

Научный обзор
УДК 616-089.193.4
DOI: 10.17816/pmj39355-62

ПРОНИКАЮЩИЕ РАНЕНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЙ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

И.А. Карасов¹, А.А. Антонян², В.А. Самарцев^{1*}, А.Ю. Опарин³, Е.В. Круглов³

¹Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,

²Национальный медицинский исследовательский центр онкологии, г. Ростов-на-Дону,

³Городская клиническая больница № 4, г. Пермь, Россия

PENETRATING WOUNDS OF VERTEBRAL ARTERIES: LITERATURE REVIEW

I.A. Karasov¹, A.A. Antonyan², V.A. Samartsev^{1*}, A.Yu. Oparin³, E.V. Kruglov³

¹E.A. Vagner Perm State Medical University,

²National Medical Research Center for Oncology, Rostov-on-Don,

³City Clinical Hospital №4, Perm, Russian Federation

Проникающие ранения позвоночной артерии – крайне редкая патология, чей удельный вес невелик даже среди повреждений сосудов шеи. Данное жизнеугрожающее состояние ввиду своей редкости не всегда вовремя диагностируется, а в случае своевременной постановки диагноза представляет собой непростую задачу для хирурга. Представлены данные о распространенности проникающих повреждений позвоночных артерий, анатомия и развитие данных сосудов, методы диагностики и лечения подобных ранений, а также анализ осложнений и исходов.

Ключевые слова. Травма сосуда, позвоночная артерия, проникающее ранение артерии.

Penetrating wounds of the vertebral artery is an extremely rare pathology; its weight is not large even among the damages of the cervical vessels. This life-threatening state due to its rarity is not always diagnosed in time, and in case of a timely diagnostics, it is a complicated task for a surgeon. The paper presents the data regarding prevalence of penetrating damages of the vertebral arteries, anatomy and development of these vessels, methods of diagnostics and treatment of these wounds as well as complications and outcomes.

Keywords. Vascular trauma, vertebral artery, penetrating artery wound.

© Карасов И.А., Антонян А.А., Самарцев В.А., Опарин А.Ю., Круглов Е.В., 2022

тел. +7 902 801 73 31

e-mail: samarcev-v@mail.ru

[Карасов И.А. – врач-ординатор; Антонян А.А. – врач-ординатор; Самарцев В.А. (*контактное лицо) – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии № 1; Опарин А.Ю. – сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением сердечно-сосудистой хирургии; Круглов Е.В. – сердечно-сосудистый хирург].

© Karasov I.A., Antonyan A.A., Samartsev V.A., Oparin A.Yu., Kruglov E.V., 2022

tel. +7 902 801 73 31

e-mail: samarcev-v@mail.ru

[Karasov I.A. – resident; Antonyan A.A. – resident; Samartsev V.A. (*contact person) – MD, PhD, Professor, Head of Department of General Surgery №1; Oparin A.Yu. – cardiovascular surgeon, Head of Cardiovascular Surgery Unit; Kruglov E.V. – cardiovascular surgeon].

ВВЕДЕНИЕ

Повреждение позвоночной артерии (ПА) – редкое состояние, которое встречается менее чем в 1 % случаев от всех травм артерий [1]. Вследствие этой редкости, литературные данные о травмах позвоночных артерий представлены в основном описанием клинических случаев, одноцентровыми небольшими исследованиями [2–4] и единичными обзорами [5]. Более 90 % от всех повреждений позвоночных артерий происходят вследствие тупых травм и прочих неспецифических воздействий, на проникающие же ранения данных сосудов приходится менее 9 % всех случаев. К этой категории относятся ятрогенные, ножевые и огнестрельные ранения ПА [1, 5]. Проникающие ранения ПА являются жизнеугрожающими состояниями, поскольку в подобных случаях возможно появление массивной кровопотери вплоть до геморрагического шока, а также развитие острого нарушения мозгового кровообращения [1].

РАЗВИТИЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ

Примитивные межсегментарные артерии (МСА) впервые появляются из несросшихся примитивных дорсальных аорт на 1-й стадии 6 сомитов. У взрослых (T2/T3 – L3/L4) сохраняется от 14 до 16 пар МСА аортального происхождения. Первые 6 шейных МСА объединяются с проатлантальной артерией и образуют подключичную артерию, позвоночную артерию и вертебробазиллярное соединение [6, 7].

Позвоночная артерия имеет четыре сегмента: Сегмент V1 – идёт от начала артерии до ее входа в отверстие поперечного отростка шейного позвонка на уровне CVI. Наиболее часто позвоночная артерия берет начало от проксимальной подключичной артерии.

Если позвоночная артерия начинается от дуги аорты, то она обычно входит в отверстие поперечного отростка CV. Чаще встречается вариант, при котором левая позвоночная артерия начинается от подключичной артерии и входит в отверстие поперечного отростка CVI. Вход в отверстие поперечного отростка может располагаться на уровне C4, C5, C7. Описаны редкие случаи, когда левая позвоночная артерия возникает из левой общей сонной артерии или наружной сонной артерии. Описаны редкие варианты происхождения правой позвоночной артерии из аорты, сонных артерий или плечевого ствола [7].

Сегмент V2 позвоночной артерии – вертикальная часть позвоночной артерии. Начинается от точки входа ее в отверстие поперечного отростка до поперечного отростка C2. Сегмент V3 позвоночной артерии продолжается от выхода из поперечного отростка C2 до входа в спинномозговой канал. После выхода из отверстия поперечного отростка C2 артерия следует латерально и кзади и входит в отверстие поперечного отростка C1. Затем артерия следует назад и медиально и располагается в горизонтальной борозде на краниальной поверхности задней дуги C1. Ближе к срединной линии позвоночная артерия резко поворачивает и проникает через атлантозатылочную мембрану в позвоночный канал. В некоторых случаях сегмент V3 может дать начало затылочной артерии [7].

Сегмент V4 проникает через твердую мозговую оболочку мозга и попадает в большое затылочное отверстие, на уровне которого артерия располагается кпереди от продолговатого мозга, иногда образуя анастомоз с противоположной позвоночной артерией. Экстракраниальные сегменты позвоночной артерии дают начало достаточно крупным ветвям, кровоснабжающим глубокие мышцы шеи и мозговые оболочки. Зад-

няя оболочечная ветвь берет начало от позвоночной артерии выше уровня С1 и ниже большого затылочного отверстия и кровоснабжает намет мозжечка и медиальные отделы твердой мозговой оболочки затылочной ямки. Перед образованием базилярной артерии позвоночные артерии отдают ветви, которые следуют вниз и медиально и, объединяясь друг с другом, образуют переднюю спинномозговую артерию; задние спинномозговые артерии иногда начинаются от задних нижних мозжечковых артерий или от интракраниальных сегментов позвоночных артерий [6, 7]

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Как уже было сказано ранее, на все травмы ПА различной этиологии приходится менее 1 % (около 0,5 %) от всех поврежденных артерий [1, 8]. Основными причинами травмы ПА являются тупые травмы, сопровождающиеся переломами шейных позвонков, особенно вследствие автодорожных происшествий, и проникающие ранения, часто криминального характера.

Несколько другая картина обнаруживается в районах с трудной криминогенной обстановкой: так, Mwipatayi et al., представляя данные о пациентах, получавших лечение по поводу травм ПА в Groote Schuur Hospital в Кейптауне (ЮАР), сообщают о 41 пациенте с огнестрельным ранением ПА, 51 – с ножевым ранением, 3 – с ятрогенным повреждением и только о 6 случаях тупой травмы данного сосуда [3].

Asenio et al. (2020), проанализировав данные 71 статьи (серии случаев, клинические случаи), обобщили данные о 462 проникающих ранениях позвоночных артерий за период с 1893 по 2018 г. Только 361 случай имел достаточную характеристику для анализа. Механизм травмы был указан только у 341 пациента – в 131 случае это были

ножевые ранения (38 %), в 178 (51 %) – огнестрельные. Анатомическое расположение ранений было описано только у 177 (49 %) пациентов: 92 (25,4 %) слева, 84 (23,2 %) справа и в одном случае – с обеих сторон. Данные об анатомическом сегменте повреждения ПА доступны для 204 пациентов (56,4 %): 28 (7,7 %) – V1, 125 (34,5 %) – V2 и 51 (14,1 %) – V3 [5].

По данным Schellenberg et al. (2020), полученным в результате анализа сведений из Национального реестра данных о травмах (National Trauma Data Bank), только 9 % от всех повреждений ПА происходят вследствие проникающих ранений. Наиболее часто с проникающими травмами в стационары США поступают молодые мужчины (средний возраст 28 лет, 81 % пострадавших – мужского пола). В 79 % случаев причиной повреждения были насильственные действия (ножевое или огнестрельное ранение, нанесенные другим лицом) [1].

В целом данные, полученные нами в серии случаев, совпадают с общемировыми тенденциями – пациенты в исследуемой группе – мужчины трудоспособного возраста с криминальными ранениями ПА.

ДИАГНОСТИКА

Для диагностики повреждений позвоночных артерий применяют мультиспиральную компьютерную томографию и магнитно-резонансную томографию с контрастным усилением, ангиографию и ультразвуковое дуплексное сканирование [3, 8, 9]. Особенностью проникающих ранений ПА является то, что при поступлении пациента с данной патологией часто продолжается массивное артериальное кровотечение, что резко ограничивает время на диагностические мероприятия и выбор тактики ведения пациента. Часто из приемного покоя пациент попадает на операционный стол без выполнения методов

инструментального исследования. В случае с рентгенохирургическими вмешательствами, ангиография проводится непосредственно перед лечебной манипуляцией [3].

Примечательно, что с широким внедрением в практику ангиографических исследований произошли изменения в тактике лечения повреждений позвоночной артерии. По данным J. Meier с соавт. [23], отмечается рост числа случаев повреждений позвоночной артерии в мирное время (с 3 до 15 %), что, вероятно, связано с возросшими диагностическими возможностями. Без применения ангиографии повреждения позвоночной артерии могут быть не диагностированы при отсутствии клинической картины или если она слабовыражена [22, 23].

Именно поэтому наиболее подходящим методом диагностики при проникающих ранениях головы и шеи выглядит селективная ангиография, которую можно смело назвать золотым стандартом для уточнения диагноза [10]. Минусами данного подхода являются инвазивный характер этого метода и отсутствие рентгенооперационных во многих небольших и непрофильных лечебных учреждениях. Наименее инвазивный тестовый метод – ультразвуковая доплерография – в данном случае малоэффективен, так как большая часть позвоночных артерий анатомически труднодоступна. Плюсами являются доступность, неинвазивность и возможность определить скорость и направление кровотока по артериям [10]. С развитием технологий компьютерная томография с контрастным усилением постепенно начинает вытеснять селективную ангиографию в диагностике ранений артерий головы и шеи. Так, в некоторых исследованиях КТ демонстрирует чувствительность в почти 98 % и специфичность в 100 % при подобных травмах [11]. МРТ с контрастом является оптимальным методом для одновременного поиска повреждения артерий и ишемических

изменений головного мозга, однако чувствительность данного метода для диагностики ранений сосудов значительно ниже, нежели у КТ и ангиографии – до 60 % [10, 12].

МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ

После опыта Второй мировой войны были сформулированы положения, которые легли в основу хирургии кровеносных сосудов шеи и актуальны до сих пор. Во-первых, адекватность мозгового кровообращения в условиях односторонней перевязки сонных (или позвоночных артерий) определяется такими факторами, как строение Виллизиева круга, состояние стенки и просвета сосудов, способность поддерживать в сосудах головного мозга достаточное артериальное давление, наличие нарушений артериального давления. Во-вторых, основным мероприятием при ранениях и перевязке магистральных артерий шеи должно быть восполнение кровопотери. В-третьих, восстановительные операции на повреждённых сосудах имеют преимущество перед лигатурными методами. Бурное развитие ангиохирургии во второй половине XX в. привело к существенному улучшению исходов лечения раненых в шею за счет появления новых методов диагностики повреждений сосудов шеи (ангиография, доплерография, компьютерная томография) и разработки эндоваскулярных методов лечения, о чем упоминалось выше [20, 21, 22, 23].

Наиболее частым вмешательством, выполняемым при проникающих ранениях ПА, является открытое вмешательство с перевязкой артерии – по данным Asenio et al. (2020) подобной тактики придерживаются хирурги в 43 % случаев. Несмотря на некоторую консервативность хирургов в вопросах лечения подобных травм, современные методы лечения с применением эндоваскулярных технологий выглядят достаточно многообещаю-

щами [13]. Эндovasкулярная эмболизация проводится более чем в 30 % случаев, в 11 % используется сочетанная методика. Наиболее редким способом лечения является имплантация стент-графтов – всего 10 случаев. Интересен тот факт, что в более чем 27 % случаев используется выжидательная тактика с наблюдением и консервативным ведением пациента [5]. Schellenberg et al. (2020) указывают на тот факт, что в группе пациентов с огнестрельными ранениями ПА доля консервативного ведения выше, нежели в группе травм от холодного оружия [1]. Редкость подобных ранений и отсутствие единых рекомендаций и протоколов ведения оставляют лечащему врачу творческий простор, что приводит к появлению оригинальных методик. Например, Rejkić et al. приводят случай лечения пациента с проникающим ранением ПА, которому после клипирования проксимального отдела ПА в дистальный отрезок артерии с гемостатической целью был введен катетер Фогарти, удаленный только через три дня после операции, других вмешательств не выполнялось. Наблюдение в течение 14 месяцев не выявило никаких осложнений [14].

В случае сочетания повреждения позвоночной артерии с аневризмой этого же сосуда задача хирурга заметно усложняется. Вмешательства при аневризмах интравертебрального сегмента *a. vertebralis* представляют собой непростую проблему из-за анатомической труднодоступности и низкого качества визуализации артерии в костном канале. В последнее время возрастает роль рентгенохирургических вмешательств в лечении аневризм позвоночных артерий. В подобных случаях использование эндоваскулярных методов при повреждении позвоночной артерии, так же, как и при изолированном повреждении, стало альтернативой традиционному хирургическому лечению либо применяется в сочетании с открытой операцией [14, 16].

Гемостаз при поражении позвоночной артерии в канале поперечных отростков представляет известные трудности за счёт топографо-анатомических особенностей этой зоны. Лигирование сосуда возможно лишь в предпозвоночном сегменте [15]. Комбинация традиционного и эндоваскулярного методов лечения позволяет остановить кровотечение [18].

Смертность среди пациентов с ранениями ПА колеблется от 10 до 20 % [1, 5]. Что примечательно, при анализе отдельных случаев из практики уровень летальности составляет чуть более 10 %, а при обработке данных только статей с сериями случаев – около 15 % [5]. Осложнениями проникающих повреждений ПА являются посттравматические артериальные аневризмы (18,5 % случаев), артериовенозные фистулы (16,9 % случаев) и контузии артерии [3, 5]. Многие авторы предлагают консервативный путь лечения окклюзивных или минимальных повреждений позвоночной артерии, а ранения позвоночной артерии с последующим образованием артериовенозных фистул или аневризм – методами ангиографической эмболизации [17, 18, 19].

Также ранения часто сопровождаются повреждением других сосудов (в первую очередь венозных), нервных стволов и позвонков [3]. Например, при ранении симпатического ствола может отмечаться посттравматический синдром Горнера [15]. Наиболее опасным осложнением является острое нарушение мозгового кровообращения, вероятность которого заметно увеличивается при сопутствующем повреждении сонной артерии [1]. В литературе имеется крайне мало публикаций, упоминающих о развитии неврологических расстройств при ранениях или перевязке позвоночной артерии. В наблюдениях L. Yee с соавт. [16] в группе из 16 пострадавших с повреждениями позвоночной артерии в 50 % случаев после пере-

вязки артерий отмечались временные неврологические нарушения. При травме позвоночной артерии и общей или внутренней сонной артерий, по современным взглядам, достаточным для кровоснабжения головного мозга является восстановление только сонных артерий [19–21].

ВЫВОДЫ

Проникающие ранения позвоночных артерий – крайне редкое и потенциально смертельное состояние, которому наиболее подвержены мужчины трудоспособного возраста. Массивное продолжающееся кровотечение является основным показанием для немедленного хирургического вмешательства и ограничивает врача во времени для определения тактики лечения. Несмотря на развитие мини-инвазивных технологий, ведущее значение при ранениях экстракраниального отдела позвоночных артерий имеют открытые хирургические вмешательства. Смертность при данной патологии остается высокой, несмотря на прогресс в методах лечения и диагностики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Schellenberg M., Owattanapanich N., Cowan S., Strickland M., Lewis M., Clark D.H., Inaba K. Penetrating injuries to the vertebral artery: interventions and outcomes from US Trauma Centers. *Eur. J. Trauma. Emerg. Surg.* 2020; 21: 1–8.
2. Opeskin K., Burke M.P. Vertebral artery trauma. *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 1998; 19 (3): 206–217.
3. Mwiipatayi B.P., Jeffery P., Beningfield S.J., Motale P., Tumnicliffe J., Navsaria P.H. Management of extra-cranial vertebral artery injuries. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2004; 27 (2): 157–162.
4. Sarkari A., Singh P.K., Mahapatra A.K. Lethal penetrating stab injury to the vertebral artery: A case report with review of literature. *Asian J. Neurosurg.* 2016; 11 (3): 317.
5. Asensio J.A., Dabestani P.J., Wenzl F.A., Miljkovic S.S., Kessler J.J. 2nd, Fernandez C.A., Becker T., Cornell D., Siu M., Voigt C. A systematic review of penetrating extracranial vertebral artery injuries. *Agrawal DKJ Vasc. Surg.* 2020; 71 (6): 2161–2169.
6. Gailloud P. Spinal Vascular Anatomy. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2019; 29 (4): 615–633.
7. Satti S.R., Cerniglia C.A., Koenigsberg R.A. Cervical vertebral artery variations: an anatomic study. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2007; 28 (5): 976–980.
8. Leiderman D.B.D., Zerati A.E., Wolosker N., Hoffmann Melo H.A., da Silva E.S., De Luccia N. Endovascular Treatment of Penetrating Injury to the Vertebral Artery by a Stab Wound: Case Report and Literature Review. *Ann Vasc Surg.* 2017; 45: 267.e1–267.e5.
9. Karagiorgas G.P., Brotis A.G., Giannis T., Rountas C.D., Vassiou K.G., Fountas K.N., Kapsalaki E.Z. The diagnostic accuracy of magnetic resonance angiography for blunt vertebral artery injury detection in trauma patients: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2017; 160: 152–163.
10. Sharma P., Hegde R., Kulkarni A. et al. Traumatic vertebral artery injury: a review of the screening criteria, imaging spectrum, mimics, and pitfalls. *Pol. J. Radiol.* 2019; 84: e307–e318.
11. Eastman A.L., Chason D.P., Perez C.L. et al. Computed tomographic angiography for the diagnosis of blunt cervical vascular injury: is it ready for primetime? *J. Trauma.* 2006; 60: 925–929.
12. Miller P.R., Fabian T.C., Croce M.A. et al. Prospective screening for blunt cerebrovascular injuries: analysis of diagnostic modalities and outcomes. *Ann Surg.* 2002; 236: 386–393.
13. Yaguchi S., Yamamura H., Kamata K., Shimamura N., Kakebata S., Matsubara A. Treatment strategy for a penetrating stab

wound to the vertebral artery: a case report. *Acute. Med. Surg.* 2019; 6: 83–86.

14. *Pejkić S., Ilić N., Dragaš M., Dimić A., Končar I., Cvetković S., Davidović L.* Indirect surgical management of a penetrating vertebral artery injury. *Vascular.* 2014; 22 (6): 468–470.

15. *Aydın H., Koçer B., Okçu O., Sakinci Ü.* Vertebral artery injury in a stab wound at neck resulting in ipsilateral horner's syndrome: a case report. *Case. Rep. Clin. Pract. Rev* 2006; 7: 258–262.

16. *Yee L.F., Olcott E.W., Knudson M.M., Lim R.S.* Extraluminal, transluminal and observational treatment for vertebral artery injuries. *J. Trauma* 1995; 39 (3): 480–484.

17. *Банайтис С.И.* Повреждения шеи. Краткий курс военно-полевой хирургии. М.: Медгиз 1942; 266–276.

18. *Размадзе А.В.* Диагностика и лечение повреждений магистральных сосудов шеи в военное время. *Вестник хирургии* 1996; 146 (6): 61–63.

19. *Антонов Г.И., Миклашевич Э.Р., Гладышев С.Ю., Богданович С.О.* Хирургическое лечение ложной аневризмы позвоночной артерии на границе V2 и V3 сегментов. *Вопросы нейрохирургии им Н.Н. Бурденко.* 2015; 79 (3): 90–95.

20. *Дуданов И.П., Юрьян О.И., Ижиков Ю.А.* Травматические повреждения экстракраниального сегмента сонной артерии. *Ангиология и сосудистая хирургия* 1994; 4: 33–45.

21. *Сотниченко Б.А., Макаров В.И., Стенура А.П.* Диагностика и хирургическая тактика при проникающих ранениях шеи. *Вестник хирургии* 1997; 5: 38–40.

22. *Махов Н.И.* Ранения сосудов шеи. Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. М. 1955; 19 (1): 195–239.

23. *Meyer J.P., Schuler J.J.* Analysis of recent cases of penetrating injuries to the common and internal carotid. *Am. J. Surg.* 1988; 156 (2): 96–99.

REFERENCES

1. *Schellenberg M., Owattanapanich N., Cowan S., Strickland M., Lewis M., Clark D.H., Inaba K.* Penetrating injuries to the vertebral artery: interventions and outcomes from US Trauma Centers. *Eur. J. Trauma. Emerg. Surg.* 2020 21: 1–8.

2. *Opeskin K., Burke M.P.* Vertebral artery trauma. *Am. J. Forensic. Med. Pathol.* 1998; 19 (3): 206–217.

3. *Mwipatayi B.P., Jeffery P., Beningfield S.J., Motale P., Tummicliffe J., Navsaria P.H.* Management of extra-cranial vertebral artery injuries. *Eur J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2004; 27 (2): 157–162.

4. *Sarkari A., Singh P.K., Mahapatra A.K.* Lethal penetrating stab injury to the vertebral artery: A case report with review of literature. *Asian. J. Neurosurg.* 2016; 11 (3): 317.

5. *Asensio J.A., Dabestani P.J., Wenzl F.A., Miljkovic S.S., Kessler J.J. 2nd, Fernandez C.A., Becker T., Cornell D., Siu M., Voigt C.* A systematic review of penetrating extracranial vertebral artery injuries. *Agrawal DKJ Vasc. Surg.* 2020; 71 (6): 2161–2169.

6. *Gailloud P.* Spinal Vascular Anatomy. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2019; 29 (4): 615–633.

7. *Satti S.R., Cerniglia C.A., Koenigsberg R.A.* Cervical vertebral artery variations: an anatomic study. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2007; 28 (5): 976–980.

8. *Leiderman D.B.D., Zerati A.E., Wolosker N., Hoffmann Melo H.A., da Silva E.S., De Luccia N.* Endovascular Treatment of Penetrating Injury to the Vertebral Artery by a Stab Wound: Case Report and Literature Review. *Ann. Vasc. Surg.* 2017; 45: 267.e1–267.e5.

9. *Karagiorgas G.P., Brotis A.G., Giannis T., Rountas C.D., Vassiou K.G., Fountas K.N., Kapsalaki E.Z.* The diagnostic accuracy of magnetic resonance angiography for blunt vertebral artery injury detection in trauma patients: A systematic review and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2017; 160: 152–163.

10. Sharma P., Hegde R., Kulkarni A. et al. Traumatic vertebral artery injury: a review of the screening criteria, imaging spectrum, mimics, and pitfalls. *Pol. J. Radiol.* 2019; 84: e307–e318.

11. Eastman A.L., Chason D.P., Perez C.L. et al. Computed tomographic angiography for the diagnosis of blunt cervical vascular injury: is it ready for primetime? *J. Trauma.* 2006; 60: 925–929.

12. Miller P.R., Fabian T.C., Croce M.A. et al. Prospective screening for blunt cerebrovascular injuries: analysis of diagnostic modalities and outcomes. *Ann Surg.* 2002; 236: 386–393.

13. Yaguchi S., Yamamura H., Kamata K., Shimamura N., Kakebata S., Matsubara A. Treatment strategy for a penetrating stab wound to the vertebral artery: a case report. *Acute. Med. Surg.* 2019; 6: 83–86.

14. Pejkić S., Ilić N., Dragaš M., Dimić A., Končar I., Cvetković S., Davidović L. Indirect surgical management of a penetrating vertebral artery injury. *Vascular.* 2014; 22 (6): 468–470.

15. Aydın H., Koçer B., Okçu O., Sakinci Ü. Vertebral artery injury in a stab wound at neck resulting in ipsilateral horner's syndrome: a case report. *Case. Rep. Clin. Pract. Rev.* 2006; 7: 258–262.

16. Yee L.F., Olcott E.W., Knudson M.M., Lim R.S. Extraluminal, transluminal and observational treatment for vertebral artery injuries. *J. Trauma* 1995; 39 (3): 480–484.

17. Banajtis S.I. Povrezhdenija shei. – Kratkij kurs voenno-polevoj hirurgii. Moscow: Medgiz 1942: 266–276 (in Russian).

18. Razmadze A.V. Diagnostika i lechenie povrezhdenij magistral'nyh sosudov shei v voen-

noe vremja. *Vestn. bir.* 1996; 146 (6): 61–63 (in Russian).

19. Antonov G.I., Miklashevich Je.R., Gladyshev S.Ju., Bogdanovich S.O. Hirurgicheskoe lechenie lozhnoj anevrizmy pozvonochnoj arterii na granice V2 i V3 segmentov. *Vopr. Nejbirurgii im N.N. Burdenko* 2015; 79 (3): 90–95. (in Russian).

20. Dudanov I.P., Jur'jan O.I., Izbikov Ju.A. Travmaticheskie povrezhdenija ekstrakranial'nogo segmenta sonnoj arterii. *Angiologija i sosud. bir.* 1994; 4: 33–45 (in Russian).

21. Sotnichenko B.A., Makarov V.I., Stepura A.P. Diagnostika i hirurgicheskaja taktika pri pronikajushhijh ranenijah shei. *Vestn. bir.* 1997; 5: 38–40 (in Russian).

22. Mabov N.I. Ranenija sosudov shei. Opyt sovetskoj mediciny v Velikoj Otechestvennoj vojne 1941–1945 gg. Moscow 1955; 19 (1): 195–239 (in Russian).

23. Meyer J.P., Schuler J.J. Analysis of recent cases of penetrating injuries to the common and internal carotid. *Am. J. Surg.* 1988; 156 (2): 96–99.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 09.04.2022

Одобрена: 18.04.2022

Принята к публикации: 16.05.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Проникающие ранения позвоночных артерий: обзор литературы / И.А. Карасов, А.А. Антонян, В.А. Самарцев, А.Ю. Опарин, Е.В. Круглов // Пермский медицинский журнал. – 2022. – Т. 39, № 3. – С. 55–62. DOI: 10.17816/pmj39355-62

Please cite this article in English as: Karasov I.A., Antonyan A.A., Samartsev V.A., Oparin A.Yu., Kruglov E.V. Penetrating wounds of vertebral arteries: literature review. *Perm Medical Journal*, 2022, vol. 39, no. 3, pp. 55-62. DOI: 10.17816/pmj39355-62