (с $0,46 \pm 0,57$ до $0,09 \pm 0,08$ см², даже если средняя скорость увеличивалась – с $12,58 \pm 10,19$ до $24,14 \pm 17,60$ см/с). Отток в горизонтальном положении через ПВ и ВЯВ более чем в два раза превышал отток в сидячем положении ($739,80 \pm 326,32$ против $278,24 \pm 207,94$ мл/мин). Авторы считают, что полученные результаты подтверждают мнение о том, что другие пути оттока, такие как позвоночное сплетение, играют важную роль в нормальной физиологии мозгового кровообращения и должны быть оценены для получения полной картины оттока крови [6].

Интересно, что еще в 1981 г. Р.Ф. Рашмер в своей монографии «Динамика сердечно-сосудистой системы» подробно описал и изобразил на схемах изменения ВД и артериального давления (АД) в зависимости от положения тела человека [13]. В горизонтальном положении в покое давление в правом желудочке во время диастолы колеблется между +2 и –2 мм рт. ст. В черепе ВД составляет порядка 15–20 мм рт. ст. С помощью ангиографических исследований обнаружено, что в положении лежа нижняя и верхняя полые вены растянуты кровью. В вертикальном положении ВД в черепе падает ниже атмосферного, нижняя полая вена растянута, ВПВ частично спадается на уровне чуть выше уровня правого предсердия (рис. 1).

Точка коллапса вен – уровень, на котором эффективное ВД (трансваскулярное минус экстраваскулярное давление) по существу равно нулю [13]. По нашим наблюдениям, зона максимального сужения ВЯВ, т. е. место, где тканевое, в данном случае мышечное, давление противодействует ВД в ВЯВ, это зона пересечения вены лопаточно-подъязычной мышцей.

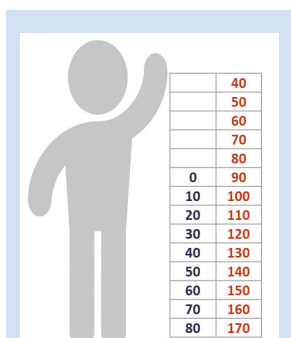


Рисунок 1. Эффекты гидростатического давления у стоящего человека
Figure 1. Effects of hydrostatic pressure in a standing person

Ультразвуковые обследования сосудистой системы и прицельное обращение внимания на особенности функционирования экстракраниальных вен в ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России позволили изучить ряд патофизиологических механизмов и создать классификацию нарушений венозного церебрального кровотока [14–16]. Из клинической практики известно, что для нарушений венозного церебрального кровообращения в первую очередь характерны ночные/утренние головные боли (а также отечность лица в утренние часы, цианоз кожи лица и губ, расширения венозной сети лица и шеи, симптомы «высокой подушки» и кохлеовестибулярный), которые корректируются высоким изголовьем или вертикализацией пациента. Несоответствие клинических данных результатам исследований, согласно которым при вертикализации человека прекращается отток по основному венозному коллектору – ВЯВ, способствовало изучению нами влияния ортостатической пробы (или вертикализации) на кровоток по ВЯВ и ПВ.

Цель исследования: изучить динамику венозного оттока по ВЯВ и ПВ при смене человеком горизонтального положения на вертикальное.

Материалы и методы

Тщательно отобрана группа из 10 здоровых пациенток в возрасте 18–27 ($24,0 \pm 2,91$ года) лет. Критерии включения: 1) оптимальный тип строения венозной системы, при котором обе ВЯВ примерно симметричны по площади поперечного сечения (S) и интенсивности коллабирования, S ВЯВ превышала S общей сонной артерии в 2,0–2,5 раза, состоятельность клапанов при пробе Вальсальвы; 2) ВД в плечевой вене составляло 18–20 мм рт. ст. Критерии исключения: 1) наличие в анамнезе любых нарушений мозгового кровообращения, симптомы венозной энцефалопатии, вертебробазилярной недостаточности, синдром компрессии сосудисто-нервного пучка при выходе из грудной клетки, артериальная гипертензия, любая патология шейного отдела позвоночника, гипертрофия и ригидность шейных и кивательных мышц; 2) артериальная патология брахиоцефальных/интракраниальных артерий (стенозы, извитости, аномалии строения); 3) любая кардиальная патология; 4) эндокринные заболевания.

Перед обследованием с помощью доплерографии измерены АД и ВД в плечевой вене. В клино- и ортостазе фиксировались площадь поперечного сечения ВЯВ и усредненная по времени линейная скорость кровотока (УВСС) в проекции нижнего края лопаточно-подъязычной мышцы, диаметр ПВ и УВСС между п/о C5–C6. Обследование выполнено через толстый слой геля, исключаяющим компрессию вен датчиком. Дуплексное сканирование с цветным картированием кровотока проведено на

аппарате экспертного класса Epiq 5 (Philips, США), транскраниальное сканирование, функциональные пробы – на аппаратах «Биомед II» и «Ангиодин ПК» (оба «БИОСС», Россия). При статистической обработке данных использованы расчет показателей вариационного ряда и параметрический анализ (парный t-критерий Стьюдента для зависимых совокупностей).

Результаты

Среднее значение S ВЯВ в клиностазе составило $0,862 \pm 0,043$ ($m = \pm 0,010$) см^2 . Во всех случаях в ортостазе отмечено уменьшение размера вены (рис. 2, A, C). Среднее значение S составило $0,19 \pm 0,024$ см^2 ($m = \pm 0,005$). Полной компрессии ВЯВ не наблюдалось ни в одном случае.

УВСС по ВЯВ в клиностазе составила $6,950 \pm 2,373$ ($m = \pm 0,531$) см/с . При вертикализации пациентов во всех случаях зарегистрировано увеличение линейной скорости кровотока (рис. 2, B, D). УВСС в ортостазе составила $66,000 \pm 6,875$ ($m = \pm 1,537$) см/с (число степеней свободы (f) равно 19, парный t-критерий Стьюдента 42,576, критическое значение t-критерия Стьюдента при данном числе степеней свободы 2,093, $t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$).

Среднее значение объемного оттока по ВЯВ в клиностазе составило $5,952 \pm 2,006$ ($m = \pm 0,449$) мл/с , при вертикализации – $12,425 \pm 1,559$ ($m = \pm 0,349$) мл/с ($f = 19$, парный t-критерий Стьюдента 11,641, критическое значение t-критерия Стьюдента 2,093, $t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$). В клиностазе ПВ лоцировались у всех пациентов. Средний диаметр ПВ составил в клиностазе $1,78 \pm 0,21$ мм ($m = \pm 0,05$; Ме: 1,8; коэффициент вариации (Cv) 11,54%). В ортостазе размеры ПВ статистически значимо не менялись. УВСС по ПВ в положении лежа составила $6,800 \pm 2,067$ ($m = \pm 0,462$) см/с . При вертикализации пациентов во всех случаях выявлено статистически значимое увеличение УВСС (рис. 3).

УВСС по ПВ в ортостазе составила $16,000 \pm 2,271$ ($m = \pm 0,508$) см/с ($f = 19$, парный t-критерий Стьюдента 12,903, критическое значение t-критерия Стьюдента при данном числе степеней свободы

2,093, $t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$; $p = 0,000$). Среднее значение объемного оттока по ПВ в клиностазе составило $0,167 \pm 0,051$ ($m = \pm 0,011$) мл/с , в ортостазе отмечено увеличение – $0,402 \pm 0,098$ ($m = \pm 0,022$) мл/с ($f = 19$, парный t-критерий Стьюдента 9,604, критическое значение t-критерия Стьюдента 2,093; $p = 0,000$).

Общий объемный кровоток по обеим ВЯВ в клиностазе составил $11,904 \pm 3,950$ ($m = \pm 1,249$) мл/с , при вертикализации – $24,936 \pm 1,274$ ($m = \pm 0,403$) мл/с ($f = 9$, парный t-критерий Стьюдента 9,623, критическое значение t-критерия Стьюдента 2,262, $t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$, изменения признака статистически значимы; $p = 0,000$). Средний общий объемный кровоток по обеим ПВ в клиностазе составил $0,333 \pm 0,050$ ($m = \pm 0,016$) мл/с , при вертикализации – $0,804 \pm 0,143$ ($m = \pm 0,045$) мл/с ($f = 9$, парный t-критерий Стьюдента 8,960, критическое значение t-критерия Стьюдента 2,262, $t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$, изменения признака статистически значимы; $p = 0,000$). Средний общий отток по ВЯВ и ПВ у пациентов в горизонтальном положении составил $12,237 \pm 3,979$ ($m = \pm 1,258$) мл/с , в вертикальном положении – $25,741 \pm 1,378$ ($m = \pm 0,436$) мл/с ($f = 9$, парный t-критерий Стьюдента 9,673, критическое значение t-критерия Стьюдента 2,262, $t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$, изменения признака статистически значимы; $p = 0,000$).

Обсуждение

В представленном исследовании изучен венозный отток у тщательно отобранных пациентов.

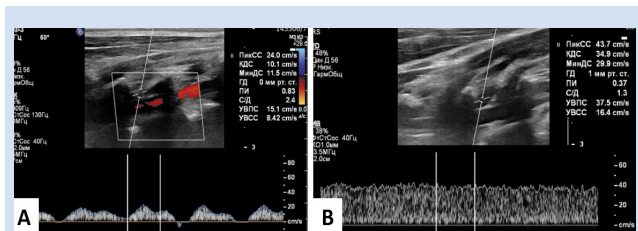


Рисунок 3. Сонограмма позвоночной вены: A – продольное сканирование в клиностазе, УВСС = 8,4 см/с ; B – продольное сканирование в ортостазе, УВСС = 16,4 см/с

Figure 3. Sonogram of the vertebral vein: A – longitudinal scan in clinostasis, TAV = 8.4 cm/s ; B – longitudinal scan in orthostasis, TAV = 16.4 cm/s



Рисунок 2. Сонограмма ВЯВ: A – поперечное сканирование ВЯВ в клиностазе, S ВЯВ = 0,84 см^2 ; B – продольное сканирование ВЯВ, УВСС = 13 см/с ; C – поперечное сканирование ВЯВ в ортостазе, S ВЯВ = 0,15 см^2 ; D – продольное сканирование ВЯВ в ортостазе, УВСС = 76 см/с

Figure 2. Sonogram of IJV: A – transverse scan of IJV in the clinostasis, CSA IJV = 0.84 cm^2 ; B – longitudinal scan of IJV, TAV = 13 cm/s ; C – transverse scan of IJV in orthostasis, CSA IJV = 0.15 cm^2 ; D – longitudinal scan of IJV in orthostasis, TAV = 76 cm/s

С учетом того, что молодые мужчины зачастую занимаются спортом и у них более развиты лестничные и кивательные мышцы, которые компримируют ВЯВ, для исследования отобраны 10 девушек в возрасте 18–27 ($24 \pm 2,91$ года) лет. Зарубежные коллеги, в частности коллективы под руководством К. Kosugi и J.K Zandwijk, включали пациентов 30–55 и 19–59 лет [11, 12]. Такой возрастной разброс обуславливает неоднородность группы наблюдения. С возрастом неизбежно появляется ряд заболеваний: в частности, патология шейного отдела позвоночника, начиная с остеохондроза, сопровождающиеся напряжением и гипертрофией лестничных и кивательных мышц, которые вызывают миофасциальную компрессию в первую очередь яремных вен. Такая же картина наблюдается при синдроме компрессии сосудисто-нервного пучка при выходе из грудной клетки (синдром верхней апертуры). Извитости сонных, позвоночных артерий вызывают компрессию рядом расположенных вен. Отхождение левой общей сонной артерии от брахиоцефального ствола также приводит к компрессии левой брахиоцефальной вены и левой ВЯВ, усиливающейся при незначительном повышении АД. При таком строении левая ВЯВ часто меньшего размера, отмечена флебогипертензия, при УЗИ проявляющаяся уменьшением/отсутствием коллабирования и скоростей кровотока. Эти же признаки выявлены при асимметричном типе слияния брахиоцефальных вен (тип μ (мю) [17]). Вероятно, с таким вариантом строения столкнулись Т.У. Yeoh с соавт. [9], описывая большой кровоток в правой ВЯВ по сравнению с левой [9].

Наличие гипоплазий, стенозов, окклюзий брахиоцефальных артерий оказывает влияние на церебральную динамику так же, как и кардиальная патология (аритмии, пороки сердца, систолическая/диастолическая дисфункция и т. д.). При сопутствующей эндокринной патологии, в частности при диабете, у пациента развивается артериосклероз с повышением периферического сопротивления и изменением гемодинамики. При ожирении снижается экскурсия грудной клетки и диафрагмы с уменьшением венозного оттока. Гипертрофия щитовидной железы также способствует компрессии ВЯВ. При отборе пациентов особое внимание уделялось отсутствию в анамнезе церебральных жалоб, в первую очередь венозной энцефалопатии (ночные/утренние головные боли, отечность лица в утренние часы, цианоз кожи лица и губ, расширения венозной сети лица и шеи, симптом «высокой подушки», кохлеовестибулярный синдром, ночная/утренняя артериальная гипертензия). Такая скрупулезная выборка объясняет однотипную реакцию венозной гемодинамики при изучаемых положениях тела и позволяет использовать данную группу как контрольную в последующих исследованиях.

Зарубежные коллеги считают, что в ортостазе кровоток по ВЯВ отсутствует, ссылаясь на работу 2000 г. Х.М. Вальдуэзы с соавт. Однако полное прекращение кровотока в обоих ВЯВ в том исследовании зарегистрировано при $+90^\circ$ у девяти добровольцев и при 15° у двух. Эти 11 пациентов составили 47,8% всей изучаемой группы [2].

Во всех зарубежных исследованиях у пациентов фиксировались только возрастные и гендерные признаки. Перечисленные факторы исключения и включения в наше наблюдение позволили сформировать достаточно однородную группу не только по возрасту и полу, но и по отсутствию патологии строения венозной и артериальной брахиоцефальной систем. Это составляет принципиальное отличие от всех проводимых ранее зарубежных исследований. В исследуемой нами группе при вертикализации средняя площадь поперечного сечения ВЯВ уменьшилась с $0,862 \pm 0,043$ ($m = \pm 0,010$) в клиностазе до $0,19 \pm 0,024$ ($m = \pm 0,005$) см^2 . При этом усредненная по времени скорость кровотока статистически значимо увеличилась с $6,950 \pm 2,373$ ($m = \pm 0,531$) до $66,000 \pm 6,875$ ($m = \pm 1,537$) см/с , а объемная скорость увеличилась с $5,952 \pm 2,006$ ($m = \pm 0,449$) до $12,425 \pm 1,559$ ($m = \pm 0,349$) мл/с . Объемные скорости кровотока по изучаемым венам в клиностазе сопоставимы с данными, полученными Т.У. Yeoh с соавт. [9].

В ортостазе за счет значительного снижения ВД в брахиоцефальных венах внешнее тканевое давление действительно вызывает сужение ВЯВ. При отсутствии дистальной патологии, препятствующей естественному оттоку (например, при тромбозе верхней полой вены), по вене резко усиливаются скорости кровотока. Такая закономерность объясняет наблюдение М. Simka с соавт., при котором выявлено, что сон человека в боковом положении, когда расширена гомолатеральная ВЯВ и коллабирована контралатеральная вена, защищает от нейродегенерации [10]. Расширенная ВЯВ с отсутствием коллабирования является признаком флебогипертензии, а усиление скорости оттока по коллабированной вене при боковом положении пациента сопровождается усилением оттока и, соответственно, лучшей перфузией головного мозга.

Исследовательская группа во главе с J. Gisolf сочла, что при повышении ВД во время пробы Вальсальвы ВЯВ вновь открываются и становятся основным путем для церебрального венозного оттока [5]. При пробе Вальсальвы действительно повышается ВД и при превышении внешнего тканевого давления ВЯВ расширяется, при этом отток практически прекращается. Если же выражена недостаточность клапана в луковиче ВЯВ, фиксируется ретроградный заброс.

Описание в зарубежных работах случаев полного спадения ВЯВ позволяет предположить наличие

у тех пациентов миофасциальной компрессии вен за счет гипертрофии и гипертонуса лестничных и кивательных мышц, наблюдаемых, как правило, при патологии шейного отдела позвоночника. Преобладание тканевого (миофасциального) давления над ВД во ВЯВ приводит к ее значимой компрессии.

ПВ визуализировались у всех пациентов, их диаметр в среднем составил $1,78 \pm 0,21$ мм. Кровоток в ПВ в положении лежа также лоцировался во всех наблюдениях. В ортостазе размеры ПВ статистически значимо не менялись в первую очередь за счет ограничения размера вены диаметрами отверстий в поперечных отростках позвонков, где ПВ проходит рядом с позвоночной артерией. УВСС по ПВ при вертикализации увеличилась с $6,800 \pm 2,067$ до $16,000 \pm 2,271$ см/с, а объемный кровоток – с $0,167 \pm 0,051$ мл/с до $0,402 \pm 0,098$ мл/с. Прирост линейной скорости кровотока по ПВ существенный, но сам объем незначителен и не может компенсировать реальный объем по ВЯВ с учетом их доминирующего размера, если следовать версии отсутствия оттока по ВЯВ в ортостазе.

Средний общий отток по ВЯВ и ПВ у пациентов в горизонтальном положении составил $12,237 \pm 3,979$ мл/с, что практически соответствует среднестатистическому артериальному притоку (734 и 700–850 мл/мин соответственно). При вертикализации отмечено увеличение объемного оттока как по ПВ, так и ВЯВ. Этим, видимо, объясняется исчезновение/уменьшение ночных/утренних головных болей и других симптомов венозной энцефалопатии при вертикализации. Конечно, нельзя отрицать роль вен позвоночного сплетения, но большая часть этих вен впадает в ПВ, диаметр которых ограничен отверстиями в поперечных отростках (рис. 4, F). По нашим многолетним наблюдениям, расширение вен позвоночного сплетения характерно для хронической недостаточности ВЯВ – при гипоплазиях, тромбозах, облитерациях, резекции ВЯВ (см. рис. 4). При этом, несмотря на компенсаторное расширение вен позвоночного сплетения у этих пациентов, у них остаются симптомы нарушений венозного церебрального оттока.

Как указано выше, J.K. Zandwijk с соавт. использовали наклоняемую систему МРТ 0,25 Т у 15 здоровых добровольцев в возрасте от 19 до 59 лет [12]. К. Kosugi и коллеги оценивали морфологические различия в сосудах головы и шеи, выполняя контрастное КТ-исследование в клино- и ортостазе [11]. С нашей точки зрения, выбранный метод «сравнительной анатомии» не является корректным в полной мере ввиду известных ограничений, определяемых конструкцией рентгеновского сканера. МРТ-сканеры для данной методики не могут рассматриваться исходно ввиду значительно более протяженной длины туннеля гентри.

Если в положении клиностаза соответствие

плоскости сканирования к фокусу сбора информации и движение стола (в горизонтальной плоскости!) максимально соответствуют целям исследования, то для получения КТ-сканов в ортостазе расположить исследуемого строго вертикально не представляется возможным, т. к. кольцо гентри не отклоняется от вертикальной оси на $+90^\circ$, а максимум до $+30^\circ$, пациент при этом может находиться на деке стола гентри в положении полусидя, что, вероятнее всего, предрасполагает к заметному напряжению мышц верхнего плечевого пояса и шеи с непредсказуемым характером венозного оттока от черепа и не может являться в достаточной степени достоверным методом получения информации в выбранной сфере.

Кроме того, существуют особенности получения изображения перемещающихся в реальном времени сред организма (кровотока) на примере рентгеновской (КТ) и магнитно-резонансной (МРТ) компьютерной томографии. Так, метод КТ-АГ основан на способности контрастированной крови задерживать рентгеновское излучение, получаемая при этом визуальная ангиографическая картина отражает реальный пул контрастированной крови на всех возможных уровнях визуализации сосудистого звена, практически свободна от артефактов сканирования, доступна к уверенной интерпретации врачами широкого спектра смежных специальностей. При этом в заключении радиолога понятия «кровоток», «стеноз», «окклюзия» и т. п. обозначаются без отсылки к методу исследования (также универсальны и для прямой ангиографии).

При описании сосудистого компонента на основании МРТ-изображений радиолог оперирует уже несколько другой терминологией: «...полученный сигнал от артериального\венозного кровотока соответствует...» в дальнейшем с указанием патологии. При кажущейся схожести результирующих ангиографических изображений, получаемых КТ и МРТ, физическая основа последней несколько сложнее: воздействие магнитного поля и радиочастотного импульса на протоны ядер водорода сопровождается выделением и поглощением энергии, формированием собственного магнитного поля – регистрация этих энергетических изменений является основой МРТ-визуализации. При этом изображения сосудов могут быть получены как без использования контраста, так и со специальными веществами на основе гадолиния. Ожидаемо, что в последнем случае изображение сигнала от сосудов значительно более четкое. МР-ангиография, в зависимости от импульсных последовательностей, может быть времяпролетной, фазово-контрастной, 4D. При оценке полученного «сосудистого МР-сигнала» стоит учитывать разную степень его интенсивности в пристеночных и центральных зонах сосуда, достаточно высокую вариабельность интерпрета-

ции для бесконтрастной и контрастной МР-ангиографии (при КТ-ангиографии используется термин гипо-, изо-, гиперденсивности).

Заключение

Анализ представленных в зарубежной литературе материалов и методов и их сопоставление с результатами собственного исследования свидетельствуют о наличии патологических факторов, вызывающих нарушения венозного оттока. При отсутствии венозной патологии при вертикализации человека отмечено увеличение венозного оттока

как по ПВ, так и ВЯВ. При отсутствии венозной патологии доминирующим путем венозного оттока в клино- и ортостазе являются ВЯВ. Эти результаты логично объясняют лечебно-профилактический эффект вертикализации у больных с клиническими проявлениями нарушений венозного оттока. Для выявления нарушений венозного церебрального кровообращения и вызывающих их причин при проведении ультразвуковых исследований целесообразны измерение системного ВД в плечевой вене и оценка динамики кровотока по ПВ и ВЯВ в клино- и ортостазе.

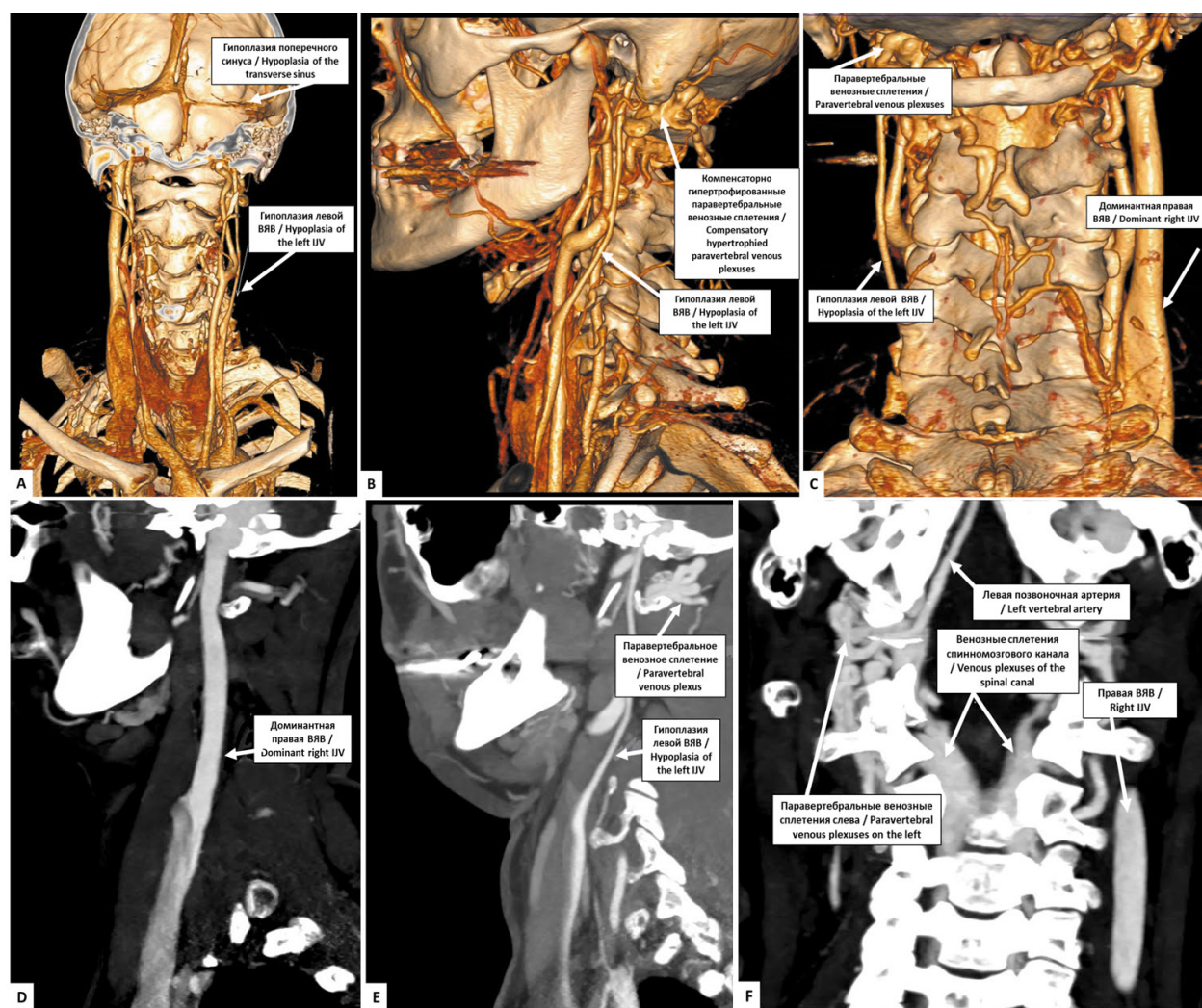


Рисунок 4. Контрастная («Ультивист 370») МСКТ-АГ брахиоцефальных сосудов пациентки К., с выраженной венозной энцефалопатией

Примечание: А – прямая (переднезадняя) проекция, 3D-реконструкция. Гипоплазия левой ВЯВ с соответствующей гипоплазией левого поперечного синуса; В – боковая проекция (вид слева), 3D-реконструкция. На стороне гипоплазированной ВЯВ визуализируются компенсаторно расширенные вены позвоночного сплетения; С – прямая задняя проекция. Компенсаторно расширенные вены позвоночного сплетения на стороне гипоплазированной левой ВЯВ; D – правая боковая проекция в МРР-режиме, обеспечивающем лучшую визуализацию межкостных венозных сплетений: доминантная правая ВЯВ, вены позвоночного сплетения не визуализируются; E – левая боковая проекция в МРР-режиме: гипоплазия левой ВЯВ и расширенные вены позвоночного сплетения; F – прямая (передне-задняя) проекция в МРР-режиме: вены позвоночного сплетения расширены только на стороне гипоплазии.

Figure 4. Contrast-enhanced MSCT-AG (Ultravist 370) of brachiocephalic veins of patient K. with severe venous encephalopathy
Note: A – straight (front-back) projection, 3D reconstruction. Hypoplasia of the left IJV with corresponding hypoplasia of the left transverse sinus; B – side projection (left view), 3D reconstruction. Compensatory dilated veins of the vertebral plexus are visualized on the side of the hypoplasia; C – a direct posterior projection. Compensatory dilated veins of the vertebral plexus on the side of the hypoplasia; D – right lateral projection in MPR mode, providing better visualization of the interosseous venous plexuses: dominant right IJV, veins of the vertebral plexus are not visualized; E – left lateral projection in MPR mode: hypoplasia of the left vein and dilated veins of the vertebral plexus; F – direct (anterior-posterior) projection in MPR mode: the veins of the vertebral plexus are dilated only on the side of hypoplasia.

Конфликт интересов

М.В. Шумилина заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.И. Колесник заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Шумилина Маргарита Владимировна, доктор медицинских наук заведующая группой ультразвуковых исследований сердечно-сосудистой и органной патологии, профессор кафедры кардиологии, ультразвуковой и функциональной диагностики с курсом детской кардиологии Института подготовки кадров высшей квалификации и профессионального образования федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9871-8173

Колесник Дмитрий Иванович, врач-рентгенолог отделения рентгенохирургических, электрофизиологических методов исследования и лечения и апробации новейших технологий федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; врач-рентгенолог, заведующий кабинетом компьютерной томографии отделения лучевой диагностики государственное казенное учреждение «Центральный клинический госпиталь ФТС России», Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9883-8439

Author Information Form

Shumilina Margarita V., PhD, Head of the Ultrasound Cardiovascular and Organ Pathology Group, Professor at the Department of Cardiology, Ultrasound and Functional Diagnostics with a course of Pediatric Cardiology, Institute for High Qualification Medical Staff Training and Professional Education, Federal State Budget Institution “A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001- 9871-8173

Kolesnik Dmitry I., Radiologist at the Department of Image-guided Invasive, and Electrophysiological Techniques of Research and Treatment and Testing of Novel Technologies, Federal State Budget Institution “A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; Radiologist, Head of the Computed Tomography Office, State Government Institution “Central Clinical Hospital of the Customs Service of Russian Federation”, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9883-8439

Вклад авторов в статью

ШМВ – вклад в концепцию исследования, получение и анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

КДИ – получение и анализ данных исследования, написание и коррективировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

ShMV – contribution to the concept of the study, data collection and analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

KDI – data collection and analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний. Под ред Куликова В.П. Руководство для врачей. М.: ООО «Фирма СТРОМ»; 2011. С. 308-310.
2. Valdueza J.M., Münster T., Hoffman O., Schreiber S., Einhüpf K. Postural dependency of the cerebral venous outflow. *Lancet*. 2000;355(9199):200-1. doi: 10.1016/s0140-6736(99)04804-7.
3. Вальдуэза Х. М., Шрайбер С.Й., Рёль Й.Э., Клингемиль Р. Нейросонология и нейровизуализация при инсульте. Под ред. В. Г. Лелюка, Л. В. Губского. М.: МЕДпресс-информ; 2012: 84 с. ISBN 978-5-98322-824-5
4. Вальдуэза Х. М., Шрайбер С.Й., Рёль Й.Э., Клингемиль Р. Нейросонология и нейровизуализация при инсульте. Под ред. В. Г. Лелюка, Л. В. Губского. М.: МЕДпресс-информ; 2012: 84 с. ISBN 978-5-98322-824-5
5. Gisolf J., van Lieshout J.J., van Heusden K., Pott F., Stok W.J., Karemaker J.M. Human cerebral venous outflow pathway depends on posture and central venous pressure. *Journal of Physiology*. 2004;560(1):317-27. doi: 10.1113/jphysiol.2004.070409
6. Ciuti G., Righi D., Forzoni L., Fabbri A., Moggi Pignone A. Differences between internal jugular vein and vertebral vein flow examined in real time with the use of multigate ultrasound color Doppler. *American Journal of Neuroradiology* 2013; 34:

2000– 4. doi: 10.3174/ajnr.A3557.

7. Gadda G., Taibi A., Sisini F., Gambaccini M., Zamboni P., Ursino M. A new hemodynamic model for the study of cerebral venous outflow. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2015;308(3):H217-31. doi: 10.1152/ajpheart.00469.2014

8. Mohammadyari P., Gadda G., Taibi A. Modelling physiology of haemodynamic adaptation in short-term microgravity exposure and orthostatic stress on Earth. *Sci Rep*. 2021;11(1):4672. doi: 10.1038/s41598-021-84197-7.

9. Yeoh T.Y., Tan A., Manninen P., Chan V.W.S., Venkatraghavan L. Effect of different surgical positions on the cerebral venous drainage: a pilot study using healthy volunteers. *Anaesthesia*. 2016; 71: 806–813. doi: 10.1111/anae.13494.

10. Simka M., Czaja J., Kowalczyk D. Collapsibility of the internal jugular veins in the lateral decubitus body position: A potential protective role of the cerebral venous outflow against neurodegeneration. *Med Hypotheses*. 2019;133:109397. doi: 10.1016/j.mehy.2019.109397. Epub 2019 Sep 11. PMID: 31526984.

11. Kosugi K., Yamada Y., Yamada M., Yokoyama Y., Fujiwara H., Yoshida K., Yoshida K., Toda M., Jinzaki M. Posture-induced changes in the vessels of the head and neck: evaluation using conventional supine CT and upright CT. *Sci Rep*. 2020;10(1):16623. doi: 10.1038/s41598-020-73658-0.

12. Zandwijk J.K., Kuijer K.M., Stassen C.M., Ten Haken B., Simonis F.F.J. Internal Jugular Vein Geometry Under Multiple Inclination Angles with 3D Low-Field MRI in Healthy Volunteers. J Magn Reson Imaging. 2022;56(5):1302-1308. doi: 10.1002/jmri.28182.
13. Рашмер Р.Ф. Динамика сердечно-сосудистой системы. М.: Медицина; 1981. 254 с.
14. Шумилина М.В. Нарушения венозного церебрального кровообращения у больных с сердечно-сосудистой патологией. Дисс. ... док. мед. наук. М.; 2002.
15. Бокерия Л.А., Бузиашвили Ю.И., Шумилина М.В.

Нарушения венозного церебрального кровообращения у больных с сердечно-сосудистой патологией. Головная боль, ишемия мозга, артериосклероз. Мю: Из-во НЦССХ им. А.Н. Бакулева; 2003.

16. Шумилина М.В. Ультразвуковые исследования при головных болях у пациентов с сердечно-сосудистой патологией. Учебно-методическое руководство. Москва: НМИЦ ССХ им. АН Бакулева МЗ РФ; 2022.

17. Семенов С.Е. Неинвазивная лучевая диагностика obstructивных нарушений церебральных венозных нарушений. Дисс. ... док. мед. наук. Томск, 2003

REFERENCES

1. Ultrasound diagnostics of vascular diseases, editor Kulikov V.P. Moscow: LLC "Firm STROM"; 2011. (In Russian)
2. Valdueza J.M., Münster T., Hoffman O., Schreiber S., Einhüpl K. Postural dependency of the cerebral venous outflow. Lancet. 2000;355(9199):200-1. doi: 10.1016/s0140-6736(99)04804-7.
3. Valdueza J. M., Schreiber S.J., Rel J.E., Klingebil R. Neurosonology and neuroimaging in stroke, editors Lelyuk V. G., Gubsky L.V.. Moscow: MEDpress-inform; 2012. ISBN 978-5-98322-824-5.
4. Valdueza J. M., Schreiber S.J., Rel J.E., Klingebil R. Neurosonology and neuroimaging in stroke, editors Lelyuk V. G., Gubsky L.V.. Moscow: MEDpress-inform; 2022: 608:.. ISBN 978-5-00030-985-8.
5. Gisolf J., van Lieshout J.J., van Heusden K., Pott F., Stok W.J., Karemaker J.M. Human cerebral venous outflow pathway depends on posture and central venous pressure. Journal of Physiology. 2004;560(1):317-27. doi: 10.1113/jphysiol.2004.070409
6. Ciuti G., Righi D., Forzoni L., Fabbri A., Moggi Pignone A. Differences between internal jugular vein and vertebral vein flow examined in real time with the use of multigate ultrasound color Doppler. American Journal of Neuroradiology 2013; 34: 2000– 4. doi: 10.3174/ajnr.A3557.
7. Gadda G., Taibi A., Sisini F., Gambaccini M., Zamboni P., Ursino M. A new hemodynamic model for the study of cerebral venous outflow. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2015;308(3):H217-31. doi: 10.1152/ajpheart.00469.2014
8. Mohammadyari P., Gadda G., Taibi A. Modelling physiology of haemodynamic adaptation in short-term microgravity exposure and orthostatic stress on Earth. Sci Rep. 2021;11(1):4672. doi: 10.1038/s41598-021-84197-7.
9. Yeoh T.Y., Tan A., Manninen P., Chan V.W.S., Venkatraghavan L. Effect of different surgical positions on the cerebral venous drainage: a pilot study using healthy volunteers. Anaesthesia. 2016; 71: 806–813. doi: 10.1111/anae.13494.
10. Simka M., Czaja J., Kowalczyk D. Collapsibility of the internal jugular veins in the lateral decubitus body position: A potential protective role of the cerebral venous outflow against neurodegeneration. Med Hypotheses. 2019;133:109397. doi: 10.1016/j.mehy.2019.109397. Epub 2019 Sep 11. PMID: 31526984.
11. Kosugi K., Yamada Y., Yamada M., Yokoyama Y., Fujiwara H., Yoshida K., Yoshida K., Toda M., Jinzaki M. Posture-induced changes in the vessels of the head and neck: evaluation using conventional supine CT and upright CT. Sci Rep. 2020;10(1):16623. doi: 10.1038/s41598-020-73658-0.
12. Zandwijk J.K., Kuijer K.M., Stassen C.M., Ten Haken B., Simonis F.F.J. Internal Jugular Vein Geometry Under Multiple Inclination Angles with 3D Low-Field MRI in Healthy Volunteers. J Magn Reson Imaging. 2022;56(5):1302-1308. doi: 10.1002/jmri.28182.
13. Rashmer R.F. Dynamics of the cardiovascular system. Moscow:Medicine; 1981. (In Russian)
14. Shumilina M.V. Disorders of venous cerebral circulation in patients with cardiovascular pathology. [dissertation] Moscow; 2002. (In Russian)
15. Bokeria L.A., Buziashvili Yu.I., Shumilina M.V. Disorders of venous cerebral circulation in patients with cardiovascular pathology. Headache, cerebral ischemia, arteriosclerosis. Moscow:From the NCSSH named after A.N. Bakulev; 2003. (In Russian)
16. Shumilina M.V. Ultrasound examinations for headaches in patients with cardiovascular pathology. Educational and methodological guidance. M.: NMIC SSH named after AN Bakulev of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2022. (In Russian)
17. Semenov S.E. Noninvasive radiation diagnostics of obstructive disorders of cerebral venous disorders. [dissertation] Tomsk; 2003 (In Russian)

Для цитирования: Шумилина М.В., Колесник Д.И. Влияние ортостатической пробы (или вертикализации) на кровоток по внутренним яремным и позвоночным венам. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2023;12(1): 39-48. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-1-39-48

To cite: Shumilina M.V., Kolesnik D.I. The influence of orthostatic test (or verticalization) on the blood flow through the internal jugular and vertebral veins. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2023;12(1): 39-48. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-1-39-48