



Турлюк Д.В., Роговой Н.А.✉, Хрыщанович В.Я., Климчук И.П.
Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь
4-я городская клиническая больница имени Н.Е. Савченко, Минск, Беларусь

Хирургическое лечение нарушений кровотока в задней черепной ямке, вызванных экстравазальной компрессией позвоночной артерии в V2–V3-сегментах

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Турлюк Д.В. – сбор материала, подготовка текста; Роговой Н.А. – анализ полученных данных, подготовка текста; Хрыщанович В.Я. – анализ полученных данных, редактирование; Климчук И.П. – сбор данных.

Подана: 20.12.2022

Принята: 20.03.2023

Контакты: kolia_med@mail.ru

Резюме

Цель. Оценить ближайшие результаты наружносонно-позвоночного перемещения в V3 при позиционных нарушениях кровотока в вертебробазилярном бассейне, обусловленных поражением V2-сегмента ПА.

Материалы и методы. В исследование включено 33 пациента с показаниями к НСА – ПА перемещению в V3. Предложена методика выключения из кровотока скомпрометированного V2-сегмента позвоночной артерии (ПА) путем ее обходного шунтирования за счет перемещения наружной сонной артерии (НСА) в V3-сегмент ПА (НСА – ПА).

Результаты. Летальных исходов, инсультов в ближайшем послеоперационном периоде не отмечено. Повреждения черепных нервов, кровотечений не наблюдалось. Одна из основных жалоб в послеоперационном периоде – интенсивный болевой синдром. Отмечено субъективное улучшение состояния к моменту выписки из стационара, проявляющееся снижением симптомов головокружения. В послеоперационном периоде не отмечалось появления внезапных падений пациентов (drop-атак) при проведении пробы де Клейна с поворотом и запрокидыванием назад головы. Выявлена тенденция к улучшению сосредоточенности пациентов на выполнении простых задач (тест Фолстейна). Достоверные различия, связанные с отсутствием снижения кровотока при пробе де Клейна, имели место в ближайшем послеоперационном периоде ($p=0,03$). Значения теста с фотосенсибилизацией значительно увеличивались в ближайшем послеоперационном периоде ($p=0,048$). Отмечено улучшение качества жизни пациентов уже через 10 дней от момента операции, за исключением уровня боли. Показатель боли сравнивается с исходным уже к 30-дневному периоду от момента операции.

Заключение. Наружносонно-позвоночное перемещение может быть методом выбора при лечении ВБН, обусловленной экстравазальной компрессией ПА в V2-сегменте, при невозможности точной локализации компрессионного механизма или протяженного воздействия на ПА в этом сегменте.



Ключевые слова: вертебробазилярная недостаточность, позвоночные артерии, сонные артерии, экстравазальная компрессия позвоночной артерии, перфузия головного мозга

Dmitrii V. Turliuk, Nickolay A. Rogovoy✉, Vladimir Ya. Khryshchanovich, Ivan P. Klimchuk
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus
4th City Clinical Hospital named after N.E. Savchenko, Minsk, Belarus

Surgical Treatment of Blood Flow Disorders in the Posterior Cranial Fossa Caused by Extravascular Compression of the Vertebral Artery in the V2-V3 Segments

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Dmitrii V. Turliuk – collection of material, prepare the text; Nickolay A. Rogovoy – analysis of the data, prepare the text; Vladimir Ya. Khryshchanovich – analysis of the data, editing; Ivan P. Klimchuk – collection of the data.

Submitted: 20.12.2022

Accepted: 20.03.2023

Contacts: kolia_med@mail.ru

Abstract

Purpose. To evaluate the immediate results of external carotid-vertebral (ECA-VA) movement in V3 in case of positional blood flow disorders in the vertebrobasilar area caused by damage to the V2 segment of the VA.

Materials and methods. The study included 33 patients. We proposed a technique for exclusion of the compromised V2 segment of the VA from the bloodstream by bypassing it by moving the external carotid artery (ECA) to the V3 segment of the VA.

Results. There were no lethal outcomes or strokes in the immediate postoperative period. Damage to the cranial nerves, bleeding was not observed. One of the main complaints in the postoperative period is intense pain. There was a subjective improvement in the condition by the time of discharge from the hospital, manifested by a decrease in the symptoms of dizziness. In the postoperative period, the appearance of dropp-attacks, falls during the De Klein test was not noted. A tendency to improve the concentration of patients on performing simple tasks was revealed (Folstein test). The absence of a decrease in blood flow during the test with turning and tilting back the head (De Klein) was noted; there were significant differences already in the immediate postoperative period ($p=0.03$). The test with photosensitization had a significant increase already in the immediate postoperative period ($p=0.048$). An improvement in the quality of life of patients was noted already 10 days after the operation, with the exception of the level of pain. The pain index is compared with the baseline already by the 30-day period from the moment of surgery.

Conclusion. External carotid-vertebral movement may be the method of choice in the treatment of VBI caused by extravasal compression of the VA in the V2 segment, when it is impossible to accurately localize the compression mechanism or an extended an impact on the VA in this segment.

Keywords: vertebrobasilar insufficiency, vertebral arteries, carotid arteries, extravascular compression of the vertebral artery, cerebral perfusion

■ ВВЕДЕНИЕ

Причины недостаточности кровотока в задней черепной ямке подразделяют на внутренние и внешние. К внутренним причинам относятся изменения стенки непосредственно позвоночной артерии (ПА). Наиболее часто это атеросклероз, расслоение стенки, эмболии [1]. Внешние причины – это опухолевые или позиционные сдавления в костном канале [2].

Компенсаторные механизмы виллизиевого круга успешно срабатывают при медленно протекающих стено-окклюзионных процессах, как внешних, так и внутренних. Так, при постепенном сдавлении, формирующейся окклюзии ПА, вызванной опухолевым процессом, или при атеросклеротическом поражении не возникает симптомов вертебробазилярной недостаточности (ВБН). Более того, при окклюзии первого сегмента подключичной артерии с формированием стилл-синдрома по ПА не наблюдается тяжелых клинических проявлений ВБН, и это несмотря на ретроградный кровоток по ПА, обеспечивающий кровоснабжение соответствующей верхней конечности [3].

При возникновении острого процесса – диссекции ПА и/или эмболии – могут возникать фатальные последствия и/или инвалидизация за счет вовлечения в процесс ядер мозга и ствола [4]. Отсутствие механизмов компенсации кровотока в задней черепной ямке при резком прекращении кровотока по ПА обусловлено часто встречающимися особенностями артериальной анатомии в этой зоне. 15% людей в популяции имеют гипоплазированную ПА, не позволяющую быстро реагировать на снижение кровотока в контралатеральной стороне [5]. Сопоставимо количество людей с незамкнутым виллизиевым кругом по причине врожденного отсутствия или гипоплазии задних соединительных артерий (ЗСА) [6]. Эти факторы препятствуют перераспределению кровотока между каротидным и базилярным бассейнами в острых ситуациях. В случае же постепенного уменьшения кровотока по ПА активируются механизмы неоангио- и васкулогенеза. Это способствует расширению гипоплазированных ЗСА и формированию дополнительных коллатеральных путей [1, 7].

Прерывистое воздействие на ПА различных структур (костная ткань, мембраны, элементы межпозвоночного диска) приводит либо к временному прекращению кровотока по ПА, либо к значительному снижению его объема, сопровождающемуся симптомами ВБН [5, 8]. При этом достаточно спровоцировать вазоспазм ПА, который рефлекторно распространяется на все ветви основной артерии (ОА), особенно ЗСА, приводя к функциональному размыканию виллизиевого круга [9]. В результате у пациента возникают позиционные дроп-атаки без перспективы компенсации. Нормализация просвета ПА после спазма с последующим восстановлением кровообращения в вертебробазилярном бассейне не приводит к формированию коллатералей и/или неоангиогенезу, поскольку не активированы длительно протекающие молекулярные механизмы стимуляции роста сосудистого русла.



При выявлении позиционных сдавлений ПА в канале поперечных отростков (второй (V2) и третий (V3) сегменты ПА) используют различные методики декомпрессии путем резекции отростков [10]. Нередко декомпрессия сопровождается дополнительной фиксацией подвижных позвонков для обеспечения устойчивости эффекта [11].

В связи с вышеизложенным медицинская помощь пациентам с позиционными нарушениями кровотока в вертебробазилярном бассейне (ВББ) крайне затруднена.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить ближайшие результаты наружносонно-позвоночного (НСА – ПА) перемещения в V3 при позиционных нарушениях кровотока в ВББ, обусловленных поражением V2-сегмента ПА.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При разработке хирургической методики лечения пациентов с тяжелой ВБН, обусловленной экстравазальными причинами, предложена методика выключения из кровообращения скомпрометированного V2-сегмента ПА путем ее обходного шунтирования [12]. Таким образом, кровоток перенаправляется в обход C5-C2 поперечных отростков позвонков за счет перемещения наружной сонной артерии (НСА) в V3-сегмент ПА.

В исследование включено 33 пациента с показаниями к НСА – ПА перемещению в V3. Оперативные вмешательства проводились в государственном учреждении

Таблица 1
Клинические и демографические характеристики оперированных пациентов
Table 1
Clinical and demographic characteristics of operated patients

Характеристика	Показатель
Возраст, лет	48,1±0,8
Пол, мужчины, n (%)	18 (54,5)
Индекс массы тела, средний (кг/м ²)	23,5±1,5
Курильщики, n (%)	3 (9)
Сахарный диабет 2-го типа, n (%)	2 (6)
Периферические вертеброгенные симптомы (%)	100
Нистагм, n (%)	28 (84,8)
Артериальная гипертензия, n (%)	6 (18,8)
Посттравматическая энцефалопатия, n (%)	12 (36,6)
Зрительные симптомы, n (%)	26 (78,8)
Головные боли, n (%)	30 (90,1)
Кохлеарные симптомы (%)	100
Головокружение (%) (в том числе системное (%))	100 (37,7)
Проба Ромберга «+», проба де Клейна «+» (%)	100
Синкопальные состояния, drop-атаки (%)	100
Астенические проявления, n (%)	17 (51,5)

«Республиканский научно-практический центр «Кардиология» (РНПЦК) и учреждении здравоохранения «4-я городская клиническая больница имени Н.Е. Савченко» г. Минска за период с 2003 по 2017 г. Обследование и лечение проводилось в рамках государственного финансируемого научно-исследовательского проекта, одобренного этическими комитетами учреждений здравоохранения. Возраст пациентов составил $48,1 \pm 0,8$ года (от 31 до 71 года). Клинические и демографические характеристики пациентов, оперированных на V3-сегменте ПА, представлены в табл. 1.

Основные жалобы пациентов – жалобы на головную боль, носившую приступообразный характер, как правило, интенсивную, и головокружение.

Ультразвуковые исследования сосудов вертебробазилярной зоны выполнялись до операции / медикаментозного лечения, а также накануне выписки из стационара.

Всем пациентам выполнялось нейропсихологическое тестирование. Равновесие изучали с использованием процедуры Холлпайка, теста Ромберга, использовали модифицированные шкалы ВБН (Шемагонов А.В. с соавт.), Тиннети [13]. Для диагностики депрессивных состояний и тревожности применяли опросник Бека и Спилбергера – Ханина, для исследования особенностей активного внимания, памяти и утомляемости – корректурную пробу Бурдона, тест Лурия, тест М. Folsteina [14].

Хирургическая методика

Оригинальная методика оперативного вмешательства разработана в рамках научно-технического проекта и имеет патентную защиту [15, 16]. Дистальный конец наружной сонной артерии после ее мобилизации и лигирования ветвей отсекается и анастомозируется в V3-сегмент позвоночной артерии, располагающийся в промежутке между атлантом и вторым шейным позвонком (рис. 1). У 12 пациентов анастомоз между НСА и V3-сегментом ПА выполнялся по типу «конец в бок», без лигирования проксимального сегмента ПА. Такая тактика была принята в связи

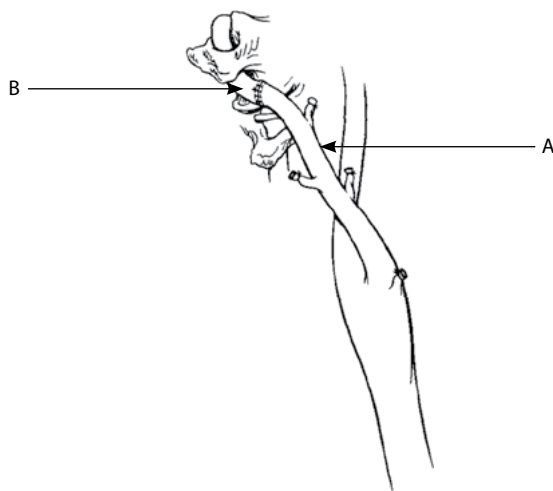


Рис. 1. Наружносонно-позвоночное перемещение: А – НСА с отсеченными ветвями; В – третий сегмент ПА

Fig. 1. External carotid-vertebral transposition: A – ECA with cut off branches; B – third segment of the VA



с несоответствием диаметров ПА и НСА. В этих случаях для исключения возможного стенозирования в зоне сосудистого шва лучше всего использовать технику Т-анастомоза. Качественные характеристики кровотока по шунту определяли интраоперационно по данным флуометрии, а также на ультразвуковой доплерографии (УЗДГ) при выписке из стационара.

Консервативная терапия

Все пациенты получали консервативную терапию с повторным тестированием и ультразвуковыми пробами. Назначались цереброангиорегирующие и метаболические препараты. В течение первых 3 месяцев пациенты получали бетастигмин 24 мг/сут или пирацетам. Следующие 3 месяца осуществлялся прием лерканидипина 10 мг/сут и глиатиллина 800 мг/сут (при отсутствии эффекта от предыдущей схемы лечения). Первая схема принята в виде базовой в лечении ВБН и назначалась на неврологическом амбулаторном приеме. Вторая схема с использованием лерканидипина была призвана уменьшить артериоларный спазм как рефлекторную реакцию на контакт экстравазальных структур с ПА.

Для объективизации субъективного состояния пациенты тестированы по шкале качества жизни SF-36 до оперативного вмешательства, перед выпиской и через месяц после. Всем оперированным была назначена дата повторного тестирования через 3–6–12 месяцев для определения отдаленных результатов хирургического лечения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всем пациентам успешно выполнено перемещение НСА в третий сегмент ПА. Летальных исходов, инсультов в ближайшем послеоперационном периоде не отмечено. У одного пациента на третий день после оперативного вмешательства выполнена ревизия раны в связи лимфореями. Повреждения черепных нервов, кровотечений не наблюдалось. Одна из основных жалоб в послеоперационном периоде – интенсивный болевой синдром. Десяти (30%) пациентам в послеоперационном периоде потребовались инъекционные блокады с местным анальгетиком для снижения болевого синдрома. Данный болевой симптом длился $6,5 \pm 5,5$ дня.

Уже к моменту выписки из стационара пациенты отмечали субъективное улучшение состояния, проявляющееся снижением симптомов головокружения. Динамика состояния равновесия и когнитивных расстройств представлена в табл. 2.

Таблица 2
Динамика показателей тестирования у оперированных пациентов
Table 2
Testing parameters of operated patients

Период	Шкала ВБН, баллы (mean±M)	Шкала когнитивных р-в по M. Folstein (mean±M)	Оценка состояния равновесия по Тиннети (mean±M)	Тест Бурдона (mean)
До операции	12±5,2	29±3,1	8,4±2,2	0,66
7–10-е сутки	4±1,2	20±4,5	19,66±3,3	0,52
P	,023	,09	,012	,23

Ультразвуковые показатели кровотока по ОА в покое и с нагрузочными пробами представлены на рис. 2.

Результаты тестирования по шкале качества жизни SF-36 в ближайшем послеоперационном периоде представлены на рис. 3.

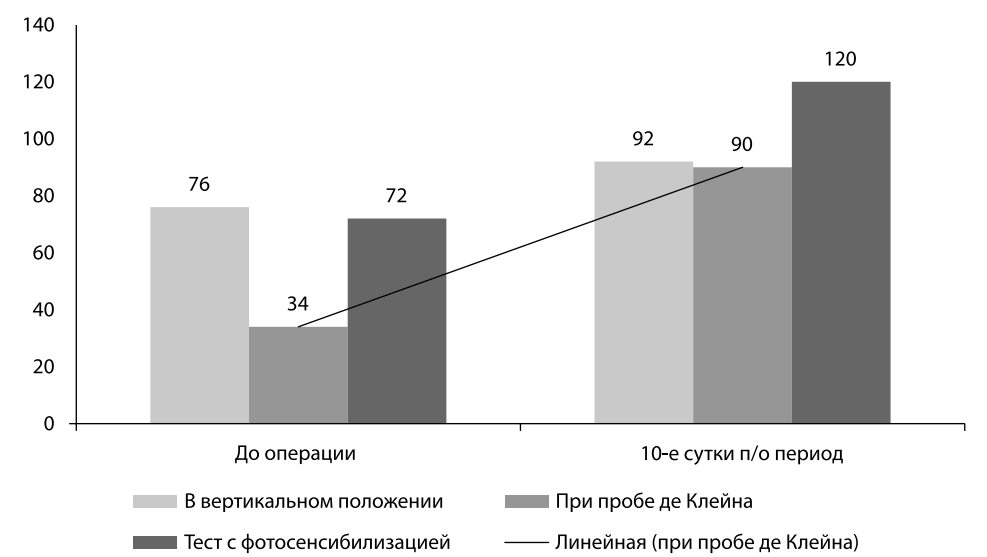


Рис. 2. Динамика показателей объемного кровотока по основной артерии (мл/мин)
Fig. 2. Volumetric blood flow in the basilar artery (ml/min)

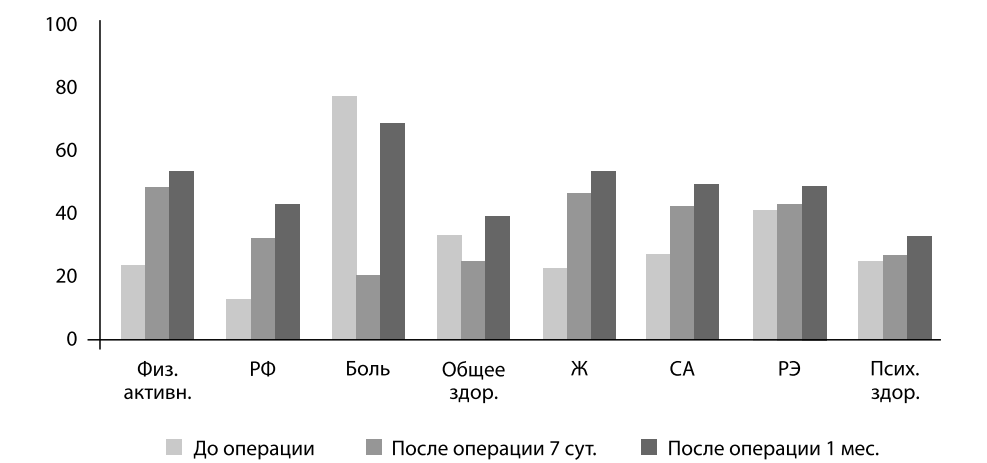


Рис. 3. Качество жизни пациентов по опроснику SF-36: РФ – роль физической активности; Ж – жизнедеятельность; СА – социальная активность; РЭ – роль эмоционального фактора
Fig. 3. Quality of life of patients according to the SF-36 questionnaire: RF – the role of physical activity; L – life; SA – social activity; RE – the role of the emotional factor



■ ОБСУЖДЕНИЕ

Хирургическое лечение ВБН в настоящее время проводится врачами-нейрохирургами при выявлении локальной компрессии ПА в костном канале V2-сегмента ПА или при Bow-hunter синдроме [17, 18]. Суть вмешательства сводится к резекции дужки поперечного отростка скомпрометированного позвонка.

Как известно, транзиторные ишемические атаки в задней черепной ямке (drop-атаки) являются предшественниками разрушительных инфарктов мозга в бассейне ПА и ОА. Как правило, пациенты сообщают о длительно беспокоящих их головокружениях, обмороках, нарушениях зрения, нистагме, тошноте, синдроме Горнера и других моторных и сенсорных нарушениях, возникающих при вращении головы [19]. В определенной ситуации, при длительно протекающей компрессии ПА, происходит повреждение структур мозга с тяжелыми последствиями, как, например, при Wallenberg-синдроме [20].

Статистически значимые изменения по шкалам ВБН и равновесия свидетельствуют о причинно-следственной связи нарушений кровообращения в бассейне ОА, вызванной экстравазальной патологией V2-сегмента ПА. В послеоперационном периоде не отмечалось появления drop-атак, падений при проведении пробы де Клейна. Также после операции не выявлено достоверных отличий по когнитивным шкалам Бурдона и М. Folstein. При этом сосредоточенность пациентов на выполнении простых задач, как в тестах Фолстейна, имела четкую тенденцию к улучшению.

Примечательно, что в вертикальном положении прирост объемного кровотока не достиг статистической значимости, несмотря на уверенный рост. Отсутствие снижения кровотока при пробе с поворотом и запрокидыванием назад головы (де Клейна) имело достоверные различия уже в ближайшем послеоперационном периоде ($p=0,03$). Это позволяет судить об успешности выбранной тактики лечения ВБН у данной когорты пациентов. Значения теста с фотосенсибилизацией также увеличивались уже в ближайшем послеоперационном периоде ($p=0,048$). Это говорит в пользу улучшения показателей кровообращения при нейросенсорной вазодилатации [21]. Последняя имеет значительные отклонения у пациентов с ВБН. Отсутствие прироста показателей фотопробы является достоверным признаком недостаточной интракраниальной компенсации кровотока вне зависимости от замкнутости или разомкнутости виллизиевого круга.

Следует обратить внимание на достоверное увеличение параметров «физической активности» и «жизнедеятельности», оцененных по опроснику качества жизни SF-36 ($p=0,042$ для физической активности, $p=0,03$ для роли физической активности в жизнедеятельности). Полученные данные свидетельствуют о влиянии проявлений ВБН и конкретно головокружения на повседневную активность пациента. Весьма примечательно, что показатель боли через 30 дней достиг тех же цифр, что и в дооперационном периоде. Этот показатель имеет противоположные остальным значения, т. е. при увеличении жалоб на боль показатель в баллах снижается. Так, если до оперативного лечения тест насчитывал 76 баллов, то перед выпиской составил 20 баллов и через месяц снова приблизился к показателю 70 баллов (полное отсутствие болевых ощущений имело бы 100-балльное значение). Таким образом, судя по показателям, представленным на рис. 3, можно отметить позитивную тенденцию качества жизни пациентов уже через 10 дней после операции, за исключением уровня боли. Показатель боли сравнивается с исходным уже к 30-дневному периоду

от момента операции. Полностью болевой синдром в группе оперированных пациентов не купировался, поскольку он в значительной степени был связан с патологией шейно-грудного отдела позвоночника.

Также интенсивный болевой синдром в раннем послеоперационном периоде, вероятно, связан с тракцией корешка C2 плечевого сплетения при выделении ПА. Анатомически V3-сегмент ПА находится сразу под корешком указанного нерва. В связи с чем для доступа к ПА требуется взятие последнего на турникет и отведение в сторону для проведения манипуляций с коагуляцией.

Разработанная методика обходного шунтирования в V3-сегмент ПА позволила исключить из кровотока весь скомпрометированный V2-отрезок ПА и обеспечила непрерывный поток кровоснабжения по ПА при любых движениях головы [12, 22, 23]. Несмотря на сравнительно небольшое количество наблюдений (33 прооперированных пациента), был достигнут стойкий клинический эффект уже в ближайшем послеоперационном периоде, подтвержденный результатами тестирования и УЗДГ.

Согласно существующим данным, любая хирургическая коррекция экстравазальной компрессии ПА встречается довольно редко [2, 24]. В основном публикуются отдельные случаи из практики, при этом количество статей по данной проблеме не столь велико [25–27].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наружносонно-позвоночное перемещение может быть методом выбора при лечении ВБН, обусловленной экстравазальной компрессией ПА в V2-сегменте при невозможности точной локализации компрессионного механизма или протяженного воздействия на ПА в этом сегменте.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Compter A., van der Hoeven E.J., van der Worp H.B., Vos J.A., Weimar C., Rueckert C.M., Kappelle L.J., Algra A., Schonewille W.J.; BASICS Study Group. Vertebral artery stenosis in the Basilar Artery International Cooperation Study (BASICS): prevalence and outcome. *J Neurol*. 2015;262(2):410–7.
2. Jost G.F., Dailey A.T. Bow hunter's syndrome revisited: 2 new cases and literature review of 124 cases. *Neurosurg Focus*. 2015;38(4):E7.
3. Osiro S., Zurada A., Gielecki J., Shoja M.M., Tubbs R.S., Loukas M. A review of subclavian steal syndrome with clinical correlation. *Med Sci Monit*. 2012;18(5):57–63.
4. Diagnosis and treatment of brain ischemia, edited by A. L. Carney and E. M. Anderson. *Advances in neurology*. 1981;30. Raven press, New York ©.
5. Yancy H., Lee-Iannotti J.K., Schwedt T.J., Dodick D.W. Reversible cerebral vasoconstriction syndrome. *Headache*. 2013;53(3):570–6.
6. Peterson C., Phillips L., Linden A., Hsu W. Vertebral artery hypoplasia: prevalence and reliability of identifying and grading its severity on magnetic resonance imaging scans. *J Manipulative Physiol Ther*. 2010;33(3):207.
7. Mahammed Zia Khansuheb, Evgueni Kouznetsov, Michael Manchak, Qasim Durrani, Alexander Drofa. Vertebral Artery Sacrifice: Novel Strategy in Treatment of Vertebral Artery Loop. *World Neurosurg*. 2020;134:280–283.
8. Soustiel J.F., Bruk B., Shik B., Hadani M., Feinsod M. Transcranial Doppler in vertebrobasilar vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery*. 1998;43(2):282–91.
9. Yancy H., Lee-Iannotti J.K., Schwedt T.J., Dodick D.W. Reversible cerebral vasoconstriction syndrome. *Headache*. 2013;53(3):570–6.
10. Lall R., Patel N.J., Resnick D.K. A review of complications associated with craniocervical fusion surgery. *Neurosurgery*. 2010;67:1396–402.
11. Victoria Lee, Thomas S. Riles, Jennifer Stableford, Ramon Berguer. Two case presentations and surgical management of Bow Hunter's syndrome associated with bony abnormalities of the C7 vertebra. *J Vasc Surg*. 2011;53:1381–5.
12. Turlyuk D., Yanushko V., Kardash O., Terekhov V., Filonova L. A method for determining indications for surgical treatment of vertebrobasilar insufficiency. Patent 19223 C2 (BY) IPC A 61B 5/026 A 61B 8/06 According to application No. a 20110500 of 04/15/2011; Published 06/30/2015, *Official Bulletin*. 2015;3(104):50. (in Russian)
13. Ilyin E. *Differential psychophysiology*. St. Petersburg: Peter, 2001;454. (in Russian)
14. Beck A.T. An inventory for measuring depression. *Arch Gen Psychiat*. 1961;4:561–71.
15. Yanushko V., Turlyuk D., Borovkova L., Mikhnevich V. Surgical access to the third segment of the vertebral artery. *Medical News*. 2008;4(156):97–100. (in Russian)
16. Turlyuk D., Yanushko V. Method for performing surgical access to the third segment of the vertebral artery. Patent 13484 (BY), IPC (2009) A 61B 17/00. *Official Bulletin*. 2010;4(75):64. (in Russian)



17. Go G., Hwang S.H., Park I.S., Park H. Rotational Vertebral Artery Compression: Bow Hunter's Syndrome. *J Korean Neurosurg Soc.* 2013;54(3):243–5.
18. Yoshimura K., Iwatsuki K., Ishihara M., Onishi Y., Umegaki M., Yoshimine T. Bow hunter's stroke due to instability at the uncovertebral C3/4 joint. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 2:266–70.
19. 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. *Interv Neurol.* 2016;5(1–2):29–38.
20. Sorensen B.F. Bow hunter's stroke. *Neurosurgery.* 1978;2(3):259–61.
21. *Interactive manual "Microsurgical revascularization of the carotid arteries".* Available at: http://angiologia.ru/specialist/cathedra/textbook/chapter_3/
22. Turlyuk D., Yanushko V., Kardash O. Surgical management of vertebrobasilar insufficiency due to pathology of the second-third segments of the vertebral artery. *Angiology and vascular surgery.* 2009;4:98–105.
23. Turlyuk D., Yanushko V., Ioskevich N. Topographical and anatomical characteristics of the vertebral artery in the third segment. *Angiology and vascular surgery.* 2009;3:41–42.
24. Jost G.F., Dailey A.T. Bow hunter's syndrome revisited: 2 new cases and literature review of 124 cases. *Neurosurg Focus.* 2015;38:E7.
25. Davis D.D., Kane S.M. *Rotation Vertebral Artery Syndrome.* 2022 Jun 21. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan.
26. Suzuki M., Dembo T., Hara W., Tajima T., Yamashita M., Oji S., Nomura K. Vertebral Artery Stump Syndrome. *Intern Med.* 2018;57(5):733–736. doi: 10.2169/internalmedicine.9317-17. Epub 2017 Nov 20.
27. Kim J.S., Newman-Toker D.E., Kerber K.A., Jahn K., Bertholon P., Waterston J., Lee H., Bisdorff A., Strupp M. Vascular vertigo and dizziness: Diagnostic criteria. *J Vestib Res.* 2022;32(3):205–222. doi: 10.3233/VES-210169