

Одномоментное тотальное удаление шванномы спинного мозга типа «песочные часы» с распространением в грудную клетку из заднего паравертебрального доступа без вскрытия плевральной полости (клиническое наблюдение)

Васильев И.А., Пендюрин И.В., Бузунов А.В., Цветовский С.Б., Ступак Е.В., Ступак В.В.

ФГБУ «Новосибирский Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России (630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, Россия)

Автор, ответственный за переписку: Васильев Игорь Анатольевич, e-mail: vasilevigor500@gmail.com

Резюме

Описано лечение 20-летней пациентки, у которой была диагностирована шваннома (невринома) спинного мозга по типу «песочные часы» в грудном отделе позвоночника, растущая из правого Th3 спинномозгового корешка с распространением в грудную полость, компримируя верхушку правого лёгкого. Во введении представлена частота встречаемости данных новообразований среди всех опухолей спинного мозга. Описаны жалобы, неврологическая симптоматика, методы диагностики новообразования, клиничко-лучевые проявления. Представлены этапы и техника тотального хирургического удаления новообразования из заднего паравертебрального малоинвазивного доступа без вскрытия плевральной полости с использованием нейрофизиологического мониторинга функции спинного мозга, выполненного в отделении нейрохирургии Научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна (г. Новосибирск). Представлены данные гистологического исследования, МРТ-контроля в раннем послеоперационном периоде. Катамнез прослежен в сроки 6 и 12 месяцев после проведённого хирургического лечения. Проведён анализ публикаций, описывающих хирургическое лечение паравертебральных опухолей при различных доступах, техника их удаления, возможные осложнения и методы их профилактики, представлена классификация по Eden (1941), характеризующая тип роста опухоли. Выделены ключевые моменты, которые побудили авторов статьи к данной публикации.

Ключевые слова: экстрамедуллярная опухоль спинного мозга, шваннома, невринома «песочные часы», грудной отдел позвоночника, плевральная полость, интраоперационный нейрофизиологический мониторинг

Для цитирования: Васильев И.А., Пендюрин И.В., Бузунов А.В., Цветовский С.Б., Ступак Е.В., Ступак В.В. Одномоментное тотальное удаление шванномы спинного мозга типа «песочные часы» с распространением в грудную клетку из заднего паравертебрального доступа без вскрытия плевральной полости (клиническое наблюдение). *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(6): 157-164. doi: 10.29413/ABS.2020-5.6.18

An Hourglass-Type Spinal Schwannoma Spreading to the Chest Treated with One-Stage Total Removal through Posterior Paravertebral Approach without Opening the Pleural Cavity (Clinical Observation)

Vasilyev I.A., Pendyurin I.V., Buzunov A.V., Tsvetovsky S.B., Stupak E.V., Stupak V.V.

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsivyan
(Frunze str. 17, Novosibirsk 630091, Russian Federation)

Corresponding author: Igor A. Vasilev, e-mail: vasilevigor500@gmail.com

Abstract

The article describes the treatment of a 20-year-old patient with a spinal hourglass schwannoma (neurinoma) in the thoracic spine, growing from the right Th3 spinal root, spreading into the thoracic cavity and compressing the apex of the right lung. The introduction presents the frequency of occurrence of such neoplasms among all spinal cord tumors. Complaints, neurological symptoms, neoplasm diagnosis methods and its clinical and radiological manifestations are presented. The article describes stages and techniques of total surgical removal of the spinal hourglass schwannoma through the posterior paravertebral minimally invasive approach without opening the pleural cavity and with using neurophysiological monitoring of spinal cord function performed at the Neurosurgical Clinic of the Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsivyan. The data of histological examination and MRI control in the early postoperative period are presented. The follow-up was carried out at 6 and 12 months after surgical treatment. The publications describing the surgical treatment of paravertebral tumors through different approaches, the technique of their removal, possible complications and methods of their prevention are analyzed, and the classification according to Eden (1941), which characterizes the type of tumor growth, is presented.

Key words: extramedullary tumor of the spinal cord, schwannoma, hourglass neurinoma, thoracic spine, pleural cavity, intraoperative neurophysiological monitoring

For citation: Vasilev I.A., Pendyurin I.V., Buzunov A.V., Tsvetovsky S.B., Stupak E.V., Stupak V.V. An Hourglass-Type Spinal Schwannoma Spreading to the Chest Treated with One-Stage Total Removal through Posterior Paravertebral Approach without Opening the Pleural Cavity (Clinical Observation). *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(6): 157-164. doi: 10.29413/ABS.2020-5.6.18.

По эпидемиологическим данным, первичные опухоли спинного мозга, несмотря на схожесть по гистоструктуре с опухолями головного мозга, встречаются в 10 раз реже последних [1]. Шванномы (невриномы) являются наиболее частыми первичными опухолями позвоночника с частотой встречаемости 0,3–0,5 случая на 100 000 человек в год. Они относятся к доброкачественным опухолям округлой формы, которые хорошо разграничены с окружающими прилежащими структурами и инкапсулированы. Данные образования встречаются в равном проценте случаев как у мужчин, так и у женщин и, как правило, диагностируются у лиц старше 40 лет [2].

Объёмные образования с экстра-интравертебральным типом роста, имеющие между собой промежуточный компонент (перешеек) в проекции межпозвонкового отверстия, носят название «песочные часы» или «гантели» [3]. Они впервые были описаны G.J. Heuer в 1929 г. как образования с распространением в канал позвоночника, паравертебрально проникающие через узкое межпозвонковое отверстие [4]. В англоязычной литературе принят термин «dumbbell tumor», что в дословном переводе значит «опухоль в форме гантели», в то время как в отечественной литературе предпочтение отдаётся термину «опухоль типа “песочные часы”». При этом внутриканальная часть опухоли может иметь экстрадуральное и интраэкстрадуральное расположение. Опухоли в форме «песочные часы» встречаются редко, с частотой 0,3–10 случаев на 100 000 человек и составляют 6–15 % от всех новообразований позвоночника [5, 6]. Такой характер роста характерен для доброкачественных опухолей, в первую очередь шванном, редко – менингиом, ганглионевром. Кроме этого, он может встречаться и у редких злокачественных образований, таких как нейробластомы [6, 7]. Лидирующую позицию среди всех опухолей позвоночного канала типа «песочные часы» занимают шванномы, которые диагностируются в 90 % случаев [8]. Однако данный тип роста в грудном отделе позвоночника встречается относительно редко [9]. В большинстве случаев подобные опухоли локализуются в шейном и пояснично-крестцовом отделах позвоночника. Распространение новообразования в паравертебральное пространство, в том числе средостение, плевральную, брюшную полости, а также распространение с деструкцией костных структур создают значительные трудности для их хирургического лечения. Поэтому хирургия опухолей с интра-экстраканальным ростом, получивших название «песочные часы», остаётся одной из актуальных проблем нейрохирургии.

Хирургическое лечение опухолей данной локализации в середине XX века часто ограничивалось резекцией только внутриканальной части опухоли, что впоследствии приводило к её рецидивам. В некоторых случаях проводилось поэтапное удаление опухоли: сначала внутриканальной, а затем паравертебральной части. Внедрение микрохирургической техники, разработка новых хирургических доступов создали условия для проведения одноэтапных операций [10].

Целью данной работы является демонстрация редкого клинического случая большой с экстрамедуллярной опухолью (шванномой) типа «песочные часы», растущей из корешка Th₃ с распространением в грудную полость, со сдавлением верхушки правого лёгкого, которая была удалена тотально, одномоментно, из малотравматичного

паравертебрального доступа без вскрытия плевральной полости.

Пациентка С., 1990 года рождения, поступила в нейрохирургическое отделение Научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна (г. Новосибирск) в июне 2019 г. с жалобами на периодически возникающие простреливающие боли в верхне-грудном отделе позвоночника справа, усиливающиеся при глубоком вдохе.

Анамнез заболевания: считает себя больной с февраля 2019 г. Во время прохождения ежегодного медицинского осмотра по данным флюорографии была выявлена тень в области верхушки правого лёгкого. С целью уточнения диагноза выполнены нейровизуализационные исследования (МСКТ и МРТ лёгких и позвоночника), выявившие опухоль спинного мозга на уровне позвонков Th_{III}–Th_{IV} справа с ростом в плевральную полость.

Неврологический статус: со стороны черепно-мозговых нервов – без патологии. Сила в верхних и нижних конечностях соответствовала 5 баллам (по шкале оценки мышечной силы MRC (Medical Research Council Weakness Scale), разработанной Советом по медицинским исследованиям Великобритании). Сухожильные рефлексы с конечностей средней живости S = D. Нарушений чувствительности выявлено не было. Пальпация и перкуссия остистых отростков в области позвонков Th_{III}–Th_{IV} сопровождалась «простреливающими» болями в область грудной клетки с иррадиацией в область правой молочной железы.

МРТ грудного отдела позвоночника и грудной клетки с контрастным усилением выявила контрастируемое экстрамедуллярное новообразование, исходящее из правого межпозвонкового отверстия на уровне позвонков Th_{III}–Th_{IV} с ростом в плевральную полость, вызывающее компрессию верхушки правого лёгкого. Размеры образования (поперечный, передне-задний и кранио-каудальный) составляли, соответственно, 4,8 × 2,9 × 2,3 см (рис. 1).

Проведённое клиничко-неврологическое обследование и данные нейровизуализации (рис. 1) свидетельствовали о наличии экстрамедуллярной экстрадуральной опухоли типа «песочные часы», растущей из межпозвонкового отверстия на уровне позвонков Th_{III}–Th_{IV} справа с распространением в плевральную полость. Принимая во внимание клинические и нейровизуализационные данные, больной было показано оперативное лечение, направленное на удаление опухоли.

Учитывая анатомические особенности локализации опухоли: экстрадуральное расположение, рост из межпозвонкового отверстия, отсутствие интраканального компонента, интимную связь новообразования с лёгочной тканью, – было решено провести микрохирургическое удаление новообразования из заднего малоинвазивного паравертебрального правостороннего доступа.

С целью исключения нежелательного травматического воздействия на проводниковую функцию спинного мозга во время резекции опухоли, осуществлялся интраоперационный нейрофизиологический мониторинг с регистрацией вызываемых транскраниальной электро-стимуляцией моторных вызванных потенциалов (ТсМЕР). Тестируемыми мышцами выбрали *m. tibialis anterior* и *m. abductor hallucis* с обеих сторон. Наряду с мониторингом моторных ответов на каждом из этапов операции осуществляли регистрацию соматосенсорных вызванных потенциалов (SSEP) при стимуляции большеберцового нерва на правой нижней конечности.

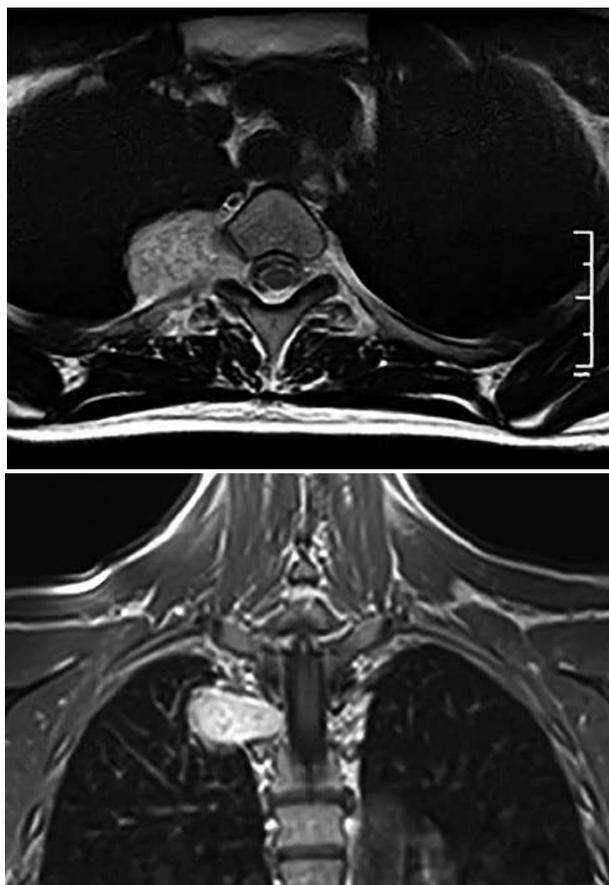


Рис. 1. Пациентка С., предоперационные МРТ-граммы с контрастным усилением грудного отдела позвоночника, в 2 проекциях. Экстрамедуллярное объемное образование спинного мозга типа «песочные часы» на уровне позвонков Th_{III}-Th_{IV} справа, с ростом в плевральную полость с компрессией верхушки правого лёгкого

Fig. 1. Patient S., preoperative MRI scans with contrast enhancement of the thoracic spine, 2 projections. Extramedullary dumbbell mass lesion of the spinal cord at the level of the Th_{III}-Th_{IV} vertebrae on the right, with growth into the pleural cavity and compression of the right lung apex

Операция проводилась под тотальной внутривенной анестезией с поддержкой искусственной вентиляцией лёгких, введением пропанола и фентанила. В положении

больной на животе с головой, фиксированной скобой трёхточечной фиксации Mayfield-Kiss (Integra LifeSciences Corporation, США), выполнен линейный парамедианный разрез мягких тканей справа на 1,5 см латеральнее средней линии проекции остистых отростков от Th_{II} до Th_V позвонков. Скелетированы рёберно-позвоночные сочленения и полудужки на уровне позвонков Th_{III}-Th_{IV} справа. С помощью костных кусачек Керрисона выполнена гемиламинэктомия позвонка Th_{IV} справа с частичной резекцией нижнего края полудужки позвонка Th_{III}. Используя силовую установку фирмы Aescular (B. Braun, Германия), при помощи режущего и алмазного боров шаровидной формы выполнена частичная резекция рёберно-позвоночного сустава на уровне позвонка Th_{III} справа и частичная резекция нижнего края головки 3-го ребра. В области расширенного межпозвоночного отверстия визуализирована значительно увеличенная в объёме твёрдая мозговая оболочка (ТМО), покрывающая спинномозговой корешок. Патологически расширенное межпозвоночное отверстие на уровне Th_{III}-Th_{IV} справа дополнительно расширено шаровидным бором. При помощи микрохирургического инструментария, операционного микроскопа под увеличением до $\times 20,0$ твёрдая мозговая оболочка рассечена вдоль корешка. В расширенном межпозвоночном отверстии под ТМО обнаружена опухоль с хорошо выраженной капсулой серо-жёлтого цвета плотно-эластической консистенции, визуалью напоминающая шванному, диаметром примерно 1,5 см, растущая из корешка спинного мозга. Произведена лёгкая тракция опухоли, после чего она «вывихнулась» из межпозвоночного отверстия так, что был визуализирован интактный спинномозговой корешок. В этой зоне произведены коагуляция корешка и его отсечение от опухоли. Дополнительно рассечена ТМО в паравертебральной зоне вдоль опухоли. Отсечённая от спинномозгового корешка опухоль распространяется в плевральную полость и имеет вид узла. При помощи микрохирургического инструментария, операционного микроскопа под увеличением до $\times 20,0$ продолжены выделение (рис. 2а), рассечение капсулы (рис. 2б) и внутренняя декомпрессия опухоли с использованием ультразвукового аспиратора. После внутренней декомпрессии произведено тотальное удаление новообразования вместе с капсулой. При этом отмечено, что последняя интимно

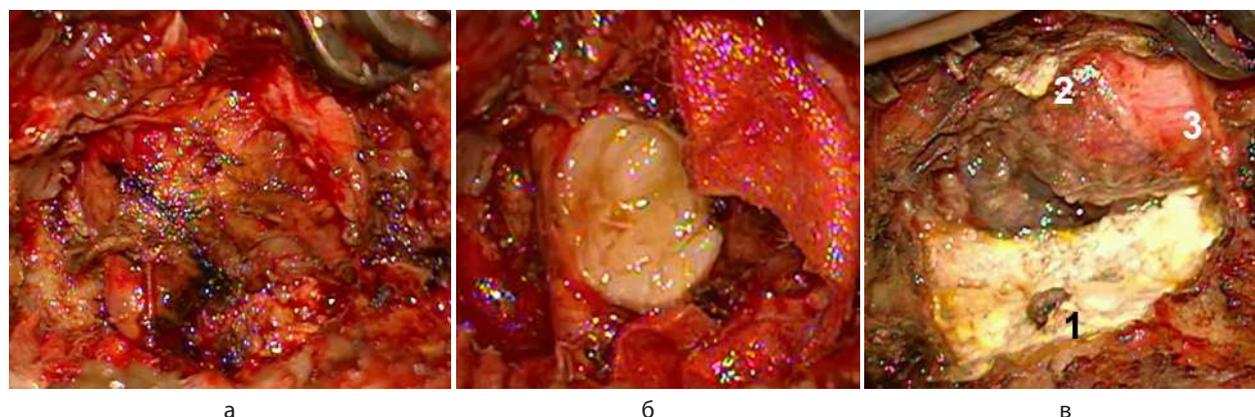


Рис. 2. Пациентка С., интраоперационные фото: а – шваннома в капсуле; б – вскрытие и частичная декомпрессия шванномы; в – ложе удалённой опухоли; 1 – резецированный корешок; 2 – анатомическая целостность пристеночной плевральной оболочки сохранена; 3 – ткань лёгкого

Fig. 2. Patient S., intraoperative photos: а – schwannoma in a capsule; б – opening and partial decompression of the schwannoma; в – the bed of the removed tumor; 1 – resected root; 2 – the anatomical integrity of the parietal pleural membrane is preserved; 3 – lung tissue

спаяна с плеврой верхушки правого лёгкого. Целостность пристеночной плевральной оболочки, ткани лёгкого была не нарушена из-за выраженных спаек висцеральной с париетальной плеврой в месте роста опухоли, поэтому разгерметизации плевральной полости не произошло (рис. 2в). ТМО, покрывающая спинномозговой корешок, из которого росла опухоль, перевязана в области манжеты с целью профилактики развития ликвореи. Гемостаз осуществлён с использованием препарата «Тахокомб» и фибрин-тромбинового клея «Ивисел». Послойно наложены швы на рану. Кровопотеря составила 150 мл, длительность операции – 120 минут.

Интраоперационно при транскраниальной электро-стимуляции прецентральных извилин в начале операции до кожного разреза серией из 5 импульсов силой 220 мА с межимпульсными интервалами 0,1 мс получены моторные ответы со всех периферических мышц-мишеней. Параметры М-ответов, зарегистрированных в начале операции, принимались в качестве базовых. Исходные значения ТсМЕР для оценки динамики при наблюдениях в ходе дальнейших этапов операции регистрировались после формирования хирургического доступа. На этапе удаления объёмного образования амплитуды моторных ответов со всех тестируемых мышц-мишеней значимо не изменялись, по сравнению с исходными. Латентность моторных ответов также значимо не менялась. После удаления объёмного образования амплитуды моторных ответов с мышц-мишеней нижних конечностей и их ла-

тентности также соответствовали исходным значениям и не менялись вплоть до конечного гемостаза и ушивания раны. Кортиковые ответы на стимуляцию правого *n. tibialis* с момента начала операции и до её завершения регистрировались стабильно, амплитудо-временные показатели Р40 существенно не менялись в течение всей операции и соответствовали базовым. Таким образом, в ходе оперативного вмешательства не было отмечено отрицательной динамики электрофизиологических показателей проводниковой функции спинного мозга.

В послеоперационном периоде в неврологическом статусе возникла гипестезия в зоне иннервации правого спинномозгового нерва Th₃, которая более выражено проявлялась в области ареолы и соска правой молочной железы. Аускультативно дыхание в лёгких прослушивалось по всем полям с двух сторон. Данных, свидетельствующих о пневмотораксе, не было.

Через сутки после операции был выполнен МРТ-контроль с контрастным усилением (рис. 3), по результатам которого подтверждено тотальное удаление новообразования. Спустя 3 суток после операции проведена МСКТ органов грудной клетки (рис. 4) с целью визуализации костных структур позвоночника и состояния плевральной полости. По данным МСКТ диагностированы частично резецированная по нижнему краю головка третьего ребра справа и образованный гемиламинэктомический дефект дужки позвонка Th_{IV} справа. Данных, свидетельствующих о наличии пневмоторакса, выявлено не было.

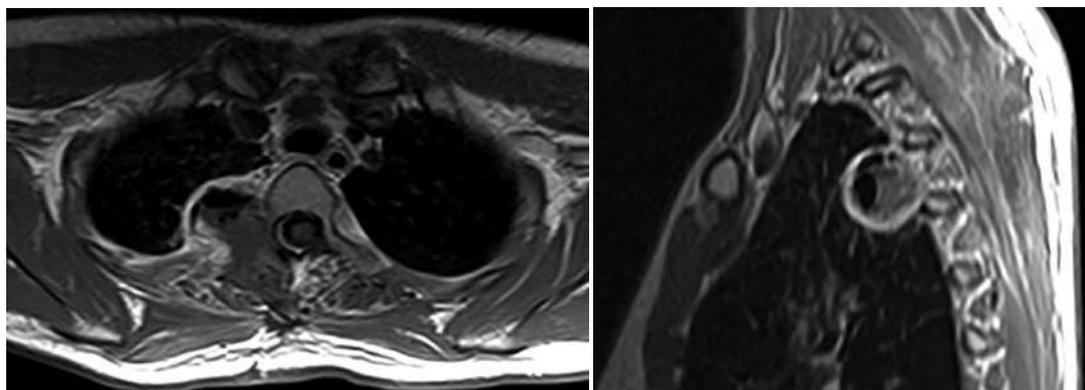


Рис. 3. Пациентка С., 1-е сутки после операции, МРТ-граммы с контрастным усилением грудного отдела позвоночника в 2 проекциях: небольшие участки воздуха и гемостатический материал в ложе удалённого образования, остаточная опухолевая ткань не обнаружена

Fig. 3. Patient S., day 1 after surgery, MRI scans with contrast enhancement of the thoracic spine, 2 projections: small areas of air and hemostatic material in the bed of the removed tumor, no residual tumor tissue was found

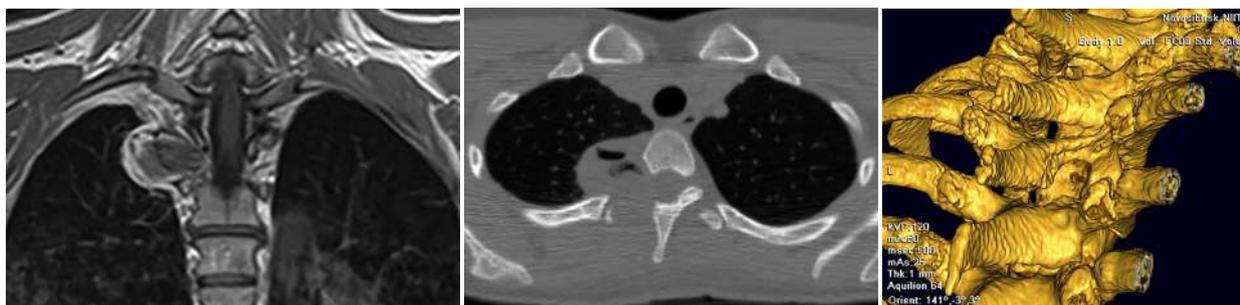


Рис. 4. Пациентка С., 3-и сутки после операции, нативные КТ-граммы грудного отдела позвоночника: визуализирована частично резецированная по нижнему краю головка третьего ребра справа; гемиламинэктомический дефект дужки позвонка Th_{IV} справа

Fig. 4. Patient S., day 3 after surgery, native CT scans of the thoracic spine: the head of the third rib on the right, partially resected along the lower edge, is visualized; hemilaminectomy defect of the Th_{IV} vertebral arch on the right

На фоне проводимого лечения отмечена положительная динамика: регресс болей в верхне-грудном отделе позвоночника, появление тактильной чувствительности в зоне иннервации правого спинно-мозгового нерва Th₃ на 7-е сутки. Заживление раны произошло первичным натяжением. В удовлетворительном состоянии пациентка была выписана из отделения на 10-е сутки после операции. Перед выпиской выполнена повторная МСКТ органов грудной клетки, не выявившая наличие воздуха в плевральной полости.

Результаты гистологического исследования: шваннома, Grade I, ICD-O код 9560/0. Ткань опухоли образована вытянутыми веретеноподобными клетками с палочковидными и округлыми ядрами. Между опухолевыми клетками коллагенизированная соединительнотканная строма, большое количество сосудов синусоидного типа, умеренная диффузно-очаговая лимфоидная инфильтрация (рис. 5).

Через 6 и 12 месяцев после операции на момент осмотра пациентка жалоб не предъявляла. МРТ грудного

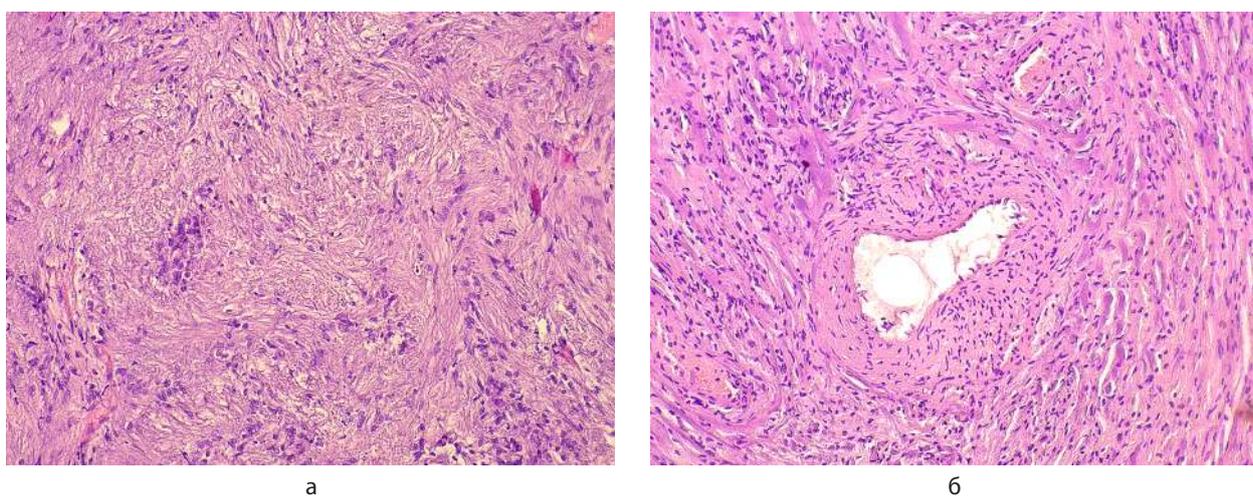


Рис. 5. Микропрепарат опухоли, окраска гематоксилином и эозином. Морфологическая картина соответствует шванноме, Grade I: а – веретенообразные и круглые ядра; б – лимфоидная инфильтрация. Ув. $\times 100$

Fig. 5. Microscopic specimen of the tumor, staining with hematoxylin and eosin. The morphological picture corresponds to schwannoma, Grade I: а – spindle-shaped and round nuclei; б – lymphoid infiltration. $\times 100$ magnification

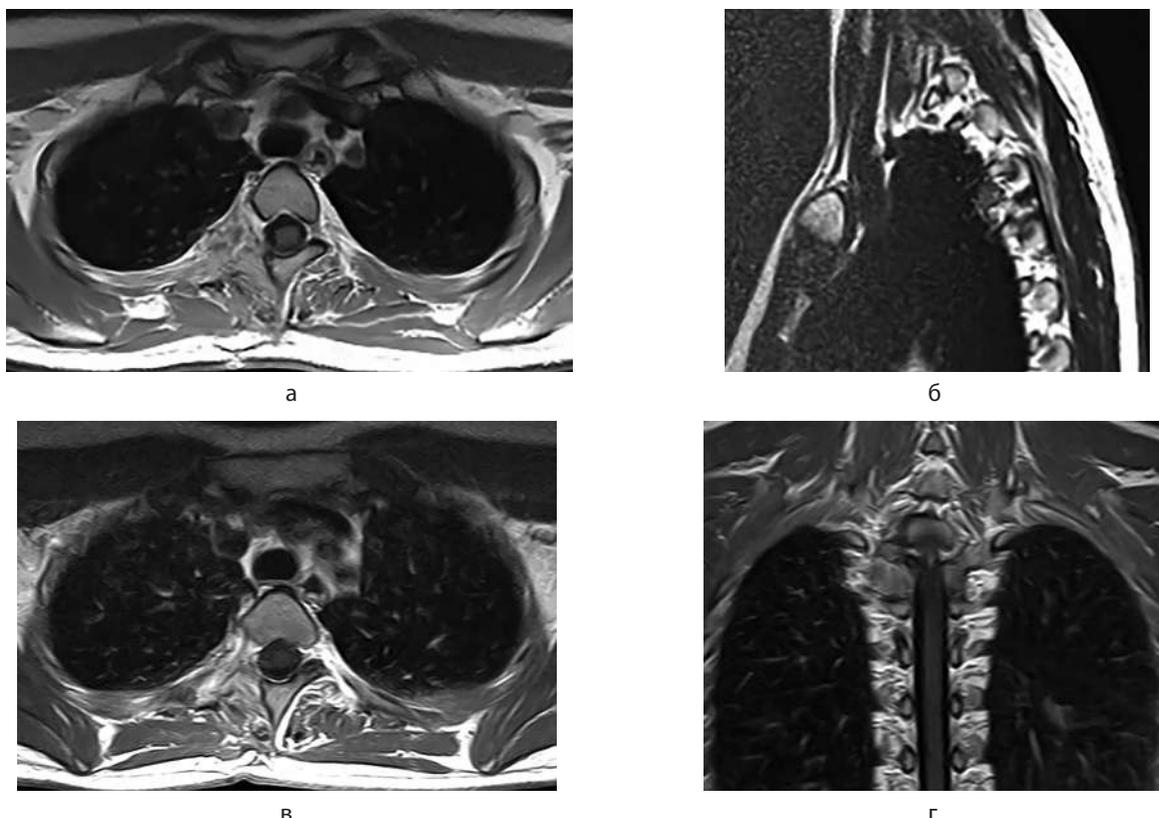


Рис. 6. Пациентка С., МРТ-граммы с контрастным усилением грудного отдела позвоночника через 6 месяцев (а, б) и 12 месяцев (в, г) после операции. Остаточная часть опухоли отсутствует, верхушка правого лёгкого расправлена

Fig. 6. Patient S., MRI scans with contrast enhancement of the thoracic spine in 6 months (a, б) and in 12 months (в, г) after surgery. The residual part of the tumor is absent, the right lung apex is straightened

отдела позвоночника не выявила признаков остаточной опухолевой ткани в зоне оперативного вмешательства. Верхушка правого лёгкого расправилась (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Шванномы с ростом типа «песочные часы» в области грудного отдела позвоночника, как правило, имеют длительное бессимптомное клиническое течение, и только своевременная диагностика или минимальное проявление клинической симптоматики помогут заподозрить образование на ранних его стадиях. Данные опухоли нередко имеют большой паравертебральный компонент, по сравнению с интраканальной частью. Классификация К. Eden 1941 г. выделяет четыре типа роста интра-паравертебральных опухолей (табл. 1) [5].

Таблица 1
Классификация опухолей по К. Eden (1941)
Table 1
K. Eden (1941) tumour classification

Тип опухоли	Топографо-анатомическая характеристика опухоли
Тип I	Интрадуральная и экстрадуральная
Тип II	Интрадурально-экстрадурально-паравертебральная
Тип III	Экстрадуральная и паравертебральная
Тип IV	Фораминальная и паравертебральная

Данная классификация, основанная на анатомической локализации опухоли, позволяет в зависимости от характера её распространения планировать операционный доступ и объём хирургического вмешательства. Первым шагом в определении оптимального хирургического доступа является определение размеров опухоли, её расположения относительно спинного мозга и органов грудной клетки. В литературе для резекции данных видов опухолей описано большое количество различных микрохирургических доступов включая задние, боковые, трансторакальные, комбинированные, с использованием эндоскопической техники, направленные на резекцию опухолей [5, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Следует всегда помнить, что большое количество хирургических доступов, укладка пациентов на операционном столе не могут полностью обезопасить хирурга и больного от возможных интра- и послеоперационных осложнений или полностью упростить ход проводимой операции. При открытом микрохирургическом доступе опухоль должна быть как можно больше обнажена для тотального её удаления. Большинство опухолей типа «песочные часы» имеют чёткие границы с окружающими тканями и костными структурами, что позволяет отделить их от пристеночной плевральной оболочки, которая, как карман, плотно прилежит к невриноме в результате длительной её компрессии. Нарушение анатомической целостности плевральной оболочки может спровоцировать ятрогенный пневмоторакс. При повреждении плевры и твёрдой мозговой оболочки, с учётом отрицательного давления в грудной клетке, также могут возникнуть такие грозные осложнения, как гидропневмоторакс вследствие затёка ликвора в грудную полость и ликворная гипотензия. Поэтому очень важно проводить герметизацию субдурального пространства спинного мозга путём не только наложения герметичных

шовов, но и использования аутоотрансплантатов, дополняя всё это клеевыми композициями и гемостатическими материалами. До настоящего времени дискуссионным остаётся вопрос обеспечения стабильности грудного отдела позвоночника после удаления образований типа «песочные часы» [17, 18]. Здесь хирургическая стратегия формируется индивидуально: учитывается возраст пациента, характер распространения опухоли, её размер, имеющаяся деструкция прилежащих костных структур позвоночника и планируемого объёма резекции его образований, межпозвоночных суставов и рёбер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное клиническое наблюдение, по нашему мнению, представляет интерес по следующим причинам:

1. Случайная находка новообразования при проведении диспансеризации.
2. В литературе представлены единичные наблюдения с невринами грудного отдела позвоночника IV типа по классификации К. Eden у пациентов до 30 лет.
3. Тотальное удаление выполнено с использованием заднего малоинвазивного паравертебрального доступа со щадящей резекцией задних структур позвоночника. Использование данного вида доступа позволило полностью визуализировать образования, окружающие невриному, и с минимальной кровопотерей тотально её резецировать, при этом не нарушив герметичности плевральной полости, исключив развитие гидропневмоторакса в послеоперационном периоде и получив хороший клинический результат. Кроме этого, использование щадящего доступа исключило дополнительную фиксацию грудного отдела позвоночника.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Благодарности

Авторы выражают признательность и благодарность М.А. Селяковой за активное участие в исследовании морфологического материала и предоставлении иллюстративных данных, а также за ценные советы при описании морфологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Samartzis D, Gillis C, Shih P, O’Toole JE, Richard GF. Intramedullary spinal cord tumors: Part I. Epidemiology, pathophysiology, and diagnosis. *Global Spine J.* 2015; 5(5): 425-435. doi: 10.1055/s-0035-1549029
2. Sun IM, Necmettin P. Non-syndromic spinal schwannomas: a novel classification. *Front Neurol.* 2017; 17(8): 318. doi: 10.3389/fneur.2017.00318
3. Васильев И.А., Ступак В.В., Цветовский С.Б., Пендюрин И.В., Селякова М.С., Воронина Е.И., и др. Поздний рецидив невринома спинного мозга после одномоментного тотального удаления. *Хирургия позвоночника.* 2018; (3): 100-105. doi: 10.14531/ss2018.3.100-105
4. Pojskić M, Zbytek B, Mutrić CJ, Arnautović Kl. Spinal dumbbell epidural hemangioma: two stage/same sitting/same position posterior microsurgical and transthoracic endoscopic resection – case report and review of the literature. *Acta Clin Croat.* 2018; 57(4): 797-808. doi: 10.20471/acc.2018.57.04.27
5. Rong HT, Fan YS, Li SP, Zhang ZS, Liu H, Liu T, et al. Management of dumbbell and paraspinal tumors of the thoracic spine

using a single-stage posterolateral approach: case series. *Orthop Surg.* 2020; 10(4): 343-349. doi: 10.1111/os.12405

6. Bobinski L, Henchoz Y, Sandu K, Duff JM. Single stage transforaminal retrojugular tumor resection: The spinal keyhole for dumbbell tumors in the cervical spine. *Surg Neurol.* 2015; 1(6): 53. doi: 10.4103/2152-7806.154453

7. Thorat JD, Rajendra T, Thirugnanam A, Ng IHB. Single-stage posterior midline approach for dumbbell tumors of the thoracic spine, with intraoperative CT guidance. *Surg Neurol Int.* 2011; 23(2): 31. doi: 10.4103/2152-7806.77272

8. McCormick PC. Surgical management of dumbbell and paraspinous tumors of the thoracic and lumbar spine. *Neurosurgery.* 1996; 38(1): 67-74.

9. Ando K, Imagama S, Wakao N, Hirano K, Tauchi R, Muramoto A, et al. Single-stage removal of thoracic dumbbell tumors from a posterior approach only with costotransversectomy. *Yonsei Med J.* 2012; 53(3): 611-617. doi: 10.3349/ymj.2012.53.3.611

10. Ступак В.В., Шабанов С.В., Пендюрин И.В., Рабинович С.С. Результаты хирургического лечения пациентов с экстрадуральными опухолями типа песочных часов. *Хирургия позвоночника.* 2014; (4): 65-71. doi: 10.14531/ss2014.4.65-71

11. Ando K, Imagama S, Ito Z, Tauchi R, Muramoto A, Matsui H, et al. Removal of thoracic dumbbell tumors through a single-stage posterior approach : its usefulness and limitations. *J Orthop Sci.* 2013; (18): 380-387.

12. Maeda S, Takahashi S, Koike K, Sato M. Preferred surgical approach for dumbbell-shaped tumors in the posterior mediastinum. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2011, 17(4): 394-396. doi: 10.5761/atcs.cr.10.01537

13. Nzokou A, Weil AG, Shedid D. Minimally invasive removal of thoracic and lumbar spinal tumors using a nonexpandable tubular retractor. *J Neurosurg Spine.* 2013, 19(6): 708-715. doi: 10.3171/2013.9.SPINE121061

14. Shi J, Ding H, Fu B, Niu N, Yue X, Yang Z, et al. Combined posterior and anterior approaches for resection of thoracolumbar spinal huge dumbbell-shaped tumor. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2016; 30 (2): 183-188.

15. Payer M, Radovanovic I, Jost G. Resection of thoracic dumbbell neurinomas: single postero-lateral approach or combined posterior and transthoracic approach. *J Clin Neurosci.* 2006; 13(6): 690-693. doi: 10.1016/j.jocn.2005.09.010

16. Prieto R, Santander X, Naranjo JM, Marín E, Corbacho C. Giant dumbbell-shaped thoracic schwannoma in an elderly patient resected through a single-stage combined laminectomy and video-assisted thoracoscopy: surgical strategy and technical nuances. *World Neurosurg.* 2018; 119(6): 155-162. doi: 10.1016/j.wneu.2018.07.238

17. Sis HL, Mannen EM, Wong BM, Cadel ES, Bouxsein ML, Anderson DE, et al. Effect of follower load on motion and stiffness of the human thoracic spine with intact rib cage. *J Biomech.* 2016; 49(14): 3252-3259. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.08.003

18. Liebsch C, Graf N, Wilke HJ. Wire cerclage can restore the stability of the thoracic spine after median sternotomy: an in vitro study with entire rib cage specimens. *Eur Spine J.* 2017; 26(5): 1401-1407. doi: 10.1007/s00586-016-4768-x

REFERENCES

1. Samartzis D, Gillis C, Shih P, O'Toole JE, Richard GF. Intramedullary spinal cord tumors: Part I. Epidemiology, pathophysiology, and diagnosis. *Global Spine J.* 2015; 5(5): 425-435. doi: 10.1055/s-0035-1549029

2. Sun IM, Necmettin P. Non-syndromic spinal schwannomas: a novel classification. *Front Neurol.* 2017; 17(8): 318. doi: 10.3389/fneur.2017.00318

3. Vasilyev IA, Stupak VV, Tsvetkovskiy SB, Pendyurin IV, Selyakova MS, Voronina EI. et al. Late recurrence of spinal cord neuroma after one-stage total excision. *Spine Surgery.* 2018; (3): 100-105. doi: 10.14531/ss2018.3.100-105. (In Russ.)

4. Pojskić M, Zbytek B, Mutrie CJ, Arnautović KI. Spinal dumbbell epidural hemangioma: two stage/same sitting/same position posterior microsurgical and transthoracic endoscopic resection – case report and review of the literature. *Acta Clin Croat.* 2018; 57(4): 797-808. doi: 10.20471/acc.2018.57.04.27

5. Rong HT, Fan YS, Li SP, Zhang ZS, Liu H, Liu T, et al. Management of dumbbell and paraspinous tumors of the thoracic spine using a single-stage posterolateral approach: case series. *Orthop Surg.* 2020; 10(4): 343-349. doi: 10.1111/os.12405

6. Bobinski L, Henchoz Y, Sandu K, Duff JM. Single stage transforaminal retrojugular tumor resection: The spinal keyhole for dumbbell tumors in the cervical spine. *Surg Neurol.* 2015; 1(6): 53. doi: 10.4103/2152-7806.154453

7. Thorat JD, Rajendra T, Thirugnanam A, Ng IHB. Single-stage posterior midline approach for dumbbell tumors of the thoracic spine, with intraoperative CT guidance. *Surg Neurol Int.* 2011; 23(2): 31. doi: 10.4103/2152-7806.77272

8. McCormick PC. Surgical management of dumbbell and paraspinous tumors of the thoracic and lumbar spine. *Neurosurgery.* 1996; 38(1): 67-74.

9. Ando K, Imagama S, Wakao N, Hirano K, Tauchi R, Muramoto A, et al. Single-stage removal of thoracic dumbbell tumors from a posterior approach only with costotransversectomy. *Yonsei Med J.* 2012; 53(3): 611-617. doi: 10.3349/ymj.2012.53.3.611

10. Stupak VV, Shabanov SV, Pendyurin IV, Rabinovich SS. Results of surgical treatment of patients with extramedullary dumbshell tumors. *Spine Surgery.* 2014; (4): 65-71. doi: 10.14531/ss2014.4.65-71. (In Russ.)

11. Ando K, Imagama S, Ito Z, Tauchi R, Muramoto A, Matsui H, et al. Removal of thoracic dumbbell tumors through a single-stage posterior approach : its usefulness and limitations. *J Orthop Sci.* 2013; (18): 380-387.

12. Maeda S, Takahashi S, Koike K, Sato M. Preferred surgical approach for dumbbell-shaped tumors in the posterior mediastinum. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2011, 17(4): 394-396. doi: 10.5761/atcs.cr.10.01537

13. Nzokou A, Weil AG, Shedid D. Minimally invasive removal of thoracic and lumbar spinal tumors using a nonexpandable tubular retractor. *J Neurosurg Spine.* 2013, 19(6): 708-715. doi: 10.3171/2013.9.SPINE121061

14. Shi J, Ding H, Fu B, Niu N, Yue X, Yang Z, et al. Combined posterior and anterior approaches for resection of thoracolumbar spinal huge dumbbell-shaped tumor. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2016; 30 (2): 183-188.

15. Payer M, Radovanovic I, Jost G. Resection of thoracic dumbbell neurinomas: single postero-lateral approach or combined posterior and transthoracic approach. *J Clin Neurosci.* 2006; 13(6): 690-693. doi: 10.1016/j.jocn.2005.09.010

16. Prieto R, Santander X, Naranjo JM, Marín E, Corbacho C. Giant dumbbell-shaped thoracic schwannoma in an elderly patient resected through a single-stage combined laminectomy and video-assisted thoracoscopy: surgical strategy and technical nuances. *World Neurosurg.* 2018; 119(6): 155-162. doi: 10.1016/j.wneu.2018.07.238

17. Sis HL, Mannen EM, Wong BM, Cadel ES, Bouxsein ML, Anderson DE, et al. Effect of follower load on motion and stiffness of the human thoracic spine with intact rib cage. *J Biomech.* 2016; 49(14): 3252-3259. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.08.003

18. Liebsch C, Graf N, Wilke HJ. Wire cerclage can restore the stability of the thoracic spine after median sternotomy: an in vitro study with entire rib cage specimens. *Eur Spine J.* 2017; 26(5): 1401-1407. doi: 10.1007/s00586-016-4768-x

Сведения об авторах

Васильев Игорь Анатольевич – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения нейрохирургии, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 1, ФГБУ «Новосибирский Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: vasilevigor500@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-6118-5570>

Пендюрин Иван Викторович – кандидат медицинских наук, заведующий нейрохирургическим отделением № 1, врач-нейрохирург, ФГБУ «Новосибирский Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: ivan75nsk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4263-9980>,

Бузунов Алексей Владимирович – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения детской ортопедии, ФГБУ «Новосибирский Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: alekseibuzunov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4438-8863>

Цветовский Сергей Борисович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отделения нейрохирургии, ФГБУ «Новосибирский Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: sercvet@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7923-8772>

Ступак Евгений Вячеславович – младший научный сотрудник отделения нейрохирургии, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 1, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: Stupakphoto@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5161-3817>

Ступак Вячеслав Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, врач-нейрохирург, заведующий отделением нейрохирургии, ФГБУ «Новосибирский Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, e-mail: VStupak@niito.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3222-4837>

Information about the authors

Igor A. Vasilyev – Cand. Sc. (Med.), Research Officer at the Department of Neurosurgery, Neurosurgeon at the Neurosurgical Unit N 1, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsiyvan, e-mail: vasilevigor500@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-6118-5570>

Ivan V. Pendyurin – Cand. Sc. (Med.), Head of the Neurosurgical Unit N 1, Neurosurgeon, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsiyvan, e-mail: ivan75nsk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4263-9980>,

Aleksey V. Buzunov – Cand. Sc. (Med.), Research Officer at the Department of Pediatric Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsiyvan, e-mail: alekseibuzunov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4438-8863>

Sergey B. Tsvetkovskiy – Cand. Sc. (Biol.), Leading Research Officer at the Department of Neurosurgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsiyvan, e-mail: sercvet@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7923-8772>

Evgeniy V. Stupak – Junior Research Officer at the Department of Neurosurgery, Neurosurgeon at the Neurosurgical Unit N 1, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsiyvan, e-mail: Stupakphoto@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5161-3817>

Vyacheslav V. Stupak – Dr. Sc. (Med.), Professor, Neurosurgeon, Head of the Department of Neurosurgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya.L. Tsiyvan, e-mail: VStupak@niito.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3222-4837>

Вклад авторов

Васильев И.А. – участие в проведении операции (оперирующий хирург), идея, обсуждение концепции, апробация метода, подборка и анализ материала, формулирование выводов, формирование текста статьи, редактирование статьи.

Пендюрин И.В. – участие в проведении операции (первый ассистент), обсуждение концепции, анализ материала, редактирование статьи.

Бузунов А.В. – участие в проведении операции, запись и интерпретация соматосенсорных вызванных потенциалов спинного мозга.

Цветовский С.Б. – интерпретация соматосенсорных вызванных потенциалов спинного мозга, обсуждение и обработка полученных данных.

Ступак Е.В. – участие в проведении операции (второй ассистент), анализ клинических данных.

Ступак В.В. – обсуждение концепции, формулирование выводов, финальная редакция статьи.

Статья получена: 30.11.2020. Статья принята: 08.12.2020. Статья опубликована: 26.12.2020.

Received: 30.11.2020. Accepted: 08.12.2020. Published: 26.12.2020.