



## МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ, РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ГРАДАЦИИ НАРУЖНОГО КОМПРЕССИОННОГО СТЕНОЗА ВНУТРЕННИХ ЯРЕМНЫХ ВЕН

М.Г. Шатохина<sup>1</sup>, С.Е. Семенов<sup>2</sup>, И.Н. Малков<sup>3</sup>, О.А. Трубникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, ул. Аккуратова, д. 2, г. Санкт-Петербург, 197341, Россия

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний,  
бульвар им. акад. Л.С. Барбараша, стр. 6, г. Кемерово, 650002, Россия

<sup>3</sup>Кузбасская областная клиническая больница имени С.В. Беляева, пр-т Октябрьский, д. 22, г. Кемерово, 650066, Россия

**Резюме.** *Введение.* Нарастающий интерес к проблеме наружного компрессионного стеноза внутренних яремных вен (ВЯВ) обусловлен его предполагаемой ролью в патогенезе внутричерепной гипертензии и церебральной венозной дисфункции. Вместе с тем в литературе отсутствует единство в отношении терминологии, пороговых значений стеноза, диагностических критериев и классификационных подходов, что затрудняет сопоставление результатов исследований и выработку клинических рекомендаций. *Цель:* систематизировать имеющиеся данные о методах диагностики, расчётных параметрах и градациях наружного компрессионного стеноза ВЯВ, а также оценить его пороговые значения, ассоциированные с развитием внутричерепного венозного застоя и клинических проявлений церебральной венозной дисфункции. *Материалы и методы.* Выполнен обзор литературы на русском и английском языках за период с 1965 по 2025 год по базам данных Medline/PubMed и РИНЦ/eLibrary по ключевым словам: венозный отток, наружный стеноз, внутренняя яремная вена, церебральная венозная дистония/дисфункция/застой, венозная энцефалопатия, внутричерепная гипертензия, а также их англоязычным эквивалентам. *Результаты.* Установлено, что пороговым значением стеноза одной из ВЯВ, при котором формируется внутричерепной венозный застой с клиническими проявлениями церебральной венозной дисфункции и венозной энцефалопатии, является сужение просвета на 70-80%. Показана перспективность применения калькулятора венозно-артериального баланса (ВАБ) в качестве дополнительного диагностического инструмента: значения суммарного ВАБ менее 40% соответствуют высокому риску внутричерепного венозного застоя, значения в диапазоне 40-59% – зоне неопределённости, исход которой определяется степенью ремоделирования венозной сети шеи. Методом выбора для первичной диагностики признан неинвазивный тандем ультразвукового сканирования и бесконтрастной магнитно-резонансной венографии. *Заключение.* Наружный компрессионный стеноз ВЯВ является клинически значимой и недостаточно стандартизированной нозологической единицей. Установление единых диагностических критериев, градаций стеноза и расчётных параметров венозного баланса необходимо для обеспечения сопоставимости исследований и разработки доказательной базы для хирургической коррекции нарушенного церебрального венозного оттока.

**Ключевые слова / Keywords [MeSH]:** внутренняя яремная вена / jugular veins [D007568]; наружный компрессионный стеноз / venous stenosis [D054318]; церебральная венозная дисфункция / cerebral veins [D002560]; внутричерепная гипертензия / intracranial hypertension [D019586]; венозная энцефалопатия / encephalopathy [D001927]; венозно-артериальный баланс / cerebral hemodynamics [-]; ультразвуковое сканирование / ultrasonography, Doppler [D015205]; магнитно-резонансная венография / phlebography [D010690]; венозный отток головного мозга / cerebral circulation [D002560]; хирургическая декомпрессия / decompression, surgical [D003653].

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование в рамках фундаментальной темы НИИ КПССЗ «Разработка инновационных моделей управления риском развития болезней системы кровообращения с учетом коморбидности на основе изучения фундаментальных, клинических, эпидемиологических механизмов и организационных технологий медицинской помощи в условиях промышленного региона Сибири (научный руководитель – академик РАН О.Л. Барбараш).

**Благодарность.** Коллектив авторов выражает благодарность Дмитрию Владимировичу Бондарчуку за помощь в подготовке статьи.

**Для цитирования:** Шатохина М.Г., Семенов С.Е., Малков И.Н., Трубникова О.А. Методы диагностики, расчётные параметры и градации наружного компрессионного стеноза внутренних яремных вен. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2026;16(1):197-207. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2026.1.MIM.1>

## DIAGNOSTIC METHODS, CALCULATION PARAMETERS AND GRADATIONS OF EXTRINSIC COMPRESSION STENOSIS OF THE INTERNAL JUGULAR VEINS

M.G. Shatokhina<sup>1</sup>, S.E. Semenov<sup>2</sup>, I.N. Malkov<sup>3</sup>, O.A. Trubnikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Almazov National Medical Research Center, Akkuratova St., 2, St. Petersburg, 197341, Russia

<sup>2</sup>Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Academician L.S. Barbarash Boulevard, Bldg. 6, Kemerovo, 650002, Russia

<sup>3</sup>Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev, Oktyabrsky Ave., Bldg. 22, Kemerovo, 650066, Russia

**Abstract.** *Background.* Growing interest in external compressive stenosis of the internal jugular veins (IJV) stems from its proposed role in the pathogenesis of intracranial hypertension and cerebral venous dysfunction. However, the literature lacks consensus on terminology, diagnostic criteria, stenosis grading systems, and threshold values, hampering inter-study comparability and evidence-based clinical guidance. *Objective.* To systematize available data on diagnostic methods, calculated parameters, and grading systems for external compressive IJV stenosis, and to evaluate stenosis thresholds associated with intracranial venous congestion and clinical manifestations of cerebral venous dysfunction. *Materials and Methods.* A narrative review of Russian- and English-language literature published between 1965 and 2025 was conducted using Medline/PubMed and the Russian Science Citation Index (RSCI/eLibrary). Search terms included: venous outflow, external stenosis, internal jugular vein, cerebral venous dystonia/dysfunction/congestion/stasis, venous encephalopathy, and intracranial hypertension, as well as their Russian-language equivalents. *Results.* A stenosis threshold of 70–80% in one IJV was identified as the critical value for the development of intracranial venous congestion with clinical manifestations of cerebral venous dysfunction and venous encephalopathy. The venous-arterial balance (VAB) calculator was identified as a promising supplementary diagnostic tool: a total VAB below 40% indicates high probability of intracranial venous congestion, while values in the 40–59% range represent a zone of uncertainty, the clinical outcome of which depends on the degree of compensatory remodeling of cervical venous collaterals. The non-invasive combination of duplex ultrasound scanning and non-contrast magnetic resonance venography is recommended as the preferred first-line diagnostic approach. *Conclusion.* External compressive IJV stenosis is a clinically significant yet insufficiently standardized entity. Establishing unified diagnostic criteria, stenosis grading systems, and venous balance parameters is essential for achieving inter-study comparability and building an evidence base for surgical correction of impaired cerebral venous drainage.

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

**Funding.** Research within the framework of the fundamental topic of the Research Institute of the Complex of Cardiology and Cardiology of the Siberian Circulatory System "Development of innovative models for managing the risk of developing diseases of the circulatory system, taking into account comorbidity based on the study of fundamental, clinical, epidemiological mechanisms and organizational technologies of medical care in the conditions of the industrial region of Siberia (scientific director - Academician of the Russian Academy of Sciences O.L. Barbarash)".

**Acknowledgement.** The team of authors expresses gratitude to Dmitry Vladimirovich Bondarchuk for his assistance in preparing the article.

**Cite as:** Shatokhina M.G., Semenov S.E., Malkov I.N., Trubnikova O.A. Diagnostic methods, calculation parameters and gradations of extrinsic compression stenosis of the internal jugular veins. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2026;16(1):197–207. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2026.1.MIM.1>

### ВВЕДЕНИЕ

Традиционно артериальному поражению на уровне шеи уделяется большое внимание, но в течение последнего десятилетия в публикациях медицинского сообщества все большее внимание начинает уделяться нарушениям церебрального венозного кровообращения, включая и состояния, связанные с нетромботическим стенозом внутренних яремных вен (ВЯВ) [1]. Увеличение количества публикаций о наружном стенозе внутренних яремных вен, вызывающем клинические проявления изолированной внутричерепной гипертензией (ИБГ), а также попытки восстановления нарушенного кровотока хирургическим путем показывают важность этой проблемы [2]. Однако мнения авторов этих публикаций не всегда едины.

**ЦЕЛЬ:** оценить данные о связи наружного компрессионного стеноза внутренних яремных вен и внутричерепной гипертензии, определить пороговые значения взаимосвязи этих состояний, общепринятые термины, методы диагностики и классификации по данным имеющейся литературы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен поиск литературы на русском и английском языках за период с 1965 по 2025 г. в общедоступной сети медицинских библиотек, базах данных сети Internet, Medline/PubMed, РИНЦ/Elibrary по ключевым словам: венозный отток, наружный стеноз, внутренняя яремная вена, церебральная венозная дистония (дисфункция, застой, стаз), венозная энцефалопатия, внутричерепная гипертензия, venous outflow, extrinsic stenosis, internal jugular vein, venous circulatory dystonia, cerebral venous dysfunction (dystonia, plethora, congestion, stasis), venous encephalopathy, intracranial hypertension. В обзор были включены журнальные статьи, обзоры литературы, оригинальные исследования, клинические случаи, руководства и учебные пособия для врачей, зарегистрированное свидетельство на программу ЭВМ. Не рассматривались материалы из сборников конференций, авторефераты и диссертации. В итоге в работу были включены 60 публикаций, в том числе 26 отечественных и 34 зарубежных, из которых 23 работы за последние 5 лет.

**Связь компрессионного стеноза ВЯВ с ИВГ, классификации венозного застоя.** Данные литературы свидетельствуют, что в немалом количестве случаев ИВГ причиной ее развития находят наружный компрессионный стеноз ВЯВ. В клинические проявления входят цефалгия, вегетативные, вестибулярные расстройства, астенические состояния и даже легкие когнитивные нарушения. Обычно незначительная или умеренная выраженность клиники церебральной венозной дистонии (ЦВД) и венозной энцефалопатии (ВЭ) проявляется в возрасте более 40 лет [3]. Пациенты трудоспособного возраста испытывают не выраженные, но снижающие качество жизни симптомы, которые длительное время не бывают отнесены врачами неврологами к последствию нарушений оттока венозной крови на уровне шеи. А даже при подозрении на такую патологию процесс диагностики часто не подпадает под какой-либо алгоритм, не регламентирован клиническими рекомендациями, поэтому остается сложен и для выполнения, оптимальной последовательности действий и интерпретации результатов диагностических процедур [3, 4]. Несоответствие русскоязычных и англоязычных терминов состояний, связанных с клиническими проявлениями нарушений церебрального венозного кровообращения также не способствуют пониманию и принятию разрозненных сведений на эту тему [3].

Как и в большинстве случаев, имеющие место классификации выраженности церебрального венозного застоя используют три степени. В наиболее «старой» неврологической классификации [5, 6] выделялись «латентный» застой, ЦВД и ВЭ, в которых клинические проявления определялись по возрастанию выраженности от скрытых до явных. В соответствии с симптоматикой в отечественной литературе встречаются такие термины как вегетоваскулярная дистония [7] и хроническая церебральная венозная недостаточность [8]. Церебральные венозные нарушения застойно-гипоксического характера относят по другой, наиболее популярной в практике неврологии классификации к последствиям механического затруднения венозного оттока из полости черепа и поражения магистральных экстракраниальных путей венозного оттока [9]. Наиболее практически ориентированные классификации не включают градацию скрытой или «латентной» стадии венозного застоя. Так, предлагается выделение минимальной стадии как венозный застой, средней стадии – ВЭ, и последней стадии – ОНМК [10, 11]. Наиболее простая с точки зрения привычности «на слух» является классификация с выделением легкой, средней и тяжелой степеней выраженности клинической симптоматики, в которой под наиболее «тяжелой» степенью подразумевают хроническую ВЭ с ИВГ, «псевдотуморозный» синдром [12]. Если лег-

кая, латентная, скрытая стадия (степень) венозного застоя чаще остается за рамками клинической диагностики, то средняя степень (стадия), обозначаемая как ЦВД – аббревиатура, которая расшифровывается по-разному в разных источниках (церебральная венозная дисфункция, церебральная венозная дисциркуляция, церебральная венозная дистония) [13], и тем более ВЭ – состояния, которые требуют внимания клиницистов и исследователей [3]. Довольно больше количество авторов-исследователей сходится во мнении, что уни- или билатеральный наружный компрессионный стеноз ВЯВ может являться причиной развития ИВГ [1, 2, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

**Причины наружного компрессионного стеноза внутренних яремных вен.** Причиной стеноза ВЯВ указываются экстравазальная миофасциальная компрессия гипертрофированными лестничными и кивательными мышцами при сколиозе, травмах, дегенеративных и врожденных заболеваниях шейного отдела позвоночного столба, нарушении фиксации способности позвонков, при компрессии вследствие синдрома верхней апертуры грудной клетки, при сдавлении петлями извитых артерий, аневризмой сонной артерии, гематомой шеи, хемодектомой, при зобе щитовидной железы, после оперативных вмешательств на шее окружающими отеками тканями, протезом после транскаротидной эндартерэктомии, каротидно-подключичного шунтирования [20, 21]. Утолщенные при хроническом напряжении кивательные мышцы описываются как наиболее частая причина стеноза ВЯВ у пациентов, чья работа связана с вынужденным положением головы и шеи и жалующихся на головную боль [14, 15, 16, 20, 21, 22]. Опухоли (наиболее часто опухоли щитовидной железы и средостения [23], в меньшем количестве случаев – опухоли гортани, основания черепа и позвоночника) занимают следующую позицию по частоте воздействия на ВЯВ [2, 3, 14, 15, 16]. В литературе встречаются описания компрессии ВЯВ утолщенными гипертрофированными двубрюшной и шилоподъязычной мышцами [20, 21]. Двубрюшная мышца находится в зоне наибольшей доступности для УЗИ и такой вид компрессии достаточно не труден для диагностики. Широкая практика КТ-ангиографии позволила говорить о таком, ранее неизвестном виде компрессионного воздействия на ВЯВ, как – шейный спондилотический синдром внутренней яремной вены или синдром Игла (костная компрессия между шиловидным отростком височной кости черепа и боковой массой атласа) [20, 21, 24, 25, 26]. Такая проксимальная компрессия ВЯВ жесткими костными структурами считается наиболее гемодинамически значимой из-за того, что большое количество коллатералей и шунтов между яремными и внеяремными венозными кол-

лекторами располагается проксимальнее [2, 27]. Вероятно, клиническая эффективность хирургической стилоидэктомии или стентирование ВЯВ на уровне стеноза [18, 19, 20] у пациентов, отмечавших до операции усиление головной боли при ипсилатеральной ротации головы может косвенно это подтвердить и должно рассматриваться как потенциальный лечебный подход для облегчения проявлений ИВГ, вызванной стенозом ВЯВ [18, 19, 28], как элемента синдрома Игла [29]. Описан единичный случай протяженной односторонней компрессии ВЯВ при флегмоне шеи [15]. Еще одна костная структура – подъязычная кость может стать причиной стеноза ВЯВ [20, 21, 24, 30]. Есть исследования, связывающие стеноз ВЯВ с воспалительными изменениями стенки вен вследствие перенесенной инфекции COVID-19, что сопровождалось повышенным внутричерепным давлением различной степени [31].

**Оптимальные методы диагностики.** Анатомия венозной системы шеи очень вариабельна в отношении количества передних и задних шейных вен, шунтов между яремными и внеяремными коллекторами, а также очень зависит от развития лицевой вены, как основного шунта между интра- и экстракраниальным венозным оттоком. Немногочисленные как в России, так и за рубежом исследования физиологии нарушений церебрального венозного кровообращения на этом уровне достаточно разноречивы, что вероятно связано именно с множеством вариантов развития венозной сети шеи. Несмотря на, казалось бы, несложное строение ВЯВ и то, что их всегда две, заключения врачей-исследователей по их описанию оставляют желать лучшего, часто ограничиваются отметкой об отсутствии их расширения. Что же касается позвоночных вен (ПВ), то вариантность их анатомии более разнообразна и заключения врачей, как правило, еще короче. Стандартизованные протоколы исследования вен шеи отсутствуют, исследование вен шеи не входит в протокол обследований при ОНМК, критерии нормы и патологии не отчетливы. Всё это делает диагностику стеноза ВЯВ маловероятным в настоящих условиях. Однако мир не стоит на месте и потребность в исследовании ВЯВ возникает, что напрямую зависит от развития диагностического оборудования и методик визуализации кровотока [2].

Не относясь к социально значимым состояниям нарушения церебрального венозного кровообращения нетромботического характера не удостоены внимания международной классификации болезней как 10, так и 11 пересмотра. По всей видимости, поэтому такая точная в отношении получения «слепок» кровотока методика, как КТ-ангиография, при в целом высоких чувствительности (100%) и специфичности (до 97%), обычно не является методом первой

линии при подозрении на ИВГ вследствие стеноза ВЯВ, потому что несет в себе неоправданные с учетом не тяжелого состояния риски, связанные с облучением и большим объемом контрастного средства при проведении процедуры. Кроме того, не прослеживается в литературе указаний и на прямую зависимость развития ИВГ от степени стеноза ВЯВ. Так, после удаления ВЯВ венозный отток может быть компенсирован, а может произойти и летальный исход [5]. У пациентов с риском ИВГ артериальный приток оказывается больше, чем венозный отток по основным коллекторам и формирует состояние застойной венозной гиперемии. Значит, есть необходимость в расширении возможностей более доступных, неинвазивных и безопасных способах диагностики. Сочетание УЗИ и МР-венографии в тандеме [16], как наименее инвазивных и наиболее безопасных методов признается наилучшим и оптимальным на данный момент развития диагностических технологий. Если с помощью УЗИ можно подробно изучить емкостные и скоростные характеристики самих ВЯВ на доступных участках, а также отчасти и ПВ, то применение МР-венографии позволяет видеть изменения общей картины венозной сосудистой сети шеи. Отмечается высокая степень соответствия данных МР-венографии и УЗ-сканирования [2, 32]. В последнее десятилетие получило развитие относительно новая методика УЗИ в виде определения соотношения артериального притока/венозного оттока (артериально-венозного или венозно-артериального баланса/дисбаланса) на уровне шеи [3, 33].

**Ультразвуковое сканирование яремных и внеяремных венозных коллекторов шеи.** Ультразвуковым критерием ЦВД при нарушении оттока считают 3-кратное расширение ВЯВ дистальнее места компрессии [22] или ее спадение [34]. При наличии патологии дистальнее (дальше от сердца) уровня исследования в ортостазе просвет ВЯВ на уровне обычного места исследования не уменьшается, но скорость кровотока увеличивается и это эмпирически объясняет уменьшение головной боли при переходе из горизонтального в вертикальное положение при ЦВД и ВЭ [35]. На сегодняшний день несколько исследований представляют определение пороговых значений стеноза ВЯВ и их классификационное градуирование, единого мнения экспертов на этот счет нет. Так в классификации [36] степень стеноза 1 grade (стеноз >20% и ≤80%) пороговым значением является 80%-ное сужение ВЯВ, сужение >80% относится к 2 grade, а сведения о выраженном расширении шейных венозных коллатералей переносит патологию в степень 3 grade. Стеноз по площади 65% считался в другом исследовании пороговым для развития церебрального венозного застоя [37]. Сходный порог (60–63%) определен для стено-

за ВЯВ при синдроме верхней апертуры грудной клетки [23]. УЗ-критерием компрессии ВЯВ рассматривалась её флэбэктазия дистальнее места компрессии с 3-кратным расширением и увеличением скорости кровотока более 70 см/с [21, 33]. Также существует более сегментированные классификации стеноза внутренней яремной вены: отсутствие стеноза (0–10%), легкий стеноз (10–50%), умеренный (50–80%), тяжелый (> 80–99%) и окклюзия (100%) [38] и Grade 0: нет стеноза, Grade I:  $\leq 24\%$ , Grade II: 25–49%, Grade III: 50–74%, or Grade IV: 75–100% [39]. В другом исследовании использовалось разделение выраженности стеноза по следующим группам: минимальный стеноз (до 40%), стеноз 40–70% и стеноз >70% [40]. Если порог умеренного стеноза практически во всех исследованиях был признан >50%, то порог выраженного стеноза по данным разных авторов начинался от 65% до >80% [1]. Локальное и протяженное уменьшение площади пораженной ВЯВ соответствует понятию отрицательного ремоделирования, тогда как адаптивное компенсаторное расширение контралатеральной ВЯВ называется положительным ремоделированием [2, 41]. Границы нормы и ремоделирования ВЯВ очень относительны, что связано с тем, что и в норме ВЯВ чаще асимметричны, а у пожилых относительно здоровых людей ВЯВ имеют большую площадь [2, 42]. Помимо ВЯВ процесс ремоделирования затрагивает другие вены шеи, анастомозирующие венозные сплетения и шунты, которые призваны обеспечить достаточный венозный отток при недостаточности его по ВЯВ [2, 43, 44]. Венозные шунты, соединяющие интра-и экстракраниальные вены разделены в зависимости от их расположения по отношению к позвоночному столбу на 4 группы: подзатылочное венозное сплетение, заднее внутреннее позвоночное сплетение, передние внутреннее и наружное позвоночные сплетения [45]. Имеют место данные о том, что суммарное поперечное сечение внеяремного русла приблизительно на 12% больше яремного, но в трети случаев внеяремное русло не превосходит суммарно площади внутренних яремных вен [46]. Изучение яремного кровотока по ВЯВ при УЗИ ограничено отрезками J1 и J2 [47] – средние и нижние сегменты, позвоночных вен на отрезках V2 (средние сегменты), изучение внеяремного кровотока обычно происходит в исследовательских центрах [20, 21] и мало выполняется в широкой медицинской практике.

В одном из последних наших исследований [14] степень стеноза при наружной компрессии ВЯВ с одной стороны в среднем составила 65%, в диапазоне от 25% до 96%. На уровне максимальной компрессии и максимального стеноза ВЯВ ее поперечный профиль был представлен обычно в виде эллипса, при выраженной компрессии был щелевид-

ный. Площадь стенозированной ВЯВ в месте максимальной компрессии была в 6 раз меньше ( $0,25 \pm 0,22$  см<sup>2</sup> в среднем), а при изучении в стандартно принятом месте [21] в сегменте J2 в 3 раза меньше ( $0,54 \pm 0,46$  см<sup>2</sup> в среднем), что являлось отрицательным ремоделированием, тогда как площадь контралатеральной ВЯВ была увеличена (в среднем  $1,49 \pm 0,65$  см<sup>2</sup>), что можно принять за положительное ремоделирование в сравнении с КГ ( $0,87 \pm 0,33$  см<sup>2</sup>,  $P=0,0001$ ).

Несмотря на то, что понятие ремоделирования подразумевает под собой изменение только характеристик размера, тем не менее, вены являются емкостными структурами и рассмотрение скоростных характеристик обязательно. Скорость кровотока, усредненная по времени (УВСС) в стенозированной ВЯВ была в среднем  $10,2 \pm 11,67$  см/с, что достоверно меньше ( $P=0,000001$ ), чем в КГ ( $26,21 \pm 6,53$  см/с, диапазон 14–39 см/с). Скорость в противоположной ВЯВ была достоверно отлична при стенозе ( $20,32 \pm 8,9$  см/с, диапазон 6–51 см/с) и в КГ ( $18,58 \pm 4,52$  см/с, диапазон 10–32 см/с,  $P=0,000001$ ). При стенозе ВЯВ преимущественно происходит увеличение емкостной составляющей, а не скоростной [14]. Выраженная корреляционная связь этих показателей с взаимным влиянием отрицательного ремоделирования компрессируемой вены и положительного ремоделирования ( $r=0,74$ ), а также ускорения кровотока ( $r=0,71$ ) контралатеральной ВЯВ и связь замедления потока в стенозированной вене с увеличением скорости ( $r=0,63$ ) и площади ( $r=-0,71$ ) противоположной ВЯВ [14, 15] являются разными сторонами единого компенсаторно-адаптивного процесса.

Преимущества УЗИ заключаются в возможности в одной манипуляции изучить и емкостные и скоростные характеристики кровотока ВЯВ, а недостатки связаны с ограничениями визуализации верхнего дистального сегмента ВЯВ – J3, дискретного (в промежутках между поперечными отростками позвонков) сканирования ПВ, а также невозможностью в целом оценить всю венозную сеть шеи и значимой операторозависимостью [48, 49, 50].

Чувствительность и специфичность УЗИ в отношении стеноза ВЯВ оценивается в 82% и 100%, соответственно [51]. С помощью ультразвуковых методов маловероятно во всех случаях количественно оценить весь венозный церебральный кровоток. ПВ визуализируют в канале поперечных отростков шейных позвонков кпереди от позвоночной артерии. И в ортостазе, и в клиностазе в норме по ней всегда определяется венозный кровоток [20, 35]. Однако её маленький размер, разнообразное анатомическое строение (футиляр для позвоночной артерии, сплетение и т.д.) не позволяют в ряде случаев измерить площадь ее сечения. Имеет место классификация

расширения ПВ с разделением на 2 степени: легкую (незначительное расширение <25%) и тяжелую (выраженное расширение >25-50%), сопровождающееся расширением так же и наружных позвоночных вен [25]. Связь между выраженностью стеноза ВЯВ и расширением ПВ показана в литературе, но с той оговоркой, что сообщения между ВЯВ и передними наружными позвоночными сплетениями, дренирующими и кавернозные венозные пазухи и мышечковые вены, а также вены щитовидной железы [52] могут сказаться на правильности интерпретации состояния венозного кровотока на уровне шеи.

Адаптивно-компенсаторный характер расширения венозных шейных коллатералей при сужении ВЯВ подтвержден тем, что после хирургического восстановления яремного кровотока очевидно уменьшается выраженность расширения этих коллекторов [53]. Однако в литературе не приводится убедительных доказательств прямой связи между стенозом ВЯВ и степенью расширения ПВ, которое наблюдали даже у здоровых людей [2, 48], также нет статистических доказательств связи между стенозом ВЯВ и расширением эпидуральных вен. Динамические постуральные изменения кровотока в ПВ в виде увеличения наблюдали на УЗИ при вертикализации [54, 55].

Около 25 лет назад в узком кругу исследователей нарушений церебрального венозного кровообращения появились понятия артерио/венозного (венозно/артериального) баланса/дисбаланса (соотношения артериального притока/венозного оттока) на уровне шейных магистральных сосудов [2, 19, 31]. Эти показатели являются расчетными и высчитываются как отношение объемного кровотока в ВЯВ, НЯВ и ПВ к суммарному объемному кровотоку по общим сонным артериям. У здоровых людей диапазон нормальных значений этого показателя составляет от 65 до 85% (в среднем 72%) при условии УВСС в общей сонной артерии не менее 30 см/с [3, 19, 20, 31, 33]. При ВЭ [20, 33] или ОНМК при церебральном венозном тромбозе [2] венозно/артериальное соотношение уменьшается до 40-50%. Расчет этого показателя предлагается проводить по несложной формуле ( $ABD = \frac{V_{об\ ВЯВ}(d,s) + V_{об\ ПВ}(d,s) + V_{об\ НЯВ}(d,s)}{V_{об\ ОСА}(d,s) + V_{об\ ПА}(d,s)} \times 100$ , где  $V_{об}$  – объемная скорость в мл/с; ОСА – общая сонная артерия, ПА – позвоночная артерия, НЯВ – наружная яремная вена, ВЯВ – внутренняя яремная вена). В теории на внутренние яремные вены приходится 2/3 всей крови от головного мозга [5, 35], что укладывается приблизительно в указанные выше цифры, но при этом в формуле учитывался кровоток по НЯВ и ПВ, а значит следует ожидать, что на ВЯВ приходится меньше, а в оставшуюся 1/3 часть следует учитывать все внеяремные венозные коллатерали и ПВ. У пожилых людей при развитии атеросклероза, при вазоспазме вслед-

ствие ОНМК, а также при повышении внутричерепного давления отмечается вторичное уменьшение артериального притока из-за повышения периферического сопротивления и можно ожидать временное выравнивание артериовенозного баланса [20, 33]. Кроме того, недавнее исследование зависимости гемодинамики ВЯВ от степени атеросклеротического стеноза сонных артерий [56] свидетельствует о возможном влиянии на уменьшение оттока по ВЯВ того, что часть относительно здоровых пациентов КГ имели такое поражение, хотя и не достигающее порога гемодинамической значимости. В этом же исследовании рекомендуется количественную оценку оттока по ВЯВ включать в состав комплексного УЗИ у больных каротидным атеросклерозом различной степени выраженности [56].

В последнем нашем исследовании наружного компрессионного стеноза [14] была изучена возможность применения расчетного показателя венозно-артериального баланса (ВАБ) отдельно для стороны стеноза и гипоплазии ВЯВ и противоположной стороны по формуле:

$$ВАБ = \frac{(S_{ВЯВ} \times УВСС_{ВЯВ})}{\sum L,R (S_{ОСА} \times УВСС_{ОСА}) + \sum L,R (S_{ПА} \times УВСС_{ПА})} \times 100$$

где ВЯВ – внутренняя яремная вена; S – площадь, см<sup>2</sup>; УВСС (усредненная по времени скорость кровотока, см/с) на уровне J2 и V2; ОСА – общая сонная артерия; ПА – позвоночная артерия на уровне V2;  $\sum L,R$  (суммарный объем кровотока по общим сонным и позвоночным артериям с обеих сторон).

Достоверное различие ВАБ на стороне патологии было обнаружено [14] между группами со стенозом ВЯВ (в среднем 8,95%, диапазон 0,03-25,96%) и КГ. ВАБ с противоположной стороны достоверно отличался при стенозе (54,51%,  $P=0,000001$ ) от КГ (26,16% слева и 33,15% справа). Вероятно, ВАБ справа в норме больше из-за анатомически более удобного, более прямого пути оттока крови, тогда как слева у большей части людей имеет место асимметричный тип строения брахиоцефального венозного угла с изгибами при впадении ВЯВ в брахиоцефальную вену и брахиоцефальной вены в верхнюю полую вену. Исходно лучший кровоток справа ведет к тому, что правостороннее поражение ВЯВ считается более значимым клинически [2]. Значение суммарного ВАБ было получено при сложении значений ВАБ слева и справа и составляло в норме (59,32%) [14], что несколько ниже, чем по данным литературы [20, 33], но формула исследования не включала наружные яремные вены и ПВ, а значит были полученные сходные данные. Чувствительность и специфичность при использовании в качестве положительной переменной стеноз ВЯВ  $\geq 70\%$  для ВАБ противоположной стороны определе-

ны как 89,7% и 67,9%, соответственно ( $AUC=0,82$ ). [14]. Точка отсечки, определенная в этом же исследовании на уровне 44,29% позволила подтвердить, что показатель ВАБ ниже 50% может быть признаком внутричерепного венозного застоя при ЦВД и ВЭ. Это объясняется тем, что при выраженном уменьшении вклада яремного пути оттока венозной крови от головного мозга, происходит увеличение вклада внемозговых путей оттока, которые имеют свои ограничения в виде небеспредельных возможностей расширения для ПВ в костном канале [14, 15, 16, 35] и тем, что объем вен венозных коллатералей не более, чем на 12% больше яремного русла [46]. После чего, при достижении предельного расширения яремного и внемозговых русел и уже произошедшего максимально положительного ремоделирования противоположной ВЯВ и других венозных коллатералей повышается вероятность развития клиники ЦВД и ВЭ [20, 33].

На основании результатов изучения диагностической эффективности (чувствительности и специфичности), возможности применения показателя ВАБ при унилатеральной обструкции или окклюзии ВЯВ была разработана и зарегистрирована программа для ЭВМ «Программа по расчету церебрального венозно-артериального баланса (ВАБ) кровотока на экстракраниальном уровне» [57], а также версия для мобильного телефона: «Веб-приложение по расчету церебрального венозно-артериального баланса (ВАБ) кровотока на экстракраниальном уровне» (в Telegram по ссылке <https://t.me/VABCalculatorBot>). Рисунок 1 представляет интерфейс «Веб-приложение по расчету церебрального венозно-артериального баланса (ВАБ) кровотока на экстракраниальном уровне».

Уменьшение суммарного ВАБ ниже 60% указывает на вероятный дисбаланс, умеренное уменьшение вклада в отток венозной крови от головного мозга яремных путей, а также существующую вероятность риска развития венозного застоя и внутричерепной гипертензии. Уменьшение суммарного ВАБ ниже 40% указывает на определенный дисбаланс, значительное снижения объема венозной крови яремного оттока, увеличение вклада внемозговых путей, компенсаторное расширение которых ограничено анатомически, высокую вероятность развития венозного застоя и внутричерепной гипертензии с клиникой церебральной венозной дистонии и венозной энцефалопатии. При получении значений суммарного ВАБ от 85% до 100% этот показатель также может считаться нормальным вследствие большой вариабельности венозной сети шеи с большими возможностями емкостного увеличения противоположной стенозу ВЯВ и вариантной неразвитостью позвоночных вен и сплетений [57].

**Рисунок 1.** Интерфейс Программы ВАБ-калькулятора в приложении Telegram для мобильного телефона на базе Android (в свободном доступе по ссылке <https://t.me/VABCalculatorBot>). Необходимо внести в соответствующие окна значения площади в ( $\text{cm}^2$ ) и усредненной по времени скорости кровотока (в  $\text{cm/s}$ ) ВЯВ, ОСА и ПА, измеренные с обеих сторон. Затем нажать кнопку «Рассчитать». В окнах «ВАБ справа», «ВАБ слева» и «Суммарный ВАБ» появятся значения этих показателей. При значениях «Суммарного ВАБ» до 39% это окно будет подсвечено красным и появится надпись «Венозный застой». При значениях «Суммарного ВАБ» от 40% до 59% это окно будет подсвечено желтым и появится надпись «Риск венозного застоя». При значениях «Суммарного ВАБ» от 60% до 85% это окно будет подсвечено зеленым и появится надпись «Норма». При значениях «Суммарного ВАБ» более 85% это окно также будет подсвечено зеленым и появится надпись «Норма».

**Figure 1.** Interface of the VAB Calculator in the Telegram application for Android-based mobile devices (freely available at <https://t.me/VABCalculatorBot>). The user enters the cross-sectional area ( $\text{cm}^2$ ) and time-averaged blood flow velocity ( $\text{cm/s}$ ) of the IJV, CCA, and VA measured bilaterally into the corresponding fields, then presses the "Calculate" button. The fields "VAB Right", "VAB Left", and "Total VAB" will display the calculated values. When the Total VAB is below 40%, the field is highlighted in red and the label "Venous congestion" appears. When the Total VAB is between 40% and 59%, the field is highlighted in yellow and the label "Risk of venous congestion" appears. When the Total VAB is between 60% and 85%, the field is highlighted in green and the label "Normal" appears. When the Total VAB exceeds 85%, the field is likewise highlighted in green and the label "Normal" appears.

**Магнитно-резонансная (МР-) венография венозной сети шеи.** Бесконтрастная МР-венография (ТоF – время пролетная ангиография) в отличие от УЗИ позволяет получить общую картину венозной сети шеи за относительно большее время, являясь при этом мало зависящей от навыков оператор методики, часто применяется к клинической и исследовательской практике. Обнаружение уровня стеноза ВЯВ и компримирующих агентов, создающих такой стеноз [14, 15, 16] происходит благодаря тому, что сигнал кровотока в ВЯВ в случаях, когда стеноз <50% дает возможность выделить компримирующий фактор и вызванный им дефект наполнения вены.

При стенотическом поражении ВЯВ >50% в большинстве случаев МР-сигнал значительно снижен. При стенозе >70% МР-сигнал кровотока в пораженной ВЯВ может не визуализироваться вовсе, а со стороны противоположной ВЯВ и других венозных коллекторов отмечаются явления положительного ремоделирования. Прямой зависимости интенсивности МР-сигнала от скорости кровотока в ВЯВ не получено, но изменения этих параметров часто отмечаются исследователями [14, 15, 16] – низкая скорость или неламинарность потока может приводить к полному исчезновению сигнала. Именно поэтому, при очень высокой чувствительности методики (99%) ее специфичность критически низкая (33%) [51]. Более длительное время МР-исследования не дает возможности функциональных проб, поэтому сохраняется преимущество УЗ-сканирования перед МР-венографией с возможностью выполнения пробы Вальсальвы для дифференциальной диагностики стеноза и гипоплазии ВЯВ [14]. Наиболее важными в этом исследовании корреляциями стали средние по силе обратные взаимные связи для значений площади пораженной ВЯВ выше / ниже уровня стеноза по отношению к значениям ВАШ головной боли ( $r=-0,58$ ), а также значений суммы клинических синдромов к значениям МР-сигнала пораженной ВЯВ выше / ниже стеноза ( $r=-0,63$ ) [14].

При использовании фазо-контрастной МР-ангиографии были получены данные объемного кровотока по ВЯВ в норме: слева меньше ( $4,19 \pm 0,74$  мл/с), а справа больше ( $5,53 \pm 0,97$  мл/с) [58]. Данная асимметрия нормального кровотока по ВЯВ обусловлена различиями в форме брахиоцефального венозного угла [2]. Именно с использованием МР-ангиографии было определено, что наиболее часто (в 30% случаев) значительно более гидродинамически «удобной» для потока является правая сторона при наиболее асимметричном (мю)-типе брахиоцефального венозного угла, в чуть менее асимметричном виде гамма-типа угла (у 60% здоровых людей) асимметрия не столь выражена, и только в 10% популяции угол симметричен и условия кровотока равны справа и слева [2]. При достижении порогового зна-

чения стеноза ВЯВ >70–80% при МР-венографии можно оценить ремоделирование всей венозной сети шеи с расширением и увеличением интенсивности МР-сигнала кровотока и контралатеральной вены, и позвоночных вен и сплетений, а также спинномозговых эпидуральных вен, наружных и передних яремных вен, задних шейных и подкожных вен), появление анастомозов и шунтов между венами, дренирующими интра- и экстракраниальную венозную кровь. Однако нет работ, доказывающих корреляции между стенотическим поражением ВЯВ и расширением параспинальных коллатеральных вен [59]. МР-венография позволила подвергнуть сомнению [14] предположение, что ПВ играют роль «предохранительного клапана», открывающегося для предупреждения венозного застоя в голове в последнюю очередь или только в клиностазе [54, 55, 56], потому что визуализация ПВ в положении лежа, положении только и возможном при МР-исследовании, регистрируется практически во всех случаях, включая здоровых людей.

**Компьютерно-томографическая (КТ-) венография вен шеи.** Хотя доступная литература относительно диагностической эффективности методов КТ-венографии в отношении патологии экстракраниальных шейных вен немногочисленна, не содержит сведений, касающихся бы чувствительности и специфичности при стенозе ВЯВ, однако демонстрирует те же преимущества, что и МР-венография, но без потери контраста между контрастированным руслом сосудов и стационарными тканями из-за низкой скорости потока как при МРТ [3], что делает ее более точной. Так, в одном из последних исследований, первоначальное подозрение на выраженный стеноз по результатам МР-венографии, после выполнения КТ-венографии не подтверждалось – стеноз оказывался незначительным, а средний коэффициент корреляции между обоими методами лишь средним –  $r=0,477$  ( $p=0,003$ ) [39]. В случаях спондилотического синдрома КТ-венография в большей степени точна и предпочтительна, чем МР-венография из-за лучшей визуализации костных структур (позвонков и шиловидных отростков височных костей черепа), компримирующих ВЯВ [60], и чем УЗИ из-за того, что дистальный сегмент ВЯВ J3 недоступен для УЗ-исследования. В отличие от МР-венографии, КТ-венография позволяет визуализировать состояние непарной вены, что является важным компонентом для диагностики хронической цереброспинальной венозной недостаточности [1]. Сведений о чувствительности и специфичности КТ-венографии при стенотических поражениях ВЯВ не найдено. Сравнительным недостатком КТ-венографии является необходимость в использовании довольно большого количества йодсодержащего контрастного средства и лучевой нагрузке при сканировании [2].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение количества публикаций о компрессионном стенозе внутренних яремных вен, связи с изолированной внутричерепной гипертензией и хирургических способах восстановления нарушенного кровотока показывают важность этой проблемы. При обзоре литературы можно прийти к итоговому заключению о пороге гемодинамической значимости для развития внутричерепного венозного застоя стеноз одной из внутренних яремных вен >70-80%. Обсуждаются различные методы диагностики этих состояний, связанных с минимально или умеренно выраженными клиническими проявлениями венозного застоя. Выводы экспертов, занимающихся решением этой проблемы говорят о предпочтительном использовании неинвазивного тандема бесконтрастных методик ультразвукового и магнитно-резонансного сканирования. Включение в рутинный протокол УЗИ экстракраниальных сосудов

сканирования внутренних яремных вен расширит спектр и полноту диагностики сосудистых нарушений на уровне шеи. Использование калькулятора венозно-артериального баланса (ВАБ) (в Telegram по ссылке <https://t.me/VABCalculatorBot>), чувствительность и специфичность которого при стенозе ВЯВ  $\geq 70\%$  определены как 89,7% и 67,9% может стать дополнительным инструментом диагностики внутричерепной венозной гипертензии при нарушениях оттока крови по ВЯВ при значениях суммарного ВАБ меньше 40%. При значениях ВАБ в диапазоне от 40% до 59% с умеренным нарушением оттока по ВЯВ состояние можно оценить как «Риск венозного застоя», которое может клинически проявиться или не проявиться при достаточном полномочном ремоделировании венозной сети шеи, включающем расширение яремных и внеяремных путей оттока венозной крови от головного мозга.

## Литература [References]

- 1 Zhou D., Meng R., Zhang X., et al. Intracranial hypertension induced by internal jugular vein stenosis can be resolved by stenting. *Eur J Neurol*. 2018;25(2):365-e13. <https://doi.org/10.1111/ene.13512>
- 2 Семенов С.Е., Бондарчук Д.В., Коков А.Н., Шатохина М.Г. Индикаторы нетромботических нарушений церебрального венозного дренажа по экстракраниальным венам. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2024;44(1):76-87. Semenov S.E., Bondarchuk D.V., Kokov A.N., Shatokhina M.G. Indicators of non-thrombotic disorders of cerebral venous drainage through extracranial veins. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2024;44(1):76-87. (In Russ.). <https://doi.org/10.18699/SSMJ20240108>
- 3 Семенов С.Е., Шатохина М.Г., Бондарчук Д.В., Молдавская И.В. К проблеме диагностики начальных проявлений недостаточности венозного церебрального кровообращения. *Клиническая физиология кровообращения*. 2022;19(3):266-279. Semenov S.E., Shatokhina M.G., Bondarchuk D.V., Moldavskaya I.V. On the problem of diagnostics of initial manifestations of cerebral venous circulation insufficiency. *Clinical physiology of blood circulation*. 2022;19(3):266-279. (In Russ.). [https://doi.org/10.24022/1814-6910-2022\\_1](https://doi.org/10.24022/1814-6910-2022_1)
- 4 Корнеева Н.В., Ловрикова М.А., Жмеренецкий К.В. Методология оценки венозного оттока при проведении ультразвукового сканирования брахиоцефальных сосудов: состояние проблемы. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024;23(6):3913. Korneeva N.V., Lovrikova M.A., Zhmerenetsky K.V. Methodology for assessing venous outflow during ultrasound scanning of the brachiocephalic vessels: state of the problem. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(6):3913. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-3913>
- 5 Бердичевский М.Я. Венозная дисциркуляторная патология головного мозга. М.: Медицина. 1989:224. Berdichevsky M.Ya. Venous cerebrovascular pathology. Moscow: Medicine. 1989:224. (In Russ.).
- 6 Бабенков Н.В. Расстройства венозного кровообращения головного мозга: патогенез, клиническая картина, причины, диагностика (обзор литературы). *Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1984;84(2):281-288. Babenkov N.V. Disorders of venous circulation of the brain: pathogenesis, clinical picture, causes, diagnostics (review). *Journal of Neuropathology and Psychiatry n.a. S.S. Korsakov*. 1984;84(2):281-288. (In Russ.).
- 7 Вейн Б.Н., Спектор С.М. Бетолепсия у пациентов с множественным поражением крупных церебральных сосудов. *Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1991;91(6):19-22. Wayne B.N., Spektor S.M. Betolepsy in patients with multiple lesions of large cerebral vessels. *Journal of Neuropathology and Psychiatry named after S.S. Korsakov*. 1991;91(6):19-22. (In Russ.).
- 8 Чуканова Е.И., Мамаева Х.И., Чуканова А.С. Лечение хронической церебральной венозной недостаточности: изучение влияния L-лизина эсцината. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2016;116(7):37-41. Chukanova E.I., Mamaeva H.I., Chukanova A.S. Treatment of chronic cerebral venous insufficiency: study of the effect of L-lysine aescinate. *Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov*. 2016;116(7):37-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/jnevro20161167137-41>
- 9 Скоромец А.А. Справочник врача-невролога / под ред. А. А. Скоромец. М.: МЕДпресс-информ. 2008:74-76. Skoromets A.A. Handbook of a neurologist / edited by A.A. Skoromets. Moscow: MEDpress-inform. 2008:74-76. (In Russ.).
- 10 Верулашвили И., Берая М., Кортушвили М. Особенности церебральной венозной гемодинамики при хронических нарушениях мозгового кровообращения. *Эффективная фармакотерапия*. 2018;24:88-92. Verulashvili I., Beraya M., Kortushvili M. Features of cerebral venous hemodynamics in chronic cerebral circulatory disorders. *Effective pharmacotherapy*. 2018;24:88-92. (In Russ.).
- 11 Шмидт Е.В. Сосудистые заболевания нервной системы. М.: Медицина. 1975:11-100, 437-451. Schmidt E.V. Vascular diseases of the nervous system. Moscow: Medicine. 1975:11-100, 437-451. (In Russ.).
- 12 Назарова Ж.А., Бахардинов М.М. Особенности венозной церебральной гемодинамики при острых нарушениях мозгового кровообращения. *Вестник экстренной медицины*. 2019;12(6):35-41. Nazarova Zh.A., Bakhardinov M.M. Features of venous cerebral hemodynamics in acute cerebrovascular accidents. *Bulletin of Emergency Medicine*. 2019;12(6):35-41. (In Russ.).
- 13 Алексеев В.В., Шехтер А.И., Скоробогатых К.В., Шашкова Е.В. Головные боли при интракраниальной венозной дисфункции. *Боль*. 2008;20(3):15-21. Alekseev V.V., Shekhter A.I., Skorobogatikh K.V., Shashkova E.V. Headaches in intracranial venous dysfunction. *Pain*. 2008;20(3):15-21. (In Russ.).
- 14 Семенов С.Е., Бондарчук Д.В., Малков И.Н., Шатохина М.Г. Ремоделирование вен шеи и венозно-артериальный баланс при наружном компрессионном стенозе и гипоплазии внутренних яремных вен. *Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал имени академика А.В. Покровского*. 2024;30(4):18-31. Semenov S.E., Bondarchuk D.V., Malkov I.N., Shatokhina M.G. Remodeling of the neck veins and venous-arterial balance in external compression stenosis and hypoplasia of the internal jugular veins. *Angiology and vascular surgery. Journal named after Academician A.V. Pokrovsky*. 2024;30(4):18-31. (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/1027-6661-2024-30-4-18-31>
- 15 Семенов С.Е., Бондарчук Д.В., Малков И.Н., Шатохина М.Г. Ремоделирование экстракраниальных вен и венозно-артериальный дисбаланс при наружном стенозе и гипоплазии внутренних яремных вен. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2024;44(1):61-75. Semenov S.E.,

- Bondarchuk D.V., Malkov I.N., Shatokhina M.G. Remodeling of extracranial veins and venous-arterial imbalance in external stenosis and hypoplasia of the internal jugular veins. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2024;44(1):61-75. (In Russ.). <https://doi.org/10.18699/SSMJ20240107>
- 16 Семенов С.Е., Бондарчук Д.В., Малков И.Н., Шатохина М.Г. Ультразвуковая и магнитно-резонансная семиотика компрессий и гипоплазии внутренних яремных вен. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2023;12(1):72-83. Semenov S.E., Bondarchuk D.V., Malkov I.N., Shatokhina M.G. Ultrasound and magnetic resonance semiotics of compression and hypoplasia of the internal jugular veins. *Complex problems of cardiovascular diseases*. 2023;12(1):72-83. (In Russ.). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2023-12-1-72-83>
  - 17 Bateman A.R., Bateman G.A., Barber T. The relationship between cerebral blood flow and venous sinus pressure: can hyperemia induce idiopathic intracranial hypertension? *Fluids Barriers CNS*. 2021;18(1):5. <https://doi.org/10.1186/s12987-021-00239-2>
  - 18 Fargen K.M., Midtlien J.P., Margraf C. et al. Dynamic internal jugular vein venography: a descriptive study in 89 patients with suspected cerebral venous outflow disorders. *J Neurointerv Surg*. 2025. Jan 25;jnis-2024-021734. <https://doi.org/10.1136/jnis-2024-021734>
  - 19 Fargen K.M., Midtlien J.P., Margraf C.R., Hui F.K. Idiopathic intracranial hypertension pathogenesis: The jugular hypothesis. *Interventional Neuroradiology*. 2024. Aug 8;15910199241270660. <https://doi.org/10.1177/15910199241270660>
  - 20 Шумилина М.В. Ультразвуковая оценка значимости сосудистой патологии при головных болях «неясного происхождения»: лекция. *Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал имени академика А. В. Покровского*. 2022;28(3):15-22. Shumilina M.V. Ultrasound assessment of the significance of vascular pathology in headaches of "unclear origin": lecture. *Angiology and vascular surgery. Journal n.a. Academician A.V. Pokrovsky*. 2022;28(3):15-22 (In Russ.). <https://doi.org/https://doi.org/10.33029/1027-6661-2022-28-3-15-22>
  - 21 Шумилина М.В. Ультразвуковые исследования при головных болях у пациентов с сердечно-сосудистой патологией: учебно-методическое руководство. М.: издательство ФГБУ НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева. 2022:78. Shumilina M.V. Ultrasound examinations for headaches in patients with cardiovascular pathology: a teaching guide. Moscow, publishing house of the Federal State Budgetary Institution A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery. 2022:78. (In Russ.).
  - 22 Куликов В.П. Основы ультразвукового исследования сосудов. М.: Издательский дом Видар-М. 2015:392. Kulikov V.P. Fundamentals of ultrasound examination of vessels. Moscow: Publishing house Vidar-M. 2015:392. (In Russ.).
  - 23 Ahn S.S., Miller T.J., Chen S.W., Chen J.F. Internal jugular vein stenosis is common in patients presenting with neurogenic thoracic outlet syndrome. *Ann Vasc Surg*. 2014;28:946-950.
  - 24 Шумилина М.В., Щаницын И.Н., Колесник Д.И. Новые формы сосудистой патологии: шило-каротидный, подъязычно-каротидный, щитокаротидный и шиловяремный синдромы (сосудистый синдром Игла). *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2020;3:96-106. Shumilina M.V., Shchanytsyn I.N., Kolesnik D.I. New forms of vascular pathology: styloid-carotid, sublingual-carotid, thyroid-carotid and styloid-jugular syndromes (Eagle's vascular syndrome). *Complex problems of cardiovascular diseases*. 2020;3:96-106. (In Russ.).
  - 25 Ding J.Y., Zhou D., Pan L.Q., et al. Cervical spondylotic internal jugular venous compression syndrome. *CNS Neurosci Ther*. 2020;26(1):47-54. <https://doi.org/10.1111/cns.13148>
  - 26 Li M., Sun Y., Chan C.C., et al. Internal jugular vein stenosis associated with elongated styloid process: five case reports and literature review. *BMC Neurol*. 2019;19(1):112. <https://doi.org/10.1186/s12883-019-1344-0>
  - 27 Rashid A., Iqar S.A., Rashid A., Simka M. Results of Numerical Modeling of Blood Flow in the Internal Jugular Vein Exhibiting Different Types of Strictures. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(11):2862. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12112862>
  - 28 Dashti S.R., Nakaji P., Hu Y. C., et al. Styloidogenic jugular venous compression syndrome: diagnosis and treatment: case report. *Neurosurgery*. 2012;70:E795-E799
  - 29 Tadjer J., Béjot Y. Vascular variant of Eagle syndrome: a review. *Front Neurol*. 2024;15:1463275. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1463275>
  - 30 Oushy S., Wald J.T., Janus J., et al. Dynamic Internal Jugular Vein Compression by Hypertrophic Hyoid Bone: Management and Outcomes. *Cureus*. 2020;12(3):e7445. <https://doi.org/10.7759/cureus.7445>
  - 31 Clausen T.M., Fargen K.M., Primiani C. T., et al. Post-acute sequelae of COVID infection and cerebral venous outflow disorders: Overlapping symptoms and mechanisms? *Interv Neuroradiol*. 2024. Sep 2;15910199241273946. <https://doi.org/10.1177/15910199241273946>
  - 32 İlhan Z., Açıkgozoğlu S., Demir O. Associations Between Doppler Internal Jugular Vein Blood Flow and Transverse Sinus Stasis Detected by Magnetic Resonance Imaging. *J Ultrasound Med*. 2021;40(8):1591-1601. <https://doi.org/10.1002/jum.15541>
  - 33 Шумилина М.В., Спиридонов А.А., Бузиашвили Ю.И. и др. Дисбаланс венозного церебрального кровообращения в генезе энцефалопатий у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. *Анналы хирургии*. 2001;4:62-67. Shumilina M.V., Spiridonov A.A., Buziashvili Yu.I. et al. Imbalance of venous cerebral circulation in the genesis of encephalopathy in patients with cardiovascular diseases. *Annals of Surgery*. 2001;4:62-67. (In Russ.).
  - 34 Носенко Е.М., Носенко Н.С., Дадова Л.В. Дуплексное сканирование внечерепных отделов брахиоцефальных артерий и вен: учебное пособие. М.: Издательский дом Видар-М. 2022:398. Nosenko E.M., Nosenko N.S., Dadova L.V. Duplex scanning of extracranial parts of the brachiocephalic arteries and veins: a tutorial. Moscow: Publishing house Vidar-M. 2022:398. (In Russ.).
  - 35 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. Shumilina M.V., Kolesnik D.I. Effect of orthostatic test (or verticalization) on blood flow in the internal jugular and vertebral veins. *Complex problems of cardiovascular diseases*. 2023;12(1):39-48. (In Russ.). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2023-12-1-39-48>
  - 36 Han K., Chao A.C., Chang F.C. et al. Obstruction of Venous Drainage Linked to Transient Global Amnesia. *PLoS One*. 2015;10(7):e0132893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132893>
  - 37 Bateman G.A., Yap S.L., Subramanian G.M., Bateman A.R. The incidence of significant venous sinus stenosis and cerebral hyperemia in childhood hydrocephalus: prognostic value with regards to differentiating active from compensated disease. *Fluids Barriers CNS*. 2020;17(1):33. <https://doi.org/10.1186/s12987-020-00194-4>
  - 38 Manupipatpong S., Primiani C.T., Fargen K.M., et al. Jugular venous narrowing and spontaneous spinal cerebrospinal fluid leaks: A case-control study exploring association and proposed mechanism. *Interv Neuroradiol*. 2024;30(6):812-818. <https://doi.org/10.1177/15910199241287417>
  - 39 Abdalkader M., Miller M., Klein P., et al. Differential Assessment of Internal Jugular Vein Stenosis in Patients Undergoing CT and MRI with Contrast. *Tomography*. 2024;10(2):266-276. <https://doi.org/10.3390/tomography10020021>
  - 40 Bateman G.A., Stevens S.A., Stimpson J. A mathematical model of idiopathic intracranial hypertension incorporating increased arterial inflow and variable venous outflow collapsibility. *J Neurosurg*. 2009;110(3):446-456. <https://doi.org/10.3171/2008.6.17609>
  - 41 Smolock E., Berk C.B. Ed. Hill J.A., Olson E.N. Vascular Smooth Muscle Cell Remodeling in Atherosclerosis and Restenosis. Chapter 98. *Muscle, Academic Press*. 2012:1301-1309. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381510-1.00098-3>
  - 42 Хатчисон С.Д., Холмс К.К. Ультразвуковая диагностика в ангиологии и сосудистой хирургии; пер. с англ.; под ред. Кириенко А.И., Чурикова Д. А. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2023:400. Hutchison S.D., Holmes K.K. Ultrasound diagnostics in angiology and vascular surgery; trans. from English; edited by Kiriienko A.I., Churikov D.A. M.: GEOTAR-Media. 2023:400. (In Russ.).
  - 43 Doepp F., Schreiber S.J., von Münster T., et al. How does the blood leave the brain? A systematic ultrasound analysis of cerebral venous drainage patterns. *Neuroradiology*. 2004;46(7):565-570. <https://doi.org/10.1007/s00234-004-1213-3>
  - 44 Tanoue S., Kiyosue H., Sagara Y., et al. Venous structures at the craniocervical junction: anatomical variations evaluated by multidetector row CT. *Br J Radiol*. 2010;83:831-840.

- 45 Schaller B. Physiology of cerebral venous blood flow: from experimental data in animals to normal function in humans. *Brain Res Brain Res Rev.* 2004;46:243-260. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2004.04.005>
- 46 Беков Д.Б. Атлас венозной системы головного мозга человека. М.: Медицина. 1965:358. Bekov D.B. Atlas of the venous system of the human brain. Moscow: Medicine. 1965:358. (In Russ.)
- 47 Thibault P., Lewis W., Niblett S. Objective duplex ultrasound evaluation of the extracranial circulation in multiple sclerosis patients undergoing venoplasty of internal jugular vein stenoses: a pilot study. *Phlebology.* 2015;30 (2):98-104. <https://doi.org/10.1177/0268355513515473>
- 48 Dolic K., Siddiqui A.H., Karmon Y., et al. The role of noninvasive and invasive diagnostic imaging techniques for detection of extracranial venous system anomalies and developmental variants. *BMC Med.* 2013;11:155. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-155>
- 49 Gadda G., Taibi A., Sisini F., et al. Validation of a hemodynamic model for the study of the cerebral venous outflow system using MR imaging and echo-color doppler data. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2016;37:2100-2109. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4860>
- 50 Marr K., Jakimovski D., Mancini M., et al. Jugular Venous Flow Quantification Using Doppler Sonography. *Ultrasound Med Biol.* 2018;44 (8):1762-1769. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2018.04.010>
- 51 Zivadinov R., Galeotti R., Hojnacki D., et al. Value of MR venography for detection of internal jugular vein anomalies in multiple sclerosis: a pilot longitudinal study. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011;32 (5) P. 938-946. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2386>
- 52 Wang Z., Ding J., Bai C., et al. Clinical Classification and Collateral Circulation in Chronic Cerebrospinal Venous Insufficiency. *Front. Neurol.* 2020;11:913. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00913>
- 53 Zamboni P., Menegatti E., Cittanti C., et al. Fixing the jugular flow reduces ventricle volume and improves brain perfusion. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2016;4(4):434-445. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2016.06.006>
- 54 Kosugi K., Yamada Y., Yamada M., et al. 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. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73658-0>
- 55 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. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84197-7>
- 56 Буховец И.Л., Максимова А.С., Кузнецов М.С. и др. Венозный отток по внутренним яремным венам при различной степени стеноза внутренних сонных артерий по данным ультразвукового исследования. *Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал имени академика А.В. Покровского.* 2023;29(3):15-23. Bukhovets I.L., Maksimova A.S., Kuznetsov M.S., et al. Venous outflow through the internal jugular veins with varying degrees of stenosis of the internal carotid arteries according to ultrasound data. *Angiology and vascular surgery. Journal n.a. Academician A.V. Pokrovsky.* 2023;29(3):15-23. (In Russ.). <https://doi.org/https://doi.org/10.33029/1027-6661-2023-29-3-15-23>
- 57 Семенов С.Е., Бондарчук Д.В., Шатохина М.Г. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2025617702 «Программа по расчету церебрального венозно-артериального баланса (БАБ) кровотока на экстракраниальном уровне», 27.03.2025. Заявка № 2025616203 от 20.03.2025. Semenov S.E., Bondarchuk D.V., Shatokhina M.G. Certificate of state registration of computer program RU 2025617702 "Program for calculating cerebral venous-arterial balance (VAB) of blood flow at the extracranial level", 03/27/2025. Application No. 2025616203 dated 03/20/2025. (In Russ.)
- 58 Савельева Л.А., Тулупов А.А. Особенности венозного оттока от головного мозга, по данным магнитно-резонансной ангиографии. *Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина.* 2009;7(1):36-40. Savelyeva L.A., Tulupov A.A. Features of venous outflow from the brain, according to magnetic resonance angiography. *Bulletin of NSU. Series: Biology, clinical medicine.* 2009;7(1):36-40. (In Russ.)
- 59 Torres C., Hogan M., Patro S., et al. Extracranial Venous abnormalities: A true pathological finding in patients with multiple sclerosis or an anatomical variant? *Eur Radiol.* 2017;27(1):239-246. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4314-6>
- 60 Jayaraman M.V., Boxerman J.L., Davis L.M., et al. Incidence of extrinsic compression of the internal jugular vein in unselected patients undergoing CT angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2012;33(7):1247-1250. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2953>

**Авторская справка****Шатохина Мария Геннадьевна**

Канд. мед. наук, ассистент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова.  
Вклад автора: подбор и обработка литературных данных, редактирование текста работы.

**Семенов Станислав Евгеньевич**

Д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.  
ORCID 0000-0002-1827-606X  
Вклад автора: разработка концепции исследования.

**Малков Иван Николаевич**

Врач-рентгенолог, Кузбасская областная клиническая больница имени С.В. Беляева.  
ORCID 0000-0001-7943-9937  
Вклад автора: подбор и обработка литературных данных, редактирование текста работы.

**Трубникова Ольга Александровна**

Д-р мед. наук, заведующая лабораторией нейрососудистой патологии отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения, Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.  
ORCID 0000-0001-8260-8033  
Вклад автора: разработка концепции исследования.

**Author's reference****Mariya G. Shatokhina**

Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Radiology and Medical Imaging, Clinic, Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Center.  
Author contributions: literature review and analysis, text editing.

**Stanislav E. Semenov**

Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Scientific Institution, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.  
ORCID 0000-0002-1827-606X  
Author contributions: study concept development.

**Ivan N. Malkov**

Radiologist, S.V. Belyaev Kuzbass Regional Clinical Hospital.  
ORCID 0000-0001-7943-9937  
Author's contribution: collection and processing of literature data, editing of the manuscript.

**Ol'ga A. Trubnikova**

Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Neurovascular Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Scientific Institution, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.  
ORCID 0000-0001-8260-8033  
Author's contribution: development of the study concept.