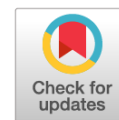


DOI: <https://doi.org/10.17816/DD683673>

EDN: AUSLYD



Ультразвуковая диагностика ротационной компрессии позвоночной артерии: показания, методика проведения, критерии и алгоритм диагностики (согласительный документ российских экспертов)

А.О. Чечёткин¹, Т.В. Балахонова², Т.Н. Енькина³, В.П. Куликов⁴, И.Е. Тимина⁵, Л.Э. Шульгина⁶, М.В. Шумилина⁷

¹ Российский центр неврологии и нейронаук, Москва, Россия;

² Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова, Москва, Россия;

³ Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова, Санкт Петербург, Россия;

⁴ Алтайский государственный медицинский университет, Барнаул, Россия;

⁵ Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского, Москва, Россия;

⁶ Поликлиника № 1 Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия;

⁷ Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Статья представляет консенсус российских экспертов, посвященный ультразвуковой диагностике ротационной компрессии позвоночной артерии. Ротационную экстравазальную компрессию позвоночной артерии встречают в 5–17% случаев. В свою очередь, она является значимой причиной вертебрально-базилярной недостаточности, однако может иметь асимптомное течение. Клинические проявления ротационной компрессии неспецифичны, но обязательно связаны с изменением положения головы и быстро регрессируют после возвращения её в нейтральное положение. Риск развития клинических симптомов повышается в случае, если компрессии подвергается доминантная позвоночная артерия. Наиболее распространённым уровнем её компрессии является третий (V3) сегмент у пациентов молодого и среднего возраста и второй (V2) сегмент у лиц пожилого возраста. Среди причин ротационной компрессии позвоночной артерии различают врождённые аномалии и приобретённые деформации скелета, гипертрофию или спазм мышц шеи, а также сдавление её различными объёмными образованиями на шее.

Вследствие отсутствия единых стандартов и недостаточной осведомлённости врачей о клинических проявлениях ротационной компрессии позвоночной артерии и методах её диагностики часто отмечают гипердиагностику данного состояния.

В работе описаны методика выполнения ультразвукового исследования с применением ротационных проб головы и шеи (исследуемые артерии, используемые датчики, положение пациента и врача, виды ротации головы и шеи), топографо-анатомические ограничения локализации артерий вертебрально-базилярного бассейна в зависимости от ротации головы, критерии оценки полученных результатов (пред-, пост- и компрессионные изменения кровотока). Кроме того, представлен алгоритм диагностики, основные положения, которые необходимо указать в протоколе исследования, а также клинический пример. Авторы подчёркивают важность динамической оценки гемодинамических показателей в сегментах позвоночной артерии, базилярной или задних мозговых артериях для выявления уровня и регионарной значимости компрессии. Предложенный алгоритм позволяет стандартизировать диагностику и снизить риск ошибок в клинической практике.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование позвоночной артерии; ротационная компрессия позвоночной артерии; ротационная вертебрально-базилярная недостаточность; функциональные пробы; алгоритм; консенсус.

Как цитировать:

Чечёткин А.О., Балахонова Т.В., Енькина Т.Н., Куликов В.П., Тимина И.Е., Шульгина Л.Э., Шумилина М.В. Ультразвуковая диагностика ротационной компрессии позвоночной артерии: показания, методика проведения, критерии и алгоритм диагностики (согласительный документ российских экспертов) // Digital Diagnostics. 2025. Т. 6, № 4. С. 571–582. DOI: 10.17816/DD683673 EDN: AUSLYD

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD683673>

EDN: AUSLYD

Diagnostic Ultrasound for Rotational Vertebral Artery Syndrome: Indications, Examination Technique, Diagnostic Criteria, and Algorithm (Russian Expert Consensus)

Andrey O. Chechetkin¹, Tatyana V. Balakhonova², Tatiana N. Enkina³, Vladimir P. Kulikov⁴, Irina E. Timina⁵, Ludmila E. Shulgina⁶, Margarita V. Shumilina⁷

¹ Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia;

² National Medical Research Centre of Cardiology named after Academician E.I. Chazov, Moscow, Russia;

³ North-Western District and Scientific Clinical Center named after L.G. Sokolov, Saint Petersburg, Russia;

⁴ Altai State Medical University, Barnaul, Russia;

⁵ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russia;

⁶ Polyclinic No. 1 of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia;

⁷ National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev, Moscow, Russia

ABSTRACT

This article presents a consensus statement by Russian experts dedicated to the ultrasound diagnosis of rotational vertebral artery syndrome. Rotational extravascular compression of the vertebral artery is reported in 5%–17% of cases. In turn, it represents a substantial cause of vertebrobasilar insufficiency; however, it may also be asymptomatic. Clinical signs of rotational vertebral artery syndrome are non-specific but are invariably associated with changes in head position and rapidly regress after return to the neutral position. The risk of developing clinical symptoms increases when the dominant vertebral artery is compressed. The most common level of compression is the third (V3) segment in young and middle-aged patients and the second (V2) segment in older individuals. The causes of rotational vertebral artery syndrome include congenital anomalies and acquired skeletal deformities, hypertrophy or spasm of the cervical muscles, and external compression by various space-occupying lesions of the neck.

The absence of unified standards and insufficient awareness among clinicians regarding the clinical signs and diagnostic approaches for rotational vertebral artery syndrome often result in overdiagnosis of this medical condition.

The paper describes the ultrasound examination technique using rotational head and neck maneuvers (including the arteries assessed, transducers employed, patient and examiner positioning, and types of head and neck rotation). Topographic and anatomical limitations of visualizing arteries of the vertebrobasilar circulation depending on head rotation are discussed, along with criteria for interpreting the results (including pre-compression, compression, and post-compression blood flow changes). In addition, a diagnostic algorithm is presented, outlining key elements that should be included in the examination report, as well as a clinical case example. The authors emphasize the importance of the follow-up hemodynamic assessment of segments of the vertebral artery, basilar artery, or posterior cerebral arteries to identify the level and regional significance of the compression. The proposed algorithm enables standardization of diagnostic approaches and reduces the risk of errors in clinical practice.

Keywords: vertebral artery ultrasound; rotational vertebral artery syndrome; rotational vertebrobasilar insufficiency; functional tests; algorithm; consensus.

To cite this article:

Chechetkin AO, Balakhonova TV, Enkina TN, Kulikov VP, Timina IE, Shulgina LE, Shumilina MV. Diagnostic Ultrasound for Rotational Vertebral Artery Syndrome: Indications, Examination Technique, Diagnostic Criteria, and Algorithm (Russian Expert Consensus). *Digital Diagnostics*. 2025;6(4):571–582. DOI: 10.17816/DD683673 EDN: AUSLYD

Submitted: 10.06.2025

Accepted: 09.10.2025

Published online: 02.12.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD683673>

EDN: AUSLYD

椎动脉旋转性压迫的超声诊断：适应证、检查方法、诊断标准与算法（俄罗斯专家共识文件）

Andrey O. Chechetkin¹, Tatyana V. Balakhonova², Tatiana N. Enkina³, Vladimir P. Kulikov⁴,
Irina E. Timina⁵, Ludmila E. Shulgina⁶, Margarita V. Shumilina⁷

¹ Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia;

² National Medical Research Centre of Cardiology named after Academician E.I. Chazov, Moscow, Russia;

³ North-Western District and Scientific Clinical Center named after L.G. Sokolov, Saint Petersburg, Russia;

⁴ Altai State Medical University, Barnaul, Russia;

⁵ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russia;

⁶ Polyclinic No. 1 of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia;

⁷ National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev, Moscow, Russia

摘要

本文为俄罗斯专家就椎动脉旋转性压迫的超声诊断所形成的共识文件。椎动脉旋转性血管外压迫的发生率为5 - 17%。该病变是椎-基底动脉供血不足的重要原因之一，但亦可呈无症状经过。其临床表现缺乏特异性，但必然与头部位置改变相关，并在头部恢复至中立位后迅速缓解。当受压血管为优势椎动脉时，发生临床症状的风险显著增加。最常见的受压水平为：青年及中年患者以第三段（V3）为主，老年患者多见于第二段（V2）。椎动脉旋转性压迫的病因包括先天性骨骼异常、获得性骨骼畸形、颈部肌肉肥厚或痉挛，以及颈部各种占位性病变对血管的压迫。

由于缺乏统一的诊断标准，且临床医师对椎动脉旋转性压迫的临床表现及其诊断方法认识不足，临床实践中常出现该状态的过度诊断。

本文阐述了在应用头颈部旋转试验条件下进行超声检查的方法学（包括受检动脉、所使用的探头、患者与检查者的体位以及头部与颈部的旋转方式），并描述了在不同头位旋转情况下椎-基底动脉系统血管可视化的拓扑解剖学限制，以及所得结果的评估标准（压迫前、压迫后及压迫期的血流变化）。此外，文中提出了诊断算法，并明确了检查报告中需要注明的主要内容，同时提供了临床病例。作者强调，应对椎动脉各段、基底动脉或后脑动脉的血流动力学参数进行动态评估，以明确压迫的部位及其区域性血流学意义。所提出的算法有助于规范椎动脉旋转性压迫的超声诊断，并降低临床实践中的诊断错误风险。

关键词：椎动脉超声检查；椎动脉旋转性压迫；旋转性椎-基底动脉供血不足；功能性试验；算法；专家共识。

引用本文：

Chechetkin AO, Balakhonova TV, Enkina TN, Kulikov VP, Timina IE, Shulgina LE, Shumilina MV. 椎动脉旋转性压迫的超声诊断：适应证、检查方法、诊断标准与算法（俄罗斯专家共识文件）. *Digital Diagnostics*. 2025;6(4):571-582. DOI: 10.17816/DD683673 EDN: AUSLYD

收到: 10.06.2025

接受: 09.10.2025

发布日期: 02.12.2025

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность диагностики ротационной компрессии позвоночной артерии (ПА) обусловлена востребованностью среди врачей-неврологов ультразвукового исследования (УЗИ) с проведением проб с поворотами головы, от правильного выполнения которых и грамотной интерпретации полученных результатов зависит дальнейшая тактика ведения пациентов.

Синдром ротационной компрессии (СРК) ПА (англ. Rotational Vertebral Artery Compression) является одной из причин развития вертебрально-базиллярной недостаточности (ВБН) и характеризуется её транзиторным, обратимым и динамическим механическим сдавливанием (до степени гемодинамически значимого стеноза или окклюзии) экстравазальными структурами на атлантаксиальном или субаксиальном уровне во время вращения шеи и головой. СРК в зарубежной литературе широко известен как Bow Hunter's Syndrome («синдром охотника с луком» или «синдром лучника») [1–3].

СРК считают редкой патологией, и обычно данный диагноз устанавливают после возникновения клинических эпизодов ишемии в вертебрально-базиллярном бассейне (ВББ), связанных с поворотами или разгибанием головы, или при обнаружении диссекции ПА [4]. По данным литературы, частота встречаемости СРК варьирует от 5 до 17% как среди пациентов, имеющих симптомы ВБН при изменении положения головы, так и среди клинически асимптомных лиц [3, 5, 6].

В российской клинической практике мы нередко сталкиваемся с гипердиагностикой экстравазальной компрессии ПА, вызываемой движениями головы и шеи. Это обусловлено неверной интерпретацией жалоб пациента, отсутствием специфической клинической картины, единых диагностических критериев и низкой осведомлённостью врачей об альтернативных диагнозах. СРК ПА часто именуют синдромом ПА или синдромом вертеброгенной компрессии ПА и считают распространённой причиной не только острой, но и хронической ВБН [7]. Термин синдром ПА в определённой степени является собирательным понятием и объединяет многообразный комплекс церебральных, сосудистых, вегетативных синдромов, возникающих вследствие сужения просвета, деформации стенки сосуда и раздражения вегетативного сплетения ПА [8].

Риск развития симптомов ВБН при СРК повышается в случае, если компрессии подвергается доминантная ПА, в то время как контралатеральная — сужена (например, гипоплазирована или стенозирована) или окклюзирована [1]. Компрессия ПА нередко протекает асимптомно, поскольку кровоснабжение структур задней черепной ямки поддерживается системой коллатеральных путей, включающих:

- контралатеральную ПА;
- задние соединительные артерии при их функциональной состоятельности;

- Р1 сегменты (от деления базилярной артерии до задней соединительной артерии) задних мозговых артерий (ЗМА).

Эти пути могут немедленно компенсировать внезапное прекращение кровотока по одной или обеим ПА [9].

Экстравазальная компрессия ПА может возникнуть на любом уровне экстракраниального отдела. По данным литературы, наиболее распространённым анатомическим местом ротационной компрессии является уровень от II шейного (СII) позвонка и выше [1, 3]. Это обусловлено ведущей ролью атлантозатылочного сустава в обеспечении вращательных движений головы и шеи при относительной неподвижности ПА в области её выхода из позвоночного канала на уровне СII и входа в атлантозатылочную мембрану. Такие анатомические особенности делают ПА наиболее склонной к стенозу/окклюзии или травме в этом месте. Пережатие ПА происходит в результате её чрезмерного натяжения и сужения при повороте головы в контралатеральную сторону [10]. Согласно данным других авторов, компрессию ПА чаще встречают в первых двух сегментах ПА, она обусловлена воздействием какой-либо экстравазальной структуры (обычно при нейродегенеративных заболеваниях позвоночника) [5, 11]. Данный вид компрессии ПА ассоциирован с поворотом головы в ипсилатеральную сторону.

Причины, вызывающие экстравазальную компрессию ПА, можно разделить на четыре группы [1–3, 11]:

- *врождённые аномалии скелета* (например, костная шпора, аномалия Киммерле, аномалии зубовидного отростка, гипертрофированная или оссифицированная атлантозатылочная мембрана, дуральная складка в большом затылочном отверстии, синдром Клиппеля–Фейля, аномалии поперечного отростка, ротаторный атлантоосевой подвывих, атлантаксиальная нестабильность);
- *приобретённые деформации скелета* (например, остеофиты, спондилолистез, латеральные грыжи дисков, экзостоз, гипертрофия фасеточных и унковертебральных суставов, остеохондрома и др.);
- *случаи гипертрофии или спазма мышц шеи* (передней лестничной мышцы, длинной мышцы шеи, нижней косой мышцы шеи);
- *сдавления различными объёмными образованиями* (например, опухоль, травма, щитовидный хрящ, шейные симпатические узлы и др.).

На сегодняшний день отсутствуют единые рекомендации по алгоритму выявления СРК ПА, поэтому большинство авторов используют различные критерии и методы обследования пациентов. По мнению многих авторов «золотым стандартом» диагностики компрессии считают динамическую церебральную ангиографию, чётко показывающую дефект заполнения ПА при ротации головы [1–3, 7, 12], а последующие компьютерная томография и/или магнитно-резонансная томография шейного отдела позвоночника с прицельным срезом на уровне компрессии

могут помочь определить патогенез сдавления артерии [12]. Однако на этапе диагностического скрининга по информативности, доступности, неинвазивности и цене оптимальным методом является УЗИ [1, 2, 7, 12].

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ С РОТАЦИОННЫМИ ПРОБАМИ ГОЛОВЫ И ШЕИ

Уникальность УЗИ состоит в возможности динамического наблюдения за изменениями гемодинамических показателей при проведении ротационных проб в режиме реального времени. Исследование необходимо выполнять по назначению врача-невролога в дополнение к исследованию брахиоцефальных артерий с обязательным выделением дополнительного времени.

Исследуемые артерии

Необходимо исследовать ПА, базилярную артерию (БА) и ЗМА. Уровень и степень возможной компрессии ПА определяют по выявлению прямых и косвенных доплерографических признаков на уровне первого, второго, третьего и четвертого (V1–V4) сегментов. Регионарную значимость компрессии ПА необходимо оценивать по изменению скоростных показателей кровотока в БА и ЗМА.

Вид ультразвукового исследования и датчиков

Для оценки ПА на экстракраниальном уровне (V1–V3 сегменты) необходимо использовать линейный датчик для периферических сосудов (частота 3–12 МГц). С целью оценки ПА в V3 сегменте и проксимальной части V1 при необходимости возможно использовать микроконвексный (частота 3–8 МГц) и конвексный (частота 2–5 МГц) датчики.

Для исследования ПА в V4 сегменте, БА и ЗМА необходимо использовать секторный фазированный датчик (частота 2–5 МГц) при транскраниальном дуплексном сканировании и импульсно-волновой (частота 2 МГц) датчик при транскраниальной доплерографии.

Положение пациента и врача

Исследование артерий ВББ можно проводить в трёх положениях пациента:

- лёжа на спине (оценка ПА в V1–V3 сегментах и ЗМА);
- лёжа на животе (оценка ПА в V4 сегменте и БА);
- сидя (оценка ПА в V4 сегменте и БА).

Согласно литературным данным при проведении УЗИ с ротационными пробами многие исследователи используют позиции пациента лёжа на спине и сидя [13].

Положение пациента лёжа на спине удобно для врача и обследуемого. В свою очередь, положение пациента лёжа на животе удобно для врача, но представляет определённые неудобства для обследуемого, особенно

для пожилых пациентов и лиц с повышенной массой тела. При транскраниальном исследовании ПА (V4 сегмент) и БА для более ровной горизонтальной позиции головы на кушетке и удобства пациента можно попросить положить кисти (кулаки) рук под лоб и маленькую подушку под грудь. Положение пациента сидя удобно для обследуемого, однако представляет определённые неудобства для врача, поскольку его рука вынужденно находится в напряжении и на весу. Также в некоторых случаях она оказывается практически полностью вытянутой — например, когда пациент сидит спиной на широкой кушетке. Кроме того, пациент может непроизвольно отклоняться при давлении датчиком, что создаёт трудности в стабильной регистрации скоростных показателей кровотока от исследуемых сосудов.

Виды ротации головы и шеи

УЗИ с поворотами головы обычно проводят с поворотами головы в стороны и её сгибанием и разгибанием. L. Kimihira и соавт. [14] предложили использовать комбинированные позиции, включающие повороты головы с одновременным её разгибанием и сгибанием — всего 9 позиций головы: нейтральное положение, сгибание, разгибание, повороты вправо, влево, комбинация поворота головы в сторону с одновременным разгибанием или сгибанием (рис. 1). Кроме того, рекомендовано выполнять исследование в том положении головы, в котором развиваются клинические симптомы ВБН.

Топографо-анатомические ограничения локаций артерий вертебрально-базилярного бассейна при ротации головы

Изолированный поворот в ипсилатеральную сторону исследуемой ПА значительно затрудняет оценку кровотока в V2 сегменте (см. рис. 1, *d*) и делает её практически невозможной при комбинированном (см. рис. 1, *g*) или изолированном наклоне головы вперёд (см. рис. 1, *h*), даже если установить датчик сбоку шеи позади грудиноключично-сосцевидной мышцы.

Позиции, которые связаны с максимальным запрокидыванием головы, затрудняют визуализацию V4 сегмента ПА и делают практически невозможной адекватную визуализацию БА. Это обусловлено жёсткой и достаточно длинной хвостовой частью датчика, которая, упираясь в спину пациента, не позволяет направить ультразвуковой луч под нужным углом в область прохождения БА. Кроме того, сложности в получении сигнала от этих артерий усиливаются вследствие отсутствия визуализации их стенок в В-режиме и необходимости ориентироваться только на изображения в режиме цветового или энергетического доплеровского картирования.

Для транскраниального исследования основным ограничением является отсутствие адекватных височных ультразвуковых окон.



Рис. 1. Позиции головы при ультразвуковом исследовании позвоночных артерий с ротационными пробами: *a* — поворот вправо с разгибанием; *b* — разгибание; *c* — поворот влево с разгибанием; *d* — поворот вправо; *e* — нейтральное положение; *f* — поворот влево; *g* — поворот вправо со сгибанием; *h* — сгибание; *i* — поворот влево со сгибанием. «+» — визуализация оптимальная; «+/-» — визуализация ограниченная; «-» — визуализация невозможна. V1 — первый сегмент позвоночной артерии; V2 — второй сегмент позвоночной артерии; V3 — третий сегмент позвоночной артерии.

Ультразвуковые критерии экстравазальной компрессии позвоночной артерии

Анализ литературных данных показал отсутствие единых ультразвуковых критериев для диагностики экстравазальной компрессии ПА, что сказывается на различии частоты её выявления в различных медицинских диагностических центрах как в нашей стране, так и за рубежом [7]. В литературе сообщают о следующих учитываемых показателях гемодинамики:

- пиковая систолическая скорость (ПСС);
 - конечная диастолическая скорость (КДС);
 - средняя скорость;
 - индексы периферического сопротивления.
- Различают следующие ультразвуковые доплерографические критерии экстравазальной компрессии ПА при ротационных пробах [3, 5, 6, 9, 15–19]:
- *до зоны компрессии (предкомпрессионные или предокклюзионные изменения)* — отсутствие изменений или снижение ПСС, снижение (более выраженное, чем ПСС) или отсутствие КДС, повышение индексов периферического сопротивления;
 - *в зоне компрессии (компрессионные изменения)* — увеличение ПСС $\geq 50\%$ или отсутствие кровотока;
 - *после зоны компрессии (посткомпрессионные изменения)* в V4 сегменте — снижение ПСС $\geq 30\%$ от исходных значений, повышение КДС, снижение индексов периферического сопротивления, турбулентность кровотока (рис. 2).

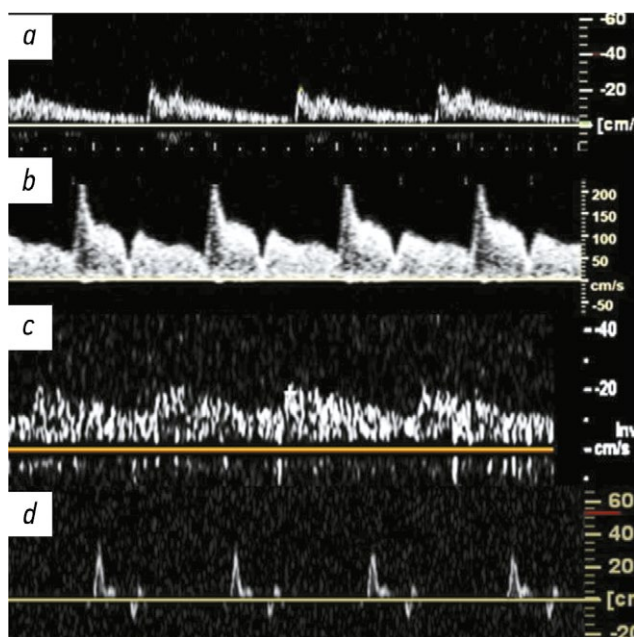


Рис. 2. Паттерны престенотического (a), стенотического (b), постстенотического (c) кровотока и предокклюзионного кровотока (d).

Снижение кровотока с нулевой диастолической скоростью при ротации головы указывает на окклюзию (полное пережатие просвета) ПА выше места исследования (см. рис. 2, d).

Регионарную значимость компрессии ПА при ротационных манёврах головой определяют по снижению скорости кровотока в БА и ЗМА. Тем не менее отсутствуют опубликованные сведения о пограничных значениях снижения ПСС в БА. Установлено, что у пациентов с ротационной

ВБН наблюдают снижение средней скорости кровотока по ЗМА при непрерывном транскраниальном доплерографическом мониторинговании >50% от исходного уровня во время поворотов головы, а при её возвращении в нейтральное положение отмечают реактивную гиперемическую реакцию в виде повышения скорости >10% [12, 20].

Регистрация кровотока в БА при экстравазальной компрессии ПА даёт информацию о компенсаторном участии второй ПА в кровоснабжении ВББ. Регистрация кровотока в P1 сегменте ЗМА предоставляет аналогичную информацию и позволяет судить о кровотоке в БА при невозможности её адекватной локализации (например, при ротациях головы, связанных с её максимальным разгибанием). Регистрация кровотока в P2 сегменте ЗМА (от места отхождения задней соединительной артерии вокруг среднего мозга) даёт информацию о кровоснабжении ВББ (затылочных долей и некоторых других задних областей головного мозга), которое формируется с учётом возможного компенсаторного участия каротидного бассейна через заднюю соединительную артерию.

АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ РОТАЦИОННЫХ ПРОБ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ

Российскими экспертами предлагается алгоритм проведения ротационных проб при УЗИ для выявления уровня и значимости экстравазальной компрессии ПА (рис. 3).

Шаг 1. Пациент в положении лёжа на спине, положение головы — нейтральное. Проводим оценку кровотока в V2 сегменте ПА. Необходимо выбрать участок артерии,



Рис. 3. Схема алгоритма проведения ультразвукового исследования с ротационными пробами.

кровоток по которому регистрируется максимально корректно при нейтральном положении головы и при проведении ротационных проб.

Шаг 2. Пациент в положении лёжа на спине. Проводим оценку кровотока в V2 сегменте в каждой из ПА при ротации головы и шеи:

- поворот вправо + разгибание + сгибание;
- поворот влево + разгибание + сгибание.

При отсутствии изменений гемодинамики в V2 сегменте исследование завершаем. Проба отрицательная. Признаков экстравазального воздействия на ПА не выявлено.

Шаг 3. В зависимости от выявленных изменений кровотока необходимо выполнить несколько последовательных действий.

- При выявлении предкомпрессионных изменений кровотока в V2 сегменте при повороте головы в контралатеральную исследуемой ПА сторону без или с одновременным разгибанием головы проводим оценку кровотока в V3 сегменте ПА в нейтральном положении головы и при манёвре, вызвавшем вышеуказанные изменения кровотока.
- При выявлении предкомпрессионных изменений кровотока при повороте головы в ипсилатеральную сторону без или в сочетании со сгибанием головы проводим оценку кровотока в V2 сегменте выше уровня исследования при том же положении головы. Поскольку при ипсилатеральном повороте головы визуализация всего V2 сегмента ограничена, дополнительно оцениваем кровоток в V4 сегменте в положении пациента лёжа на животе или сидя спиной к врачу.
- При выявлении посткомпрессионных изменений кровотока при повороте головы в ипсилатеральную сторону без или в сочетании со сгибанием головы проводим оценку кровотока в V1 и V2 сегментах ПА ниже уровня исследования до места отхождения от подключичной артерии при том же положении головы.

Шаг 4. При установлении признаков экстравазального воздействия на ПА на любом уровне оцениваем регионарную значимость выявленных изменений кровотока. Отсутствие значимых постстенотических изменений гемодинамических показателей в БА и ЗМА (снижение ПСС менее 50% от значений в нейтральном положении головы) указывает на отсутствие регионарной значимости ротационной компрессии ПА.

Оцениваем кровоток в P1 и P2 сегментах ипсилатеральной ЗМА в положении пациента лёжа на спине при нейтральном положении головы.

Оцениваем кровоток в P1 и P2 сегментах ипсилатеральной ЗМА при положении головы, которое вызывало максимальную компрессию ПА. В случае полной или неполной ипсилатеральной задней трифуркации кровотоки оценивают в контралатеральной ЗМА.

При невозможности получения сигнала от ЗМА регионарную значимость компрессии ПА оценивают по изменениям кровотока в БА в положении пациента лёжа на животе или сидя.

Основные положения протокола ультразвукового исследования и заключения при проведении ротационных проб головы и шеи

Протокол исследования. Описание позвоночной артерии в нейтральном положении головы с указанием диаметра, структурных изменений, уровня входа в костный канал, хода артерии, ПСС и индекса резистентности (ИР).

Описание динамики ПСС и ИР в V2 сегменте при повороте головы вправо и влево, а также при повороте головы в эти стороны в сочетании с разгибанием и сгибанием.

В случае выявления предкомпрессионных изменений ПА в V2 сегменте (см. выше) — описание динамики ПСС и ИР в V3 сегменте или дистальном отделе V2.

При выявлении посткомпрессионных изменений в V2 сегменте (см. выше) — описание динамики ПСС и ИР в V1 сегменте или проксимальном отделе V2.

В случае выявления признаков компрессии ПА на экстракраниальном уровне — описание динамики ПСС и ИР в БА и/или ЗМА.

Заключение. Гемодинамические признаки компрессионного стеноза или окклюзии ПА с указанием положения головы, в котором они возникли, уровня компрессии и регионарной значимости.

Дополнительная информация. Следует указать возникли ли у пациента жалобы в момент проведения ротационных проб.

Форма протокола может быть определена в каждом лечебном учреждении с учётом рекомендаций по методике и интерпретации полученных данных, изложенных в этой статье.

Пример написания протокола ультразвукового исследования

С целью лучшего понимания особенностей диагностики сосудистых нарушений ниже представлен пример описания ультразвуковых изображений (рис. 4) и написания заключения для пациента с экстравазальной ротационной компрессией левой ПА на уровне V3 сегмента.

Протокол исследования. Левая ПА диаметром 3,6 мм. Структурных изменений не выявлено. Входит в костный канал шейных позвонков на уровне CVI. Имеет прямой ход до входа в костный канал и между поперечными отростками шейных позвонков. Показатели скорости кровотока (ПСС в V2 сегменте — 33 см/с) и периферическое сопротивление (ИР=0,63) в пределах нормы (см. рис. 4, а).

При повороте головы вправо в V2 сегменте отмечено снижение ПСС до 27 см/с с повышением периферического сопротивления (ИР=0,72) (см. рис. 4, б), при этом в V3 сегменте (непосредственно над СII позвонком) визуализируется сужение просвета сосуда в режиме цветового доплеровского картирования с эффектом наложения (Aliasing Effect) и локальным повышением ПСС

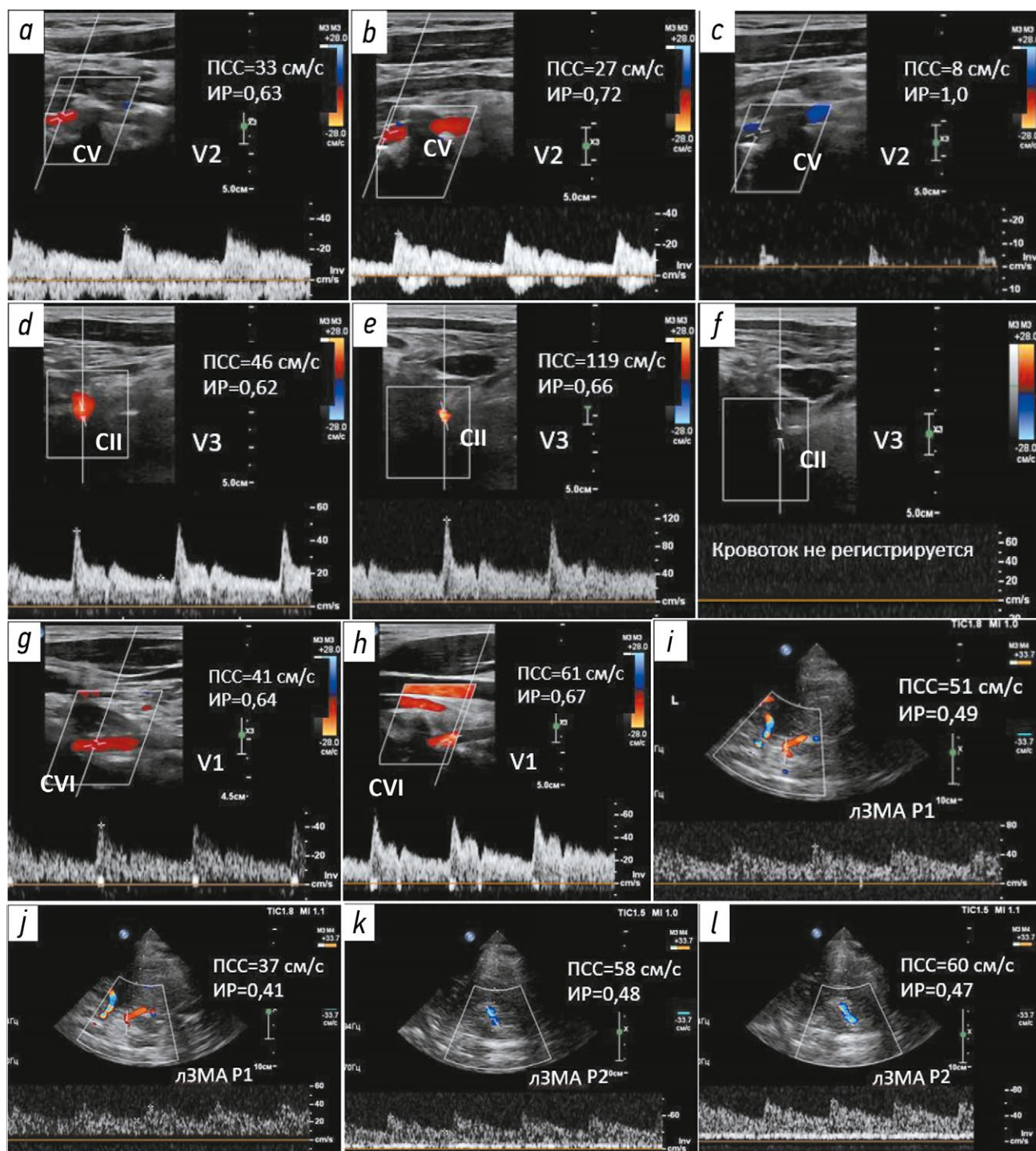


Рис. 4. Регистрация кровотока в артериях вертебрально-базилярного бассейна у пациента с функциональной компрессией левой позвоночной артерии в V3 сегменте. Регистрация кровотока в левой позвоночной артерии: *a* — в V2 сегменте в нейтральном положении головы; *b* — в V2 сегменте при повороте головы вправо; *c* — в V2 сегменте при повороте головы вправо с разгибанием; *d* — в V3 сегменте в нейтральном положении головы; *e* — в V3 сегменте при повороте головы вправо; *f* — в V3 сегменте при повороте головы вправо с разгибанием. Регистрация кровотока в правой позвоночной артерии: *g* — в V1 сегменте в нейтральном положении головы; *h* — в V1 сегменте при повороте головы вправо с разгибанием. Регистрация кровотока в левой задней мозговой артерии: *i* — в P1 сегменте в нейтральном положении головы; *j* — в P1 сегменте при повороте головы вправо с разгибанием; *k* — в P2 сегменте в нейтральном положении головы; *l* — в P2 сегменте при повороте головы вправо с разгибанием; *m* — повышение скорости кровотока в 2 раза в P1 сегменте при компрессии ипсилатеральной общей сонной артерии (жёлтой стрелкой указан момент компрессии). ПСС — пиковая систолическая скорость; ИР — индекс резистентности; лЗМА — левая задняя мозговая артерия.

до 119 см/с (см. рис. 4, e) [в нейтральном положении 46 см/с (см. рис. 4, d)]. При повороте головы вправо с одновременным разгибанием в V2 сегменте регистрируется выраженное снижение ПСС (до 8 см/с), КДС — до 0 см/с, ИР=1,0 (см. рис. 4, c). В этом же положении головы в проксимальной части V3 сегмента кровотока не регистрируется (см. рис. 4, f), а ПСС в контралатеральной правой ПА в V1 сегменте повышается (компенсаторно) по сравнению с нейтральным положением головы — с 41 (см. рис. 4, g) до 61 см/с (см. рис. 4, h).

Технические сложности не позволили оценить динамику кровотока в БА. Регионарную значимость ротационной компрессии левой ПА оценивали по анализу кровотока в левой ЗМА. При повороте головы вправо с одновременным разгибанием в P1 сегменте ЗМА регистрировали снижение ПСС с 51 см/с в нейтральном её положении (см. рис. 4, i) до 37 см/с (см. рис. 4, j) (на 27% при пороговом значении >50%) и ИР с 0,49 до 0,41 соответственно. При этом в P2 сегменте ЗМА не отмечается снижения ПСС и ИР (см. рис. 4, l) по сравнению с показателями в нейтральном положении головы (ПСС — 58 и 60 см/с; ИР — 0,48 и 0,47 соответственно) (см. рис. 4, k). Сохранность гемодинамических показателей в P2 сегменте ЗМА объясняется компенсаторным заполнением кровотока из ипсилатеральной внутренней сонной артерии через левую заднюю соединительную артерию, хорошее функционирование которой выявлено при проведении компрессии ипсилатеральной общей сонной артерии (повышение ПСС в 2 раза в P1 сегменте ЗМА по сравнению с исходным значением) (см. рис. 4, m).

Заключение. Гемодинамические признаки компрессионного стеноза левой ПА в V3 сегменте, возникающие при повороте головы вправо. Гемодинамические признаки компрессионной окклюзии левой ПА в V3 сегменте, возникающие при повороте вправо с одновременным разгибанием головы. Компенсаторное повышение скорости кровотока по правой ПА. Отсутствует регионарная значимость ротационной компрессии левой ПА.

Дополнительная информация. В момент проведения ротационных проб с головой пациент жалоб не предъявлял.

Дополнительные методы исследования и возможные причины компрессии позвоночной артерии

Компрессию левой ПА при ротации головы у пациента подтвердили с помощью компьютерно-томографической ангиографии (рис. 5, a). При проведении данного исследования поворот головы пациента, приводивший к компрессии ПА, устанавливали под контролем УЗИ. Причиной компрессии ПА в V3 сегменте являлся ротационный подвывих CII позвонка (см. рис. 5, b).

Таким образом, у пациента с периодическими головными болями и головокружением выявлена функциональная экстравазальная компрессия левой ПА, приводящая к стенозу в V3 сегменте при повороте головы вправо и к окклюзии — при повороте головы вправо с разгибанием,

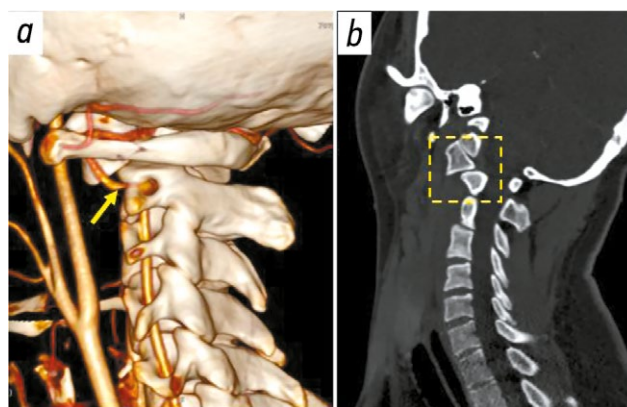


Рис. 5. Результаты функциональной ангиографии (a) левой позвоночной артерии и компьютерной томографии (b) шейного отдела позвоночника: a — субтотальное стенозирование просвета позвоночной артерии над II шейным позвонком (место компрессии указано стрелкой) при повороте головы влево с одновременным её разгибанием; b — ротационный подвывих II шейного позвонка (обозначено пунктирным квадратом).

что подтвердили с помощью данных компьютерно-томографической ангиографии. Отсутствие в момент проведения ротационных проб жалоб пациента и регионарной значимости компрессии левой ПА для ВББ обусловлено компенсаторным повышением скорости кровотока в правой ПА и участием в кровоснабжении левой ЗМА ипсилатеральной внутренней сонной артерии через заднюю соединительную артерию. Причина компрессии левой ПА в V3 сегменте — ротационный подвывих CII позвонка. Пациенту рекомендована повторная консультация невролога для определения дальнейшей тактики лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Клинические проявления ротационной компрессии неспецифичны, однако они должны быть обязательно связаны с изменением положения головы и быстро регрессировать после её возвращения в нейтральное положение. УЗИ ПА с ротационными пробами необходимо выполнять по назначению врача-невролога с выделением дополнительного времени для проведения проб. Следует отметить, что ПА может подвергаться компрессии (от стеноза до окклюзии) на любом участке V1–V3 сегментов. Наиболее распространённым анатомическим местом компрессии является уровень C1–CII позвонков для пациентов молодого и среднего возраста и CII–CVII для лиц пожилого возраста.

По отношению к направлению поворота головы сдавливаемая ПА чаще является контралатеральной в случаях компрессии на атлантаксиальном уровне (V3 сегмент) и ипсилатеральной — на субаксиальном уровне (V1–V2 сегменты).

Основными гемодинамическими показателями, указывающими на значительную компрессию ПА при ротационных пробах, являются: до места сдавливания — снижение

скорости кровотока (в большей степени КДС) и повышение периферического сопротивления; в месте сдавления — локальное повышение скорости кровотока; дистальнее места сдавления — снижение скорости кровотока и индексов периферического сопротивления.

При проведении ротационных проб рекомендовано оценивать регионарную значимость выявленной компрессии ПА с определением кровотока в БА или ЗМА. В свою очередь, в протоколе ультразвукового исследования необходимо фиксировать информацию о появлении и динамике жалоб пациента, а также клинических проявлений в момент проведения ротационных проб.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.О. Чечёткин — сбор и анализ литературных данных, подготовка и написание текста рукописи, подготовка графических материалов, разработка алгоритма ультразвукового исследования; Т.В. Балахонova, Л.Э. Шульгина — сбор литературных данных, написание и редактирование текста рукописи, разработка алгоритма ультразвукового исследования; Т.Н. Енькина, В.П. Куликов, И.Е. Тимина, М.В. Шумилина — редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы и гарантировали, что вопросы, связанные с точностью или добросовестностью любой части работы, будут должным образом рассмотрены и решены.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Согласие на публикацию. Авторы не получили информированное согласие от пациента на публикацию его медицинских данных в журнале в связи с тем, что установить связь с пациентом не удалось (материал является архивным). Все представленные сведения обезличены, фотографии не публикуются.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента и член редакционной коллегии журнала.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.O. Chechetkin: data curation, writing—original draft, visualization, methodology; T.V. Balakhonova, L.E. Shulgina: data curation, writing—original draft, writing—review & editing, methodology; T.N. Enkina, V.P. Kulikov, I.E. Timina, M.V. Shumilina: writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Not applicable.

Consent for publication: No informed consent for publication of the patient's medical data was obtained, as contact with the patient could not be established (the used material was archival). All data presented are anonymized, and no photographs are published.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This article was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer-review process involved two external reviewers and member of the Editorial Board.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Davis DD, Munakomi S, Kane SM. *Rotation vertebral artery syndrome* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559022/>
- Duan G, Xu J, Shi J, Cao Y. Advances in the pathogenesis, diagnosis and treatment of Bow Hunter's syndrome: a comprehensive review of the literature. *Interventional Neurology*. 2016;5(1-2):29–38. doi: 10.1159/000444306
- Rastogi V, Rawls A, Moore O, et al. Rare Etiology of Bow Hunter's syndrome and systematic review of literature. *Journal of Vascular and Interventional Neurology*. 2015;8(3):7–16. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4535600/>
- Braga BP, Sillero R, Pereira RM, et al. Dynamic compression in vertebral artery dissection in children: apropos of a new protocol. *Child's Nervous System*. 2020;37(4):1285–1293. doi: 10.1007/s00381-020-04956-1 EDN: RQDJRQ
- Jargiello T, Pietura R, Rakowski P, et al. Power Doppler imaging in the evaluation of extracranial vertebral artery compression in patients with vertebrobasilar insufficiency. *European Journal of Ultrasound*. 1998;8(3):149–155. doi: 10.1016/s0929-8266(98)00067-6
- Sakaguchi M, Kitagawa K, Hougaku H, et al. Mechanical compression of the extracranial vertebral artery during neck rotation. *Neurology*. 2003;61(6):845–847. doi: 10.1212/01.wnl.0000078081.12097.ae
- Shvedov AN, Ivchenko AO, Fedorova EP, Ivchenko OA. The problem of overdiagnosis of vertebral artery compression syndrome. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2021;20(2):210–215. doi: 10.20538/1682-0363-2021-2-210-215 EDN: IDYYZY
- Barulin AE, Kurushina OV, Miroshnikova VV, et al. Vertebral artery syndrome: contemporary approaches to diagnosis and treatment. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2013;(4):130–132. EDN: RRPZFF
- Iguchi Y, Kimura K, Shibasaki K, et al. Transcranial doppler and carotid duplex ultrasonography findings in Bow Hunter's syndrome. *Journal of Neuroimaging*. 2006;16(3):278–280. doi: 10.1111/j.1552-6569.2006.00040.x
- Zaidi HA, Albuquerque FC, Chowdhry SA, et al. Diagnosis and management of Bow Hunter's syndrome: 15-year experience at Barrow Neurological Institute. *World Neurosurgery*. 2014;82(5):733–738. doi: 10.1016/j.wneu.2014.02.027
- Jost GF, Dailey AT. Bow hunter's syndrome revisited: 2 new cases and literature review of 124 cases. *Neurosurgical Focus*. 2015;38(4):E7. doi: 10.3171/2015.1.FOCUS14791
- Vilela MD, Goodkin R, Lundin DA, Newell DW. Rotational vertebrobasilar ischemia: hemodynamic assessment and surgical treatment. *Neurosurgery*. 2005;56(1):36–45. doi: 10.1227/01.neu.0000146441.93026.ce
- Mitchell J. Vertebral artery blood flow velocity changes associated with cervical spine rotation: a meta-analysis of the evidence with implications

for professional practice. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. 2009;17(1):46–57. doi: 10.1179/106698109790818160

14. Kimihira L, Yoshimoto T, Ihara M. New diagnostic algorithm for detection of covert Bow Hunter's syndrome. *International Journal of Medical Sciences*. 2021;18(10):2162–2165. doi: 10.7150/ijms.56442 EDN: JHGVLQ

15. Dicheskul ML, Kulikov VP. The influence of the head maximum rotation on blood flow parameters in the intracranial segment of the vertebral arteries. *Manual'naya terapiya*. 2011;(1):27–32. (In Russ.) EDN: NUNSPF

16. Zakhmatova TV, Shchedrenok VV, Moguchaya OV, et al. The comparative analysis of hemodynamics on vertebral arteries at the trauma and degenerate diseases of cervical department of the backbone of the method of color duplex scanning. *MEDLINE.RU. Rossiiskii biomeditsinskii zhurnal*. 2014;15:352–365. EDN: TVMMRX

17. Brautaset NJ. Provokable bilateral vertebral artery compression diagnosed with transcranial Doppler. *Stroke*. 1992;23(2):288–291. doi: 10.1161/01.str.23.2.288

18. Kamouchi M, Kishikawa K, Matsuo R, et al. Ultrasonographic detection of extracranial vertebral artery compression in Bow Hunter's Brain ischemia caused by neck rotation. *Cerebrovascular Diseases*. 2003;16(3):303–305. doi: 10.1159/000071134

19. Yeh JF, Lin YJ, Po HL, et al. A case of bow hunter's stroke caused by non-dominant vertebral artery. *Acta Neurologica Taiwanica*. 2005;14(2):69–73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16008165/>

20. Sturzenegger M, Newell DW, Douville C, et al. Dynamic transcranial Doppler assessment of positional vertebrobasilar ischemia. *Stroke*. 1994;25(9):1776–1783. doi: 10.1161/01.str.25.9.1776

ОБ АВТОРАХ

* **Чечёткин Андрей Олегович**, д-р мед. наук;
адрес: Россия, 125367, Москва, Волоколамское ш., д. 80;
ORCID: 0000-0002-8726-8928;
eLibrary SPIN: 9394-6995;
e-mail: andreychechetkin@gmail.com

Балахонова Татьяна Валентиновна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-7273-6979;
eLibrary SPIN: 3738-3289;
e-mail: tvbdoc@gmail.com

Енькина Татьяна Николаевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0009-0004-7739-1684;
eLibrary SPIN: 7594-1380;
e-mail: tatiana.enkina@yandex.ru

Куликов Владимир Павлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-4869-5465;
eLibrary SPIN: 9224-1959;
e-mail: kulikov57@mail.ru

Тимина Ирина Евгеньевна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0001-7026-9417;
eLibrary SPIN: 1100-8854;
e-mail: timina68@mail.ru

Шульгина Людмила Эдуардовна, д-р мед. наук;
ORCID: 0009-0009-6325-8766;
eLibrary SPIN: 7757-2071;
e-mail: ofd-shulgina@yandex.ru

Шумилина Маргарита Владимировна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0001-9871-8173;
eLibrary SPIN: 8102-9042;
e-mail: Shumilinamv@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Andrey O. Chechetkin**, MD, Dr. Sci. (Medicine);
address: 80 Volokolamskoye hwy, Moscow, Russia, 125367;
ORCID: 0000-0002-8726-8928;
eLibrary SPIN: 9394-6995;
e-mail: andreychechetkin@gmail.com

Tatyana V. Balakhonova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-7273-6979;
eLibrary SPIN: 3738-3289;
e-mail: tvbdoc@gmail.com

Tatiana N. Enkina, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0009-0004-7739-1684;
eLibrary SPIN: 7594-1380;
e-mail: tatiana.enkina@yandex.ru

Vladimir P. Kulikov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0003-4869-5465;
eLibrary SPIN: 9224-1959;
e-mail: kulikov57@mail.ru

Irina E. Timina, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-7026-9417;
eLibrary SPIN: 1100-8854;
e-mail: timina68@mail.ru

Ludmila E. Shulgina, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0009-0009-6325-8766;
eLibrary SPIN: 7757-2071;
e-mail: ofd-shulgina@yandex.ru

Margarita V. Shumilina, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-9871-8173;
eLibrary SPIN: 8102-9042;
e-mail: Shumilinamv@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author