



ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИИ ОПУХОЛЕЙ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА В ОБЛАСТИ ПОЗВОНОЧНОЙ АРТЕРИИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Д.А. Глухов¹, В.И. Зорин^{1, 2}, А.Ю. Мушкин¹

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Санкт-Петербург, Россия

²Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Анализ литературы, посвященной опухолям шейного отдела позвоночника, располагающимся в области позвоночной артерии.

Материал и методы. Для обзора литературы отобраны 65 публикаций, содержащих данные о хирургическом лечении 101 пациента с опухолями шейного отдела позвоночника, локализующимися в области V₁–V₃ сегментов позвоночной артерии.

Результаты. Анализ публикаций выполнен по следующим критериям: демографические данные, жалобы, гистологический тип опухоли, вовлечение позвоночной артерии, проведение окклюзионного теста, окончательная эмболизация или перевязка артерии в ходе оперативного вмешательства, послеоперационные осложнения. Публикационная группа состоит из 66 мужчин и 35 женщин, средний возраст которых на момент операции — 38,7 года. Острое развитие неврологической симптоматики на догоспитальном этапе, связанное со сдавлением позвоночной артерии, отмечено в двух случаях. Наиболее часто поражаются C₂–C₄ позвонки, злокачественный процесс подтвержден в 70,3 % случаев. В 27 случаях пациентам проводили окклюзионный тест вовлеченной позвоночной артерии. На предоперационном этапе окончательную эмболизацию артерии выполнили 9 пациентам, в ходе основной операции артерию перевязали и удалили вместе с опухолью — у 25, повредили — у 7. Неврологические нарушения, связанные с остановкой кровотока по позвоночной артерии, отмечены в двух случаях. В ряде случаев пациентам выполнено наложение сосудистого анастомоза с сохранением кровотока на контрольных исследованиях.

Заключение. Учет полученных данных и тщательное предоперационное планирование позволяют улучшить лечение данной группы пациентов, повысить выживаемость, снизить риски возможных неврологических нарушений и рецидива опухоли.

Ключевые слова: опухоль, шейный отдел позвоночника, позвоночная артерия, хирургия.

Для цитирования: Глухов Д.А., Зорин В.И., Мушкин А.Ю. Особенности хирургии опухолей шейного отдела позвоночника в области позвоночной артерии: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17. № 3. С. 91–99.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.3.91-99>.

SURGERY OF CERVICAL SPINE TUMORS IN THE CLOSE VICINITY TO THE VERTEBRAL ARTERY: LITERATURE REVIEW

D.A. Glukhov¹, V.I. Zorin^{1, 2}, A.Yu. Mushkin¹

¹St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia

²North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

Objective. To analyze the literature on cervical spine tumors located in the region of the vertebral artery.

Material and Methods. Sixty five publications containing data on the surgical treatment of 101 patients with tumors of the cervical spine located in the area of V₁–V₃ vertebral artery segments were selected for the literature review.

Results. The analysis of publications was performed according to the following criteria: demographic data, complaints, histological type of tumor, involvement of the vertebral artery, the performed occlusion test, final embolization or ligation of the artery during surgery, and postoperative complications. The group of patients described in selected publications consisted of 66 men and 35 women, whose average age at the time of surgery was 38.7 years. Acute development of neurological symptoms at the prehospital stage caused by vertebral artery compression was observed in two cases. The C₂–C₄ vertebrae were most often affected, and the malignant process was confirmed in 70.3 % of cases. In 27 cases, patients underwent an occlusion test of the involved vertebral artery. At the preoperative stage, the final embolization of the artery was performed in 9 cases, the artery was tied during the main operation and removed together with the tumor — in 25, and damaged — in 7. Neurological disorders associated with stopping blood flow through the vertebral artery were noted in two cases. In a number of cases, patients underwent vascular anastomosis with preservation of blood flow at follow-up examination.

Conclusion. Taking into account the obtained data and careful preoperative planning will improve the treatment of this group of patients, increase survival, and reduce the risks of possible neurological disorders and tumor recurrence.

Key Words: tumor, cervical vertebrae, vertebral artery, surgery.

Please cite this paper as: Glukhov DA, Zorin VI, Mushkin AYU. Surgery of cervical spine tumors in the close vicinity to the vertebral artery: literature review. Hir. Pozvonoc. 2020;17(3):91–99. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.3.91-99>.

Хирургические вмешательства на шейном отделе позвоночника считаются одними из самых сложных, что обусловлено своеобразием анатомии этой зоны, а именно прохождением магистральных сосудов, обеспечивающих кровоснабжение головного мозга, – сонных и позвоночных артерий. При этом, если сонные артерии, располагаясь в мягких тканях, имеют большой диаметр, достаточно подвижны и доступны для хирургических манипуляций в случае необходимости, то расположение позвоночных артерий в костном канале значительно ограничивает возможности хирурга.

Классический анатомический вариант кровотока с полноценными позвоночными, сонными и соединительными артериями встречается только у 34,5 % населения; остальные представлены 83 вариантами – от полностью изолированных бассейнов сонных и позвоночных артерий до сложных систем сосудистых коллатералей [1]. В связи с этим клинические проявления нарушений кровотока по позвоночным артериям не вполне предсказуемы и могут варьировать от бессимптомного течения до тяжелой ишемии головного мозга [2–4].

При хирургическом лечении опухолей шейного отдела позвоночника вопрос сохранения позвоночных артерий всегда сопоставляется с предпочтительностью радикального удаления новообразования. При этом варианты взаимоотношений опухоли и сосуда разнообразны (от сдавления до циркулярного охвата сосуда), что требует четкого планирования операции, профилактики кровотечения и вариантов интраоперационного гемостаза.

Цель исследования – анализ литературы, посвященной опухолям шейного отдела позвоночника, располагающимся в области позвоночной артерии.

Материал и методы

Систематический поиск литературы выполнен в информационных базах

данных E-library.ru, Pubmed и Google Scholar (дата последнего запроса: 1 июня 2020 г.) без ограничения по времени ретроспекции и типу публикации по следующим ключевым словам: «опухоль шейного отдела позвоночника», «позвоночная артерия», «cervical spine tumor», «vertebral artery».

Критерии включения в исследование:

- 1) опухоли шейного отдела позвоночника;
- 2) информация об их взаимоотношении с позвоночной артерией.

Критерии исключения:

- 1) нейрогенные новообразования шейного отдела;
- 2) отсутствие полнотекстового варианта статьи;
- 3) отсутствие описания взаимоотношений новообразования с артерией и особенностей манипуляции вблизи нее в ходе диагностической процедуры или операции;
- 4) расположение опухоли на уровне V_4 сегмента позвоночной артерии (выше петли на C_1 – C_2).

Результаты

Отбор публикаций. Алгоритм отбора публикаций с применением критериев включения и исключения представлен на рис. 1. Окончательная выборка составила 65 статей, из которых только 11 представляют описание клинических серий, включающих от 2 до 10 наблюдений [5–15], а оставшиеся 54 – описание единичных случаев [16–69].

65 публикаций суммарно включают данные о 101 пациенте (66 мужчинах и 35 женщинах), средний возраст которых на момент операции составил 38,7 года (min 5; max 83). Пациентов детского возраста (до 18 лет) было 21 (20,8 %), представлены они в 14 работах [5–8, 16–25], в которых наиболее крупные серии составляют 3 ребенка [5–7].

Клинико-морфологическая структура. К моменту хирургического лечения жалобы пациентов были разнообразны, при этом ведущими являлись боль в области шеи, чувствительные и двигательные нарушения

в верхних конечностях (табл. 1). Клиническая картина сосудистой патологии отмечена лишь в двух случаях: в одном проявлялась головокружением – симптомом лучника [26], в другом – острым развитием общемозговой симптоматики (головной болью, головокружением, тошнотой, рвотой) и нарушением походки, вызванных очагом ишемии в мозжечке [27]. В обоих случаях причиной жалоб послужила окклюзия позвоночной артерии остеохондромой.

Вероятно, редкость патологии и неспецифичность жалоб, в том числе отсутствие в большинстве случаев острой неврологической симптоматики, затрудняют постановку диагноза: средняя диагностическая пауза в группе составила 17,9 мес. (min 2 дня; max 10 лет).

Всем пациентам выполняли МСКТ и МРТ с целью визуализации, определения топографических особенностей и характеристики образования. В 57 (56,4 %) наблюдениях имелось поражение нескольких (от 2 до 5) смежных позвонков. С учетом сегментарного строения позвоночной артерии новообразования локализовались на уровне шейно-грудного перехода (V_1 сегмент *a. vertebralis*) в 12 случаях, на уровне прохождения в канале шейных позвонков (V_2 сегмент) – в 40, на уровне C_1 – C_2 (V_3 сегмент) – в 49 (рис. 2).

Биопсия как первый этап инвазивных вмешательств выполнена в 61 из 101 случая, в оставшихся 40 она была совмещена с основным этапом операции. Наиболее частыми гистологическими вариантами опухолей оказались хордомы (55 (54,5 %) пациентов) и остеобластомы (11 (10,9 %) пациентов).

Злокачественный характер опухоли подтвержден в 71 (70,3 %) наблюдении (рис. 3).

Особенности предоперационного обследования. Объем планируемых хирургических вмешательств зависел от типа опухоли и ее взаимоотношений с окружающими анатомическими образованиями. Именно поэтому в значительном числе публикаций авторы указывают на необходимость

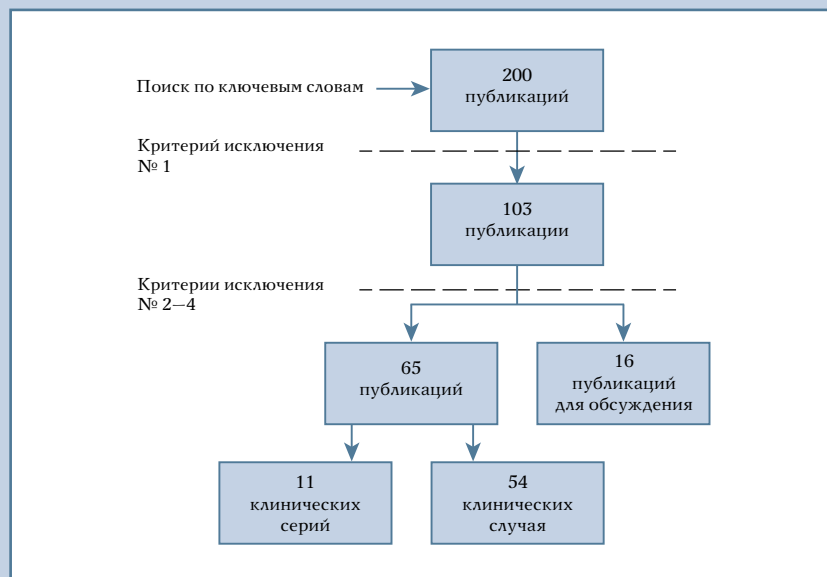


Рис. 1

Алгоритм отбора публикаций

Таблица 1

Структура клинических проявлений опухолей позвоночника около позвоночной артерии

Клинические проявления	Наблюдения, n (%)
Цервикалгия	62 (61,4)
Радикулопатия	52 (51,5)
Миелопатия	19 (18,8)
Дисфагия	15 (14,9)
Тугоподвижность	7 (6,9)
Кривошея	6 (5,9)
Диспноэ	4 (4,0)
Головная боль	3 (3,0)
Дисфония	2 (2,0)
Дискомфорт в горле	1 (1,0)
Общемозговая симптоматика, атаксия	1 (1,0)
Симптом лучника	1 (1,0)

дополнительного ангиоконтрастного обследования: МР-ангиография (20 статей), КТ-ангиография (35) и рентген-ангиография (41). В 18 публикациях методы ангиографии комбинировались.

В случаях значительного риска повреждения позвоночной артерии или ее утраты в ходе резекции en bloc рекомендуется проведение временного окклюзионного теста. В рассматри-

ваемой группе он выполнен 27 пациентам, при этом в 20 случаях его проводил эндоваскулярный хирург [13–18, 28–34]. Состояние пациента оценивали по данным нейрофизиологического мониторинга или изменению неврологического статуса в течение 30 мин, если манипуляция выполнялась под местной анестезией. У одного больного во время теста развилась клиника гемипареза, что потребова-

ло коррекции плана хирургического лечения [28]. Окончательная эмболизация вовлеченной артерии после окклюзионного теста выполнена трем пациентам (в одном случае – с двух сторон) [18, 29, 30], без теста – шести [9, 35–39]. В семи случаях тест выполнялся во время основной операции путем наложения зажимов на позвоночную артерию на 30 мин с нейрофизиологическим мониторингом вызванных моторных и сенсорных потенциалов [10, 11, 19, 40–42].

Особенности хирургических вмешательств. У большинства пациентов объем операции заключался в удалении образования из комбинированного доступа с передней и задней стабилизацией. Структура хирургических вмешательств представлена в табл. 2.

Корреляция между количеством пораженных секторов позвонка, оцененным по классификации Weinstein – Boriani – Biagini (WBB) [70], и объемом хирургического вмешательства показывает очень слабую взаимосвязь ($r = 0,25$). Распространение опухоли экстравертебрально (слой А по WBB) установлено в 66 случаях, интраканально (слой D) – в 58, интрадурально (слой E) – в 3. Представляет интерес указание на вовлечение в опухолевый процесс слоя F (канал позвоночной артерии) лишь в семи случаях [9, 11, 15, 21, 37]. Слой F дополнительно выделен для более детального описания распространения опухоли в шейном отделе позвоночника в дополненной классификации WBB [71]; в оригинальной статье Boriani et al. этот слой не описан.

Резекция en bloc выполнена у 37 из 101 пациента. Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг использовали в 32 случаях.

В ходе основного этапа хирургического лечения у 25 пациентов, которым ранее не была выполнена эмболизация, вовлеченную позвоночную артерию перевязали и удалили вместе с опухолевой массой [10–16, 19, 31–33, 40, 41, 43–46]. В 15 случаях планируемое прекращение кровотока по заинтересованной артерии выполняли без предварительного окклюзи-

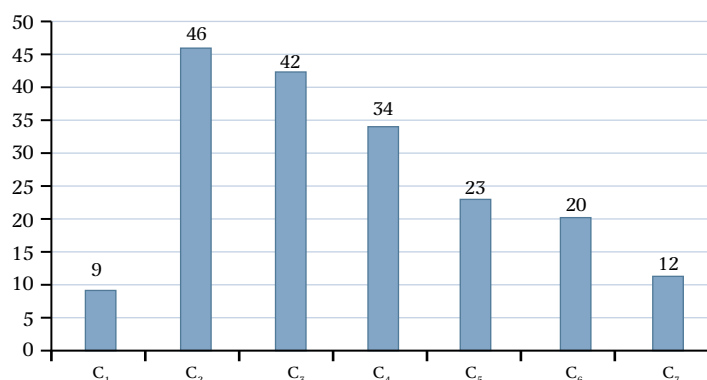


Рис. 2

Структура поражений позвонков (по результатам 65 публикаций)

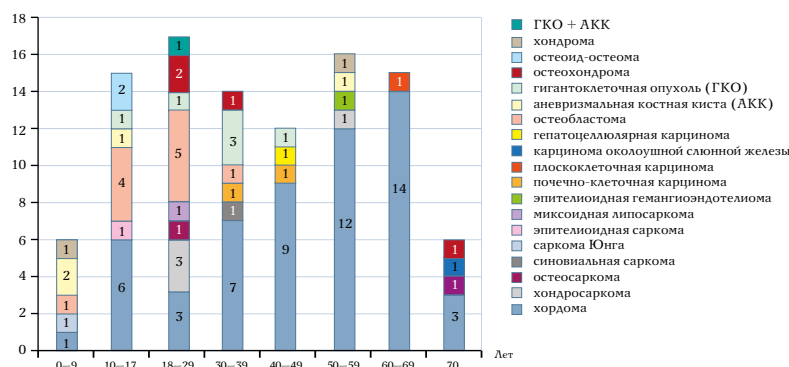


Рис. 3

Возрастное распределение гистологических типов опухолей шейного отдела позвоночника

Таблица 2

Структура хирургических вмешательств

Вид лечения	Пациенты, n (%)
Удаление опухоли из комбинированного доступа с передней и задней стабилизацией	73 (72,3)
Удаление опухоли из заднего доступа со стабилизацией	3 (3,0)
Удаление опухоли из заднего доступа со стабилизацией и вертебропластикой	2 (2,0)
Удаление опухоли из переднего доступа со стабилизацией	7 (6,9)
Удаление опухоли	15 (14,8)
Вертебропластика	1 (1,0)

онного теста и нейрофизиологического мониторинга [9, 12, 14, 35–39, 43–46]. Трем пациентам после удаления вовлеченной части позвоночной артерии выполнили пластику последней венозным аутоотрансплантатом без уточнения показаний [6]. Интраоперационное повреждение артерии произошло в семи случаях: в двух она перевязана, в двух – тампонирована, в одном – коагулирована и в одном – наложен сосудистый шов [7, 20, 47–49]. Еще в одном случае повреждение позвоночной артерии металлоконструкцией проявилось после операции судорогами и картиной тетрапареза на фоне выявленного очага ишемии в головном мозге: наложен шунт между дистальной частью поврежденной позвоночной артерии и наружной сонной артерией венозным аутоотрансплантатом, что позволило купировать неврологическую симптоматику [6]. В одном наблюдении после перевязки позвоночной артерии в послеоперационном периоде отмечен только судорожный синдром [12].

Помимо позвоночной артерии, в 31 случае перевязано от 1 до 4 вовлеченных спинно-мозговых корешков, из них в пяти наблюдениях – с двух сторон. При перевязке корешков C₁–C₃ авторы не отмечали значимых неврологических осложнений, среди 14 случаев перевязки C₄ корешка у трех пациентов отмечен парез диафрагмы, у двух – пневмония. Перевязка корешков C₅ и каудальнее закономерно проявлялась соответствующим неврологическим дефицитом. Структура послеоперационных осложнений представлена в табл. 3.

Средний период послеоперационного наблюдения составил 30,3 мес. (min 2; max 169). У пациентов с ангиопластикой отмечалось сохранение кровотока в зоне реконструкции [6]. Четверо пациентов получали лучевую терапию по поводу остаточной опухоли (3 хордомы, 1 гигантоклеточная опухоль) [50–53], у 10 имелся ее рецидив: у 2 – с остеобластомой, у 1 – с эпителиоидной гемангиоэндотелиомой (взяты на динамическое наблюдение) [20, 48, 54]; у 7 – с хор-

домой (в трех случаях проведена лучевая терапия [9, 13], в двух – повторное удаление опухоли [6, 40], 2 пациента погибли на фоне прогрессирования заболевания [8]). Из пациентов с метастатическими поражениями позвоночника трое погибли без локального рецидива опухоли в зоне вмешательства [6], один с остаточной опухолью взят на динамическое наблюдение [38].

Обсуждение

Выполненный анализ литературы показывает малое число описаний поражения шейного отдела позвоночника опухолевым процессом в области позвоночных артерий, еще меньше работ посвящено такой категории пациентов детского возраста.

В детском (от 0 до 17 лет) и в молодом (от 18 до 29 лет) возрасте отмечается значительная вариация гистологических типов опухолей с преобладанием доброкачественных процессов, в отличие от пациентов более старшего возраста, у которых превалируют первично злокачественные и метастатические процессы.

При выявлении патологии в области позвоночных артерий целесообразна ангиография любым из доступных способов. Это позволит спланировать предстоящую операцию [15, 30, 72]. В то же время вариативность кровоснабжения головного мозга не позволяет полагаться только на данные ангиографии в решении вопроса о судьбе позвоночной артерии: среди 101 рассматриваемого в литературе случая, включающего 51 случай временного (окклюзионный тест) или окончательного блокирования артерии, ишемические нарушения со стороны головного мозга отмечены только у трех пациентов, что составляет 5,9 % [6, 12, 28]. Как уже отмечалось выше, на догоспитальном этапе неврологическая симптоматика проявилась только у двух пациентов [26, 27].

На наш взгляд, определенный интерес могут представлять данные 16 публикаций, обобщающих достаточно большие клинические серии, которые мы не включили в анализи-

Таблица 3

Структура послеоперационных осложнений

Осложнения	Пациенты, n
Неврологические:	27 (26,7 %)
радикулопатия	16
парез диафрагмы	3
судороги	2
ликворея	2
тетрапарез	1
синдром Горнера	1
менингоцеле	1
дисфония	1
Ортопедические:	6 (5,9 %)
миграция металлоконструкции	3
тугоподвижность шеи	2
деформация	1
Раневые:	12 (11,9 %)
раневой дефект	8
инфекция	3
гематома	1
Прочие:	14 (13,9 %)
дисфагия	6
пневмония	4
сепсис	1
желудочно-кишечное кровотечение	1
болевого синдром	1
атрофия <i>m. splenius capitis</i> (по месту доступа)	1

руемую выборку из-за их несоответствия оцениваемым нами параметрам, но посвященных непосредственным манипуляциям на позвоночной артерии у пациентов с опухолевыми процессами. Часть этих работ посвящена успешной превентивной эндоваскулярной эмболизации [4, 73, 74], в других упоминаются отсроченные (до 11 сут) ишемические нарушения [75, 76]. Несмотря на это, все авторы рекомендуют эмболизацию позвоночной артерии как эффективную и безопасную процедуру.

В литературе представлены и единичные случаи повреждения позвоночной артерии при удалении опухолей в перечне общих осложнений с отсутствием неврологической симптоматики в послеоперационном периоде [77–82], в то же время Choi et al. [83] в серии из 97 пациентов отмечают 1 случай, приведший к возникновению очага ишемии в головном мозге.

Hoshino et al. [84] при односторонней перевязке недоминантных позвоночных артерий в случае рецидива хордомы при окклюзионном тесте оставшейся позвоночной артерии, также вовлеченной в опухолевый процесс, получили выпадение полей зрения с восстановлением, в результате чего при повторном удалении опухоли выполнили перевязку артерии и удаление с наложением шунта между ее дистальным фрагментом и наружной сонной артерией. Некоторые авторы приводят успешный опыт использования хирургического микроскопа для выделения и сохранения заинтересованных позвоночных артерий [8, 85, 86]. Mattei et al. [87] рекомендуют выполнять заднюю инструментальную фиксацию шейного отдела позвоночника отдельным этапом, до любых манипуляций с позвоночной артерией, обосновывая это возможным ее повреждением при проведении

транспедикулярных винтов и сохранением кровотока в базилярной артерии при осложнениях. Перечисленные выше данные и осложнения соответствуют представленным в основной публикационной выборке.

Несмотря на низкий процент осложнений при одностороннем прекращении кровотока по позвоночной артерии, сам их характер является инвалидизирующим. И хотя ряд авторов [4, 75], ссылаясь на малые выборки и возникновение отдаленных осложнений, ставит под сомнение эффективность временного окклюзионного теста для прогнозирования ишемических последствий, его выполнение эндоваскулярным или открытым способом с использованием нейрофизиологического мониторинга может быть оправдано во избежание части острых неврологических осложнений [2, 3, 6, 28, 83, 84].

Выполнение биопсии до основного этапа хирургического лечения является оптимальным для понимания природы процесса и выбора правильной лечебной тактики. Вопрос же о способе биопсии остается открытым и зависит от топографии опухоли, технического оснащения и навыков хирурга.

Westbroek et al. [88] на основании опыта лечения 67 пациентов с опухолями в области позвоночной артерии предлагают алгоритм, основанный на онкологических (тип опухоли, наличие метастазов), механических

(степень вовлечения позвоночной артерии) и сосудистых (особенности Виллизиева круга и радикулопедкулярных артерий, двухстороннее вовлечение) критериях, рекомендуя принимать решение о необходимости удаления или выделения и сохранения вовлеченной позвоночной артерии. С нашей точки зрения, дополнение алгоритма с учетом возможности наложения сосудистых анастомозов, представленных другими исследователями [6, 84], может позволить добиться более радикального удаления опухоли (если это необходимо) и улучшать прогноз для пациента.

Заключение

Представленный анализ литературы иллюстрирует сложность выбора диагностической и лечебной тактики у пациентов с опухолями шейного отдела позвоночника. Возможность проведения необходимой диагностики, а также выполнения операции мультидисциплинарной командой объясняет целесообразность концентрации таких пациентов в специализированных хирургических центрах. Дополнительно при планировании таких операций должны обсуждаться технические действия по остановке возможного кровотечения, рациональный подход к выбору превентивной эмболизации и интраоперационной остановки кровотечения, что в конечном итоге позволит минимизировать

риски хотя и редких, но потенциально тяжелых осложнений, в том числе неврологических.

Ограничения достоверности полноты обзора литературы

1. За рамки обзора сознательно вынесен подробный анализ особенностей течения и лечения опухолей позвоночника, локализующихся вблизи позвоночных артерий, у детей. В литературе эта возрастная группа отмечена лишь в 14 публикациях, содержащих 21 наблюдение. Имея собственный опыт, сопоставимый с литературным, мы сочли возможным представить анализ этой возрастной группы в отдельной публикации.

2. Оценка степени вовлечения позвоночной артерии по представленным в публикациях данным весьма затруднительна, так как лишь немногие авторы приводят описание в тексте, а содержащиеся рисунки не всегда информативны.

3. В обзоре не анализируются особенности хирургических доступов (зависят от уровня поражения шейного отдела позвоночника и подробно описаны в литературе) и эффективность лечения опухолей (согласно тексту статей, оно проводилось по протоколам, соответствующим гистологическому типу).

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Bergman RA, Afifi AK, Miyauchi R. Circle of Willis. Illustrated Encyclopedia of Human Anatomic Variation: Opus II: Cardiovascular System: Arteries: Head, Neck, and Thorax. [Electronic resource]. URL: <https://www.anatomyatlases.org/AnatomicVariants/Cardiovascular/Text/Arteries/CircleofWillis.shtml> (last accessed data: 26.05.2020).
2. Altat F, Movlik H, Brew S, Rezajooi K, Casey A. Osteochondroma of C1 causing vertebral artery occlusion. Br J Neurosurg. 2013;27:130–131. DOI: 10.3109/02688697.2012.707701.
3. Fadili S, Clarençon F, Bonneville F, Savatovsky J, Deltour S, Dormont D. Occlusion of vertebral artery due to transverse canal osteochondroma. Clin Neuroradiol. 2014;24:395–397. DOI: 10.1007/s00062-013-0259-1.
4. Zoarski GH, Seth R. Safety of unilateral endovascular occlusion of the cervical segment of the vertebral artery without antecedent balloon test occlusion. AJNR Am J Neuroradiol. 2014;35:856–861. DOI: 10.3174/ajnr.A3885.
5. Menezes AH, Ahmed R. Primary atlantoaxial bone tumors in children: management strategies and long-term follow-up. J Neurosurg Pediatr. 2014;13:260–272. DOI: 10.3171/2013.11.PEDS13245.
6. Sen C, Eisenberg M, Casden AM, Sundaresan N, Catalano PJ. Management of the vertebral artery in excision of extradural tumors of the cervical spine. Neurosurgery. 1995;36:106–116. DOI: 10.1227/00006123-199501000-00014.
7. Zambelli PY, Lechevallier J, Bracq H, Carliz H. Osteoid osteoma or osteoblastoma of the cervical spine in relation to the vertebral artery. J Pediatr Orthop. 1994;14:788–792. DOI: 10.1097/01241398-199414060-00019.
8. Barrenechea JJ, Perin NI, Triana A, Lesser J, Costantino P, Sen C. Surgical management of chordomas of the cervical spine. J Neurosurg Spine. 2007;6:398–406. DOI: 10.3171/spi.2007.6.5.398.

9. Cloyd JM, Chou D, Deviren V, Ames CP. En bloc resection of primary tumors of the cervical spine: report of two cases and systematic review of the literature. *Spine J*. 2009;9:928–935. DOI: 10.1016/j.spinee.2009.07.005.
10. Ahmed AK, Pennington Z, Molina CA, Xia Y, Goodwin CR, Sciubba DM. Multidisciplinary surgical planning for en bloc resection of malignant primary cervical spine tumors involving 3D-printed models and neoadjuvant therapies: report of 2 cases. *J Neurosurg Spine*. 2019;1–8. DOI: 10.3171/2018.9.SPINE18607. Online ahead of print.
11. Ortega-Porcayo LA, Cabrera-Aldana EE, Arriada-Mendicoa N, Gomez-Amador JL, Granados-Garcia M, Barges-Coll J. Operative technique for en bloc resection of upper cervical chordomas: extended transoral transmandibular approach and multilevel reconstruction. *Asian Spine J*. 2014;8:820–826. DOI: 10.4184/asj.2014.8.6.820.
12. Chou D, Acosta F Jr, Cloyd JM, Ames CP. Parasagittal osteotomy for en bloc resection of multilevel cervical chordomas. *J Neurosurg Spine*. 2009;10:397–403. DOI: 10.3171/2009.2.SPINE08472.
13. Hsieh PC, Gallia GL, Sciubba DM, Bydon A, Marco RA, Rhines L, Wolinsky JP, Gokaslan ZL. En bloc excisions of chordomas in the cervical spine: review of five consecutive cases with more than 4-year follow-up. *Spine*. 2011;36:E1581–E1587. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318211839c.
14. Wang X, Eichbaum E, Jian F, Chou D. Two-stage en bloc resection of multilevel cervical chordomas with vertebral artery preservation: operative technique. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2018;14:538–545. DOI: 10.1093/ons/oxp178.
15. Xiao JR, Huang WD, Yang XH, Yan WJ, Song DW, Wei HF, Liu TL, Wu ZP, Yang C. En bloc resection of primary malignant bone tumor in the cervical spine based on 3-dimensional printing technology. *Orthop Surg*. 2016;8:171–178. DOI: 10.1111/os.12234.
16. Fujita T, Kawahara N, Matsumoto T, Tomita K. Chordoma in the cervical spine managed with en bloc excision. *Spine*. 1999;24:1848–1851. DOI: 10.1097/00007632-199909010-00016.
17. Khalil IM, Alaraj AM, Otrock ZK, Chamoun RB, Sabbagh AS, Skaf GS. Aneurysmal bone cyst of the cervical spine in a child: case report and review of the surgical role. *Surg Neurol*. 2006;65:298–303. DOI: 10.1016/j.surneu.2005.06.032.
18. Rodrigues LM, Nicolau RJ, Puertas EB, Milani C. Vertebrectomy of giant cell tumor with vertebral artery embolization: case report. *J Pediatr Orthop B*. 2009;18:99–102. DOI: 10.1097/BPB.0b013e318328329dc56.
19. Bydon M, De la Garza-Ramos R, Suk I, McCarthy E, Yamada Y, Wolinsky JP, Gokaslan ZL. Single-staged multilevel spondylectomy for en bloc resection of an epithelioid sarcoma with intradural extension in the cervical spine: technical case report. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2015;11:E585–E593. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000961.
20. Feng G, Huang K, Li L, Gong Q, Liu H, Song Y. Treatment of osteoblastoma at C3–4 in a child: a case report. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15:313. DOI: 10.1186/1471-2474-15-313.
21. Delfini R, Marruzzo D, Tarantino R, Marotta N, Landi A. Multilevel oblique corpectomies as an effective surgical option to treat cervical chordoma in a young girl. *World J Clin Cases*. 2014;2:57–61. DOI: 10.12998/wjcc.v2.i3.57.
22. Fahim DK, Johnson KK, Whitehead WE, Curry DJ, Luerssen TG, Jea A. Periosteal chondroma of the pediatric cervical spine. *J Neurosurg Pediatr*. 2009;3:151–156. DOI: 10.3171/2008.11.PEDS08231.
23. Hu H, Wu J, Ren L, Sun X, Li F, Ye X. Destructive osteoblastoma with secondary aneurysmal bone cyst of cervical vertebra in an 11-year-old boy: case report. *Int J Clin Exp Med*. 2014;7:290–295.
24. Koc K, Ilik MK. Surgical management of an osteoblastoma involving the entire C2 vertebra and a review of literature. *Eur Spine J*. 2016;25(Suppl 1):220–223. DOI: 10.1007/s00586-016-4445-0.
25. Stulik J, Barna M, Vyskocil T, Nesnidal P, Kryl J, Klezl Z. Total en bloc spondylectomy of C3: a new surgical technique and literature review. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2015;82:261–267.
26. Haimoto S, Nishimura Y, Hara M, Yamamoto Y, Fukuoka T, Fukuyama R, Wakabayashi T, Ginsberg HJ. Surgical treatment of rotational vertebral artery syndrome induced by spinal tumor: a case report and literature review. *NMC Case Rep J*. 2017;4:101–105. DOI: 10.2176/nmccrj.cr.2016-0152.
27. Zhang Y, Ilaslan H, Hussain MS, Bain M, Bauer TW. Solitary C1 spinal osteochondroma causing vertebral artery compression and acute cerebellar infarct. *Skeletal Radiol*. 2015;44:299–302. DOI: 10.1007/s00256-014-1974-7.
28. Suchomel P, Buchvald P, Barsa P, Froehlich R, Choutka O, Krejzar Z, Sourkova P, Endrych I, Dzan L. Single-stage total C-2 intralesional spondylectomy for chordoma with three-column reconstruction. Technical note. *J Neurosurg Spine*. 2007;6:611–618. DOI: 10.3171/spi.2007.6.6.17.
29. Gille O, Soderlund C, Berge J, Sacko O, Vital JM. Triple total cervical vertebrectomy for a giant cell tumor: case report. *Spine*. 2005;30:E272–E275. DOI: 10.1097/01.brs.0000162931.80082.04.
30. Guppy KH, Chakrabarti I, Isaacs RS, Jun JH. En bloc resection of a multilevel high-cervical chordoma involving C-2: new operative modalities: technical note. *J Neurosurg Spine*. 2013;19:232–242. DOI: 10.3171/2013.5.SPINE121039.
31. Bailey CS, Fisher CG, Boyd MC, Dvorak MF. En bloc marginal excision of a multilevel cervical chordoma. Case report. *J Neurosurg Spine*. 2006;4:409–414. DOI: 10.3171/spi.2006.4.5.409.
32. Vassal F, Dumas B, Nuti C. Margin-free, en bloc resection of a multilevel cervical chordoma with C-2 involvement: case report with 2-year follow-up and description of operative technique. *Br J Neurosurg*. 2012;26:929–931. DOI: 10.3109/02688697.2012.685785.
33. Yang J, Yang X, Miao W, Jia Q, Wan W, Meng T, Wu Z, Cai X, Song D, Xiao J. Spine extra-osseous chordoma mimicking neurogenic tumors: report of three cases and review of the literatures. *World J Surg Oncol*. 2016;14:206. DOI: 10.1186/s12957-016-0951-0.
34. Palliyil NS, Deogaonkar K, Sankhe M. Surgical management of a case of C2 vertebral chordoma via staged anterior and posterior approach. *Indian Spine J*. 2020;3:118–122. DOI: 10.4103/isj.isj_68_18.
35. Ando K, Imagama S, Kobayashi K, Nishida Y, Ishiguro N. Aggressive osteoblastoma of the cervical spine involving the canal and vertebral artery: a case report. *Eur Spine J*. 2017;26(Suppl 1):111–116. DOI: 10.1007/s00586-016-4904-7.
36. Chew FS, Pena CS, Keel SB. Cervical spine osteoblastoma. *AJ. Am J Roentgenol*. 1998;171:1244. DOI: 10.2214/ajr.171.5.9798854.
37. Lee CH, Min WK. Cervical subtotal en-bloc spondylectomy of C6 mesenchymal chondrosarcoma. *Eur Spine J*. 2016;25:2117–2123. DOI: 10.1007/s00586-015-4297-z.
38. Shaaya E, Fridley J, Barber SM, Syed S, Xia J, Galgano M, Oyecese A, Telfeian A, Gokaslan Z. Posterior nerve-sparing multilevel cervical corpectomy and reconstruction for metastatic cervical spine tumors: case report and literature review. *World Neurosurg*. 2019;122:298–302. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.010.
39. Wetzel SG, Martin JB, Somon T, Wilhelm K, Rufenacht DA. Painful osteolytic metastasis of the atlas: treatment with percutaneous vertebroplasty. *Spine*. 2002;27:E493–E495. DOI: 10.1097/00007632-200211150-00022.
40. McLoughlin GS, Sciubba DM, Suk I, Bydon A, Witham T, Wolinsky JP, Gokaslan ZL. Resection of a retropharyngeal craniovertebral junction chordoma through a posterior cervical approach. *J Spinal Disord Tech*. 2010;23:359–365. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3181aaca99.
41. Rhines LD, Fourney DR, Siadati A, Suk I, Gokaslan ZL. En bloc resection of multilevel cervical chordoma with C-2 involvement. Case report and description of operative technique. *J Neurosurg Spine*. 2005;2:199–205. DOI: 10.3171/spi.2005.2.2.0199.

42. Weil AG, Shehadeh M, Ayad T, Abboud O, Shedid D. En bloc resection of a C2–C3 upper cervical chordoma: Technical note. *Surg Neurol Int.* 2015;6(Suppl 24):S615–S618. DOI: 10.4103/2152-7806.170450.
43. Baber WW, Numaguchi Y, Kenning JA, Harkin JC. Periosteal chondroma of the cervical spine: one more cause of neural foramen enlargement. *Surg Neurol.* 1988;29:149–152. DOI: 10.1016/0090-3019(88)90074-2.
44. Chi JH, Acosta FL Jr, Aryan HE, Chou D, Ames CP. Partial spondylectomy: modification for lateralized malignant spinal column tumors of the cervical or lumbosacral spine. *J Clin Neurosci.* 2008;15:43–48. DOI: 10.1016/j.jocn.2006.12.006.
45. Jeszenszky D, Fekete TF, Melcher R, Harms J. C2 prosthesis: anterior upper cervical fixation device to reconstruct the second cervical vertebra. *Eur Spine J.* 2007;16:1695–1700. DOI: 10.1007/s00586-007-0435-6.
46. Jiang L, Liu ZJ, Liu XG, Ma QJ, Wei F, Lv Y, Dang GT. Upper cervical spine chordoma of C2–C3. *Eur Spine J.* 2009;18:293–300. DOI: 10.1007/s00586-009-0907-y.
47. Junming M, Cheng Y, Dong C, Jianru X, Xinghai Y, Quan H, Wei Z, Mesong Y, Dapeng F, Wen Y, Bin N, Lianshun J, Huimin L. Giant cell tumor of the cervical spine: a series of 22 cases and outcomes. *Spine.* 2008;33:280–288. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318162454f.
48. Matamalas A, Gargallo A, Porcel JA, Garcia de Frutos A, Pellise F. Cervical spine epithelioid hemangioendothelioma: case report. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2014;18(1 Suppl):72–75.
49. Zileli M, Kilin er C, Ersahin Y, Cagli S. Primary tumors of the cervical spine: a retrospective review of 35 surgically managed cases. *Spine J.* 2007;7:165–173. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.04.027.
50. Ahsan F, Inglis T, Allison R, Inglis GS. Cervical chordoma managed with multidisciplinary surgical approach. *ANZ J Surg.* 2011;81:331–335. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2010.05575.x.
51. Erdogan B, Aydin MV, Sen O, Sener L, Bal N, Yalcin O. Giant cell tumour of the sixth cervical vertebrae with close relationship to the vertebral artery. *J Clin Neurosci.* 2005;12:83–85. DOI: 10.1016/j.jocn.2004.02.017.
52. Vrints I, Depreitere B, Vranckx JJ. Multilevel cervical reconstruction with no remaining hardware: the potential of a vascularised fibular strut graft. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2012;65:E344–E347. DOI: 10.1016/j.bjps.2012.09.007.
53. Zacay G, Eyal A, Shacked I, Hadani M, Faibel M, Kronenberg J, Talmi YP. Chordoma of the cervical spine. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2000;109:438–440. DOI: 10.1177/000348940010900417.
54. Schneider M, Sabo D, Gerner HJ, Bernd L. Destructive osteoblastoma of the cervical spine with complete neurologic recovery. *Spinal Cord.* 2002;40:248–252. DOI: 10.1038/sj.sc.3101288.
55. Cebula H, Boujan F, Beaujeux R, Boyer P, Froelich S. [Giant cell tumor of the C2 colonized by an aneurismal bone cyst. Report of case]. *Neurochirurgie.* 2012;58:376–381. DOI: 10.1016/j.neuchi.2012.03.008.
56. Cohen ZR, Fourney DR, Marco RA, Rhines LD, Gokaslan ZL. Total cervical spondylectomy for primary osteogenic sarcoma. Case report and description of operative technique. *J Neurosurg.* 2002;97(3 Suppl):386–392. DOI: 10.3171/spi.2002.97.3.0386.
57. Carrier BL, Papagelopoulos PJ, Krauss WE, Unni KK, Yaszemski MJ. Total en bloc spondylectomy of C5 vertebra for chordoma. *Spine.* 2007;32:E294–E299. DOI: 10.1097/01.brs.0000261411.31563.37.
58. D'Haen B, De Jaegere T, Goffin J, Dom R, Demaerel P, Plets C. Chordoma of the lower cervical spine. *Clin Neurol Neurosurg.* 1995;97:245–248. DOI: 10.1016/0303-8467(95)00043-j.
59. George B, Atallah A, Laurian C, Tayon B, Mikol J. Cervical osteochondroma (C2 level) with vertebral artery occlusion and second cervical nerve root irritation. *Surg Neurol.* 1989;31:459–464. DOI: 10.1016/0090-3019(89)90092-x.
60. Hyun SJ, Rhim SC, Riew KD. A combined posterior, lateral, and anterior approach to ventrolaterally situated chordoma of the upper cervical spine. *Surg Neurol.* 2009;72:409–413. DOI: 10.1016/j.surneu.2008.11.017.
61. Leitner Y, Shabat S, Boriani L, Boriani S. En bloc resection of a C4 chordoma: surgical technique. *Eur Spine J.* 2007;16:2238–2242. DOI: 10.1007/s00586-007-0468-x.
62. Muhlbaier M, Knosp E. The lateral transfacetial retrovascular approach for an anteriorly located chordoma originating from the second cervical vertebra. *Acta Neurochir (Wien).* 2001;143:369–376. DOI: 10.1007/s007010170092.
63. Ren XF, Xi YM, Zhang GQ, Yang WJ, Zhang X, Yang DL, Hu YG. Single-stage combined anterior retropharyngeal and posterior approach for the resection and reconstruction of C2 metastatic tumors: A case report. *Exp Ther Med.* 2014;7:887–890. DOI: 10.3892/etm.2014.1493.
64. Ruan H, Mehra RN, Park D, Chou D. Intradural invasion of cervical chordoma in a 34 year old patient. *Neurol India.* 2019;67:1545–1548. DOI: 10.4103/0028-3886.273633.
65. Serbas I, Karatay M, Hacisalihoglu UP. Cervical spine giant cell bone tumor: a case report. *World J Surg Oncol.* 2019;17:82. DOI: 10.1186/s12957-019-1625-5.
66. Shikata J, Yamamuro T, Iida H, Kotoura Y. Benign osteoblastoma of the cervical vertebra. *Surg Neurol.* 1987;27:381–385. DOI: 10.1016/0090-3019(87)90018-8.
67. Stavridis SI, Pingel A, Schnake KJ, Kandziora F. Diagnosis and treatment of a C2-osteoblastoma encompassing the vertebral artery. *Eur Spine J.* 2013;22:2504–2512. DOI: 10.1007/s00586-013-2875-5.
68. Tenny SO, Ehlers LD, Robbins JW, Gillis CC. Marginal en bloc resection of C2–C3 chordoma with bilateral vertebral artery preservation and mesh cage reconstruction with review of previously published cases. *World Neurosurg.* 2017;108:993.E1–993.E7. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.08.178.
69. Vecil GG, Schachar NS, Hurlbert RJ. Musculoskeletal images. C3 aneurysmal bone cyst. *Can J Surg.* 2002;45:11–15.
70. Boriani S, Weinstein JN, Biagini R. Primary bone tumors of the spine: terminology and surgical staging. *Spine.* 1997;22:1036–1044. DOI: 10.1097/00007632-199705010-00020.
71. Lasanianos NG, Triantafyllopoulos GK, Pneumaticos SG. Spinal tumours. In: Lasanianos N, Kanakaris N, Giannoudis P. (eds) *Trauma and Orthopaedic Classifications.* Springer, London. 2015; 261–263. DOI:10.1007/978-1-4471-6572-9_59.
72. Barker R, Fareedi S, Thompson D, Saunders D. The use of CT angiography in the preoperative planning of cervical spine surgery in children. *Childs Nerv Syst.* 2009;25:955–959. DOI: 10.1007/s00381-009-0904-9.
73. Wallace, Austin M, Kamran M, Kansagra A, Osburn J, Cross D, Moran C. E-056 Safety and effectiveness of preoperative endovascular vertebral artery sacrifice. *J Neurointerv Surg.* 2017;9(Suppl 1):A69. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-SNIS.128.
74. Patsalides A, Leng LZ, Kimball D, Marcus J, Knopman J, Laufer I, Bilsky M, Gobin YP. Preoperative catheter spinal angiography and embolization of cervical spinal tumors: Outcomes from a single center. *Interv Neuroradiol.* 2016;22:457–465. DOI: 10.1177/1591019916637360.
75. Ogungbemi A, Elwell V, Choi D, Robertson F. Permanent endovascular balloon occlusion of the vertebral artery as an adjunct to the surgical resection of selected cervical spine tumors: A single center experience. *Interv Neuroradiol.* 2015;21:532–537. DOI: 10.1177/1591019915590072.
76. Vetter SC, Strecker EP, Ackermann LW, Harms J. Preoperative embolization of cervical spine tumors. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 1997;20:343–347. DOI: 10.1007/s002709900165.
77. Carpentier A, Polivka M, Blanquet A, Lot G, George B. Suboccipital and cervical chordomas: the value of aggressive treatment at first presentation of the disease. *J Neurosurg.* 2002;97:1070–1077. DOI: 10.3171/jns.2002.97.5.1070.
78. Eleraky M, Setzer M, Vrionis FD. Posterior transpedicular corpectomy for malignant cervical spine tumors. *Eur Spine J.* 2010;19:257–262. DOI: 10.1007/s00586-009-1185-4.

79. George B, Laurian C. Impairment of vertebral artery flow caused by extrinsic lesions. *Neurosurgery*. 1989;24:206–214. DOI:10.1227/00006123-198902000-00009.
80. Molina CA, Ames CP, Chou D, Rhines LD, Hsieh PC, Zadnik PL, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, Sciubba DM. Outcomes following attempted en bloc resection of cervical chordomas in the C-1 and C-2 region versus the subaxial region: a multiinstitutional experience. *J Neurosurg Spine*. 2014;21:348–356. DOI: 10.3171/2014.5.SPINE121045.
81. Wei F, Liu Z, Liu X, Jiang L, Dang G, Passias PG, Yu M, Wu F, Dang L. An approach to primary tumors of the upper cervical spine with spondylectomy using a combined approach: our experience with 19 cases. *Spine*. 2018;43:81–88. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001007.
82. Zhou H, Jiang L, Wei F, et al. Chordomas of the upper cervical spine: clinical characteristics and surgical management of a series of 21 patients. *Chin Med J (Engl)*. 2014;127:2759–2764.
83. Choi D, Melcher R, Harms J, Crockard A. Outcome of 132 operations in 97 patients with chordomas of the craniocervical junction and upper cervical spine. *Neurosurgery*. 2010;66:59–65. DOI: 10.1227/01.NEU.0000362000.35742.3D.
84. Hoshino Y, Kurokawa T, Nakamura K, Seichi A, Mamada T, Saita K, Miyshi K. A report on the safety of unilateral vertebral artery ligation during cervical spine surgery. *Spine*. 1996;21:1454–1457. DOI: 10.1097/00007632-199606150-00011.
85. Al Barbarawi M, Odat Z, Alheis M, Qudsieh S, Qudsieh T. Surgical resection of neoplastic cervical spine lesions in relation to the vertebral artery V2 segment. *Neurol Int*. 2010;2:E11. DOI: 10.4081/ni.2010.e11.
86. Wang Y, Xiao J, Wu Z, Huang Q, Huang W, Zhu Q, Lin Z, Wang L. Primary chordomas of the cervical spine: a consecutive series of 14 surgically managed cases. *J Neurosurg Spine*. 2012;17:292–299. DOI: 10.3171/2012.7.SPINE12175.
87. Mattei TA, Mendel E. En bloc resection of primary malignant bone tumors of the cervical spine. *Acta Neurochir (Wien)*. 2014;156:2159–2164. DOI: 10.1007/s00701-014-2075-z.
88. Westbroek EM, Pennington Z, Ehresman J, Ahmed AK, Gailloud P, Sciubba DM. Vertebral artery sacrifice versus skeletonization in the setting of cervical spine tumor resection: case series. *World Neurosurg*. 2020;139:E601–E607. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.04.071.

Адрес для переписки:

Глухов Дмитрий Александрович

194064, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 32, Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии, dmitriy.a.glukhov@gmail.com

Address correspondence to:

Glukhov Dmitrii Aleksandrovich

St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 32 Politekhnikeskaya str., St. Petersburg, 194064, Russia, dmitriy.a.glukhov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.07.2020

Рецензирование пройдено 22.07.2020

Подписано в печать 24.07.2020

Received 10.07.2020

Review completed 22.07.2020

Passed for printing 24.07.2020

Дмитрий Александрович Глухов, аспирант, врач травматолог-ортопед, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 194064, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 32, ORCID: 0000-0002-6880-8562, dmitriy.a.glukhov@gmail.com;

Вячеслав Иванович Зорин, канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед клиники детской хирургии и ортопедии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 194064, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 32; доцент кафедры детской хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41, ORCID: 0000-0002-9712-5509, zoringlu@yandex.ru;

Александр Юрьевич Мушкин, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник, руководитель клиники детской хирургии и ортопедии, руководитель научно-клинического центра патологии позвоночника, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 194064, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 32, ORCID: 0000-0002-1342-3278, aymusbskin@mail.ru.

Dmitrii Aleksandrovich Glukhov, orthopedic surgeon, postgraduate student, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 32 Politekhnikeskaya str., St. Petersburg, 194064, Russia, ORCID: 0000-0002-6880-8562, dmitriy.a.glukhov@gmail.com;

Vyacheslav Ivanovich Zorin, MD, PhD, orthopedic surgeon, Clinic of Pediatric Surgery and Orthopedics, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 32 Politekhnikeskaya str., St. Petersburg, 194064, Russia; assistant professor of Pediatric Surgery Department, North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russia, ORCID: 0000-0002-9712-5509, zoringlu@yandex.ru;

Aleksandr Yuryevich Musbskin, DMSc, Prof., Chief Researcher, Head of Clinic of Pediatric Surgery and Orthopedics, Head of the Scientific and Clinical Center for Spinal Pathology, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 32 Politekhnikeskaya str., St. Petersburg, 194064, Russia, ORCID: 0000-0002-1342-3278, aymusbskin@mail.ru.