

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ХИРУРГИИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

М.Н. Аслануков, С.А. Васильев, Р.С. Левин, С.К. Ощепков

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского»; Россия, 119991 Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., 2

Контакты: Марат Назирович Аслануков dr-aslan@rambler.ru

Цель исследования – оценить результаты применения интраоперационного ультразвукового исследования (ИОУЗИ) в хирургии дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника.

Материалы и методы. Для оценки результатов применения ИОУЗИ в хирургии дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника проведен анализ проспективных данных обследования 147 больных, оперированных по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника в нейрохирургическом отделении ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского» с 2014 по 2018 г. Для исследования точности ультразвукового метода определения уровня хирургического доступа, оценки степени снижения лучевой нагрузки и изучения качества ультразвуковой визуализации структур позвоночного канала проведено описательное исследование, включившее 100 пациентов (группа описания метода). С целью определения эффективности использования ИОУЗИ проведено рандомизированное контролируемое исследование, основанное на статистическом сравнении результатов хирургического лечения 2 схожих параллельных групп – контрольной и опытной (по 47 пациентов), которые отличались лишь использованием ИОУЗИ. Пациенты контрольной группы были выбраны из группы описания метода. Сравнение контрольной и опытной групп пациентов осуществлялось по следующим критериям: длительность операции, объем интраоперационной кровопотери, сроки госпитализации, степень корешковой боли после операции, уровень качества жизни после операции, количество рецидивов грыжи диска. Для проведения ИОУЗИ мы использовали аппараты BK Medical Pro Focus 2202 и BK Medical Flex Focus 400 с нейрохирургическими датчиками Craniotomy 8862 и Burr-Hole 8863. ИОУЗИ проводили до флавотомии, после флавотомии и после декомпрессии нервных структур.

Результаты. Метод определения уровня хирургического доступа с помощью ИОУЗИ имеет высокую точность (100 %), позволяет не использовать рентгенографию и снизить лучевую нагрузку (в среднем на 0,02 мЗв на 1 больного). ИОУЗИ дает возможность адекватно визуализировать структуры позвоночного канала у пациентов с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника: чувствительность метода до флавотомии составляет 93 %, после флавотомии – 97 %, а после декомпрессии нервных структур – 100 %. Благодаря высокой чувствительности данного метода ИОУЗИ позволяет оптимизировать хирургический доступ, контролировать радикальность декомпрессии нервных структур, документировать факт их декомпрессии. Применение ИОУЗИ у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника дает возможность улучшить результаты хирургического лечения за счет снижения количества рецидивов грыжи диска, уменьшения степени корешковой боли после операции, уменьшения длительности операции и объема интраоперационной кровопотери.

Заключение. ИОУЗИ является простым, безопасным и широкодоступным методом интраоперационной визуализации, позволяющим улучшить результаты хирургического лечения пациентов с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника.

Ключевые слова: интраоперационное ультразвуковое исследование, дегенеративные заболевания поясничного отдела позвоночника, интраоперационная визуализация

Для цитирования: Аслануков М.Н., Васильев С.А., Левин Р.С., Ощепков С.К. Результаты применения интраоперационного ультразвукового исследования в хирургии дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Нейрохирургия 2023;25(3):59–68. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-3-59-68

Results of using intraoperative ultrasound in surgery of neurodegenerative disorders of the lumbar spine

M.N. Aslanukov, S.A. Vasilyev, R.S. Levin, S.K. Oshchepkov

B.V. Petrovsky National Research Center of Surgery; 2 Abrikosovsky Ln., GSP-1, Moscow 119991, Russia

Contacts: Marat Nazirovich Aslanukov *dr-aslan@rambler.ru*

Aim. To evaluate the results of intraoperative ultrasound examination (IOUS) in surgery of degenerative diseases of the lumbar spine.

Materials and methods. To evaluate the results of the use of IOUS in the surgery of degenerative diseases of the lumbar spine, an analysis of prospective examination data of 147 patients operated on for degenerative diseases of the lumbar spine in the neurosurgical department of the B.V. Petrovsky National Research Center of Surgery from 2014 to 2018. To study the accuracy of the ultrasound method for determining the level of surgical access and assessing the degree of radiation load reduction, to study the quality of ultrasound imaging of the structures of the spinal canal, a descriptive study was conducted that included 100 patients (a group of method descriptions). To determine the effectiveness of the use of IOUS, a randomized controlled trial was conducted based on a statistical comparison of the results of surgical treatment of 2 similar parallel groups of patients (control and experimental) consisting of 47 patients each, who differed only in the use of IOUS. Patients of the control group were selected from the method description group. The control and experimental groups of patients were compared according to the following criteria: the duration of surgery, the volume of intraoperative blood loss, the duration of hospitalization, the degree of root pain after surgery, the level of quality of life after surgery, the number of recurrences of herniated disc. For IOUS, we used BK Medical Pro Focus 2202 and BK Medical Flex Focus 400 ultrasound machines with neurosurgical sensors Craniotomy 8862 and Burr-Hole 8863. We performed IOUS before flavotomy, after flavotomy and after decompression of nerve structures.

Results. The method of determining the level of surgical access using IOUS has a high accuracy (100 %) and allows you not to use radiography and reduce the radiation load (on average by 0.02 mSv per patient). IOUS allows to adequately visualize the structures of the spinal canal in patients with degenerative pathology of the lumbar spine: the sensitivity of the method before flavotomy is 93 %, after flavotomy – 97 %, and after decompression of nerve structures – 100 %. Due to the high sensitivity of the IOUS method, it allows optimizing surgical access, controlling the radicality of decompression of nerve structures, documenting the fact of their decompression. The use of IOUS in patients with degenerative diseases of the lumbar spine can improve the results of surgical treatment by reducing the number of recurrences of disc herniation, reducing the degree of radicular pain after surgery, reducing the duration of surgery and the volume of intraoperative blood loss.

Conclusion. IOUS is a simple, harmless and widely available method of intraoperative imaging, which allows to improve the results of surgical treatment of patients with degenerative pathology of the lumbar spine.

Keywords: intraoperative ultrasound examination, degenerative diseases of the lumbar spine, intraoperative visualization

For citation: Aslanukov M.N., Vasilyev S.A., Levin R.S., Oshchepko S.K. Results of using intraoperative ultrasound in surgery of neurodegenerative disorders of the lumbar spine. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(3):59–68. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-3-59-68

ВВЕДЕНИЕ

Дегенеративные заболевания поясничного отдела позвоночника относятся к наиболее частой патологии, причем большинство пациентов представляют активную возрастную группу. Лечение этих больных в связи с высоким уровнем инвалидизации связано с большими экономическими затратами [1–3]. Хирургическое лечение данной категории пациентов остается сложной проблемой в нейрохирургии и сопровождается высоким процентом неудовлетворительных послеоперационных исходов [4, 5].

Осложнениями хирургического лечения являются рецидивы грыж, вмешательства на интактном сегменте позвоночника, спондилит, нестабильность позвоночно-двигательного сегмента, эпидуральный фиброз [6]. Основными факторами, которые влияют на эффективность хирургического лечения, являются

травматичность и радикальность операций. Большое значение в достижении хороших результатов хирургического лечения имеет правильная ориентация хирурга в интраоперационной анатомии и контроль декомпрессии нервных структур. В этом хирургу могут помочь методы интраоперационной визуализации. Современные методы интраоперационной визуализации, такие как интраоперационные мультиспиральная компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, доступны не во всех клиниках, а также имеют определенные ограничения в применении [7–11].

В свою очередь, интраоперационное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ) является простым, безопасным и широкодоступным методом интраоперационной визуализации, реализуемым в реальном времени, а его разрешающая способность сопоставима с компьютерной и магнитно-резонансной томографией [12–15].

В отечественной и зарубежной литературе имеется незначительное число научных работ, посвященных интраоперационной ультразвуковой визуализации, примененной в спинальной хирургии. Улучшение результатов хирургического лечения больных с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника явилось основной задачей исследования возможностей применения ИОУЗИ.

Цель исследования — оценить результаты использования ИОУЗИ в хирургии дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе проспективных данных обследования 147 больных, оперированных по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника в нейрохирургическом отделении ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского» с 2014 по 2018 г. В выборку вошли пациенты, которым была выполнена односторонняя или двусторонняя междужковая декомпрессия нервных структур на одном или нескольких уровнях (не более 3).

В исследование были включены пациенты в возрасте от 18 до 80 лет с некупируемым корешковым болевым синдромом, длящимся >4 нед и/или сопровождающимся неврологическим дефицитом. Исключены из исследования пациенты с некомпрессионной радикулопатией, экстрафораминальной грыжей диска, наличием абсолютных противопоказаний к хирургическому лечению.

Для исследования точности ультразвукового метода определения уровня хирургического доступа и оценки при этом степени снижения лучевой нагрузки, а также изучения качества ультразвуковой визуализации структур позвоночного канала на различных этапах хирургического лечения проведено описательное исследование, включившее 100 пациентов (группа описания метода), в том числе 51 (51 %) мужчину и 49 (49 %) женщин. Возраст больных составил от 18 до 71 года (в среднем 49,8 года). Характер патологии был следующим: грыжа диска — 48 (48 %) случаев, стеноз позвоночного канала — 32 (32 %) случая, а также их сочетание — 20 (20 %) случаев.

Для анализа точности ультразвуковой верификации уровня хирургического доступа и оценки качества ультразвуковой визуализации структур позвоночного канала мы определяли чувствительность метода по формуле: чувствительность (%) = (количество истинно положительных результатов/количество всех результатов) × 100.

Для оценки степени снижения лучевой нагрузки при использовании ИОУЗИ при определении уровня хирургического доступа мы вычисляли эффективную дозу облучения (мЗв). Интраоперационную рентгенографию выполняли на аппарате WNA-200 Opescore Pleno (Япония).

С целью определения эффективности использования ИОУЗИ было проведено рандомизированное контролируемое исследование, основанное на статистическом сравнении результатов хирургического лечения пациентов 2 схожих параллельных групп (контрольной и опытной), которые отличались лишь использованием ИОУЗИ. В опытную группу вошли 47 пациентов (24 (51 %) мужчины, 23 (49 %) женщины) с грыжей диска, которым была выполнена микродискэктомия на одном уровне с использованием ИОУЗИ. Пациенты опытной группы были выбраны из группы описания метода. В контрольную группу вошли 47 пациентов (25 (53 %) мужчин, 22 (47 %) женщины), которым было проведено аналогичное хирургическое лечение, но без использования ИОУЗИ. Больные обеих групп были статистически сопоставимы по следующим критериям: пол, возраст, характер патологии, уровень операции, степень корешковой боли до операции, уровень качества жизни до операции, степень неврологического дефицита до операции.

Неврологический и функциональный статусы пациентов оценивались нами перед операцией, при выписке из больницы и через 3 мес после операции. Функциональный статус пациентов оценивали с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) корешковой боли и шкалы оценки общего статуса больного Карновского. Объем интраоперационной кровопотери измеряли гравиметрическим методом.

Статистический анализ данных исследования проведен на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel 2016 и Jamovi (v. 1.2.2). Описательная статистика отражена минимальными и максимальными показателями, медианами, средними значениями, стандартными отклонениями среднего, нижними и верхними квартилями. Нормальность распределения значений определяли с помощью теста Шапиро–Уилка. Для сравнительного анализа номинальных переменных применили критерий χ^2 с поправкой Йейтса. Сравнительный анализ количественных переменных выполнили с помощью U-критерия Манна–Уитни. В качестве уровня статистической значимости принято значение $p \leq 0,05$.

Интраоперационное ультразвуковое исследование мы проводили на различных этапах хирургического лечения: до разреза — с целью верификации уровня хирургического доступа, при декомпрессии нервных структур — для уточнения особенностей интраоперационной анатомии и оптимизации хирургического доступа, а после декомпрессии — для контроля ее радикальности. ИОУЗИ выполняли с помощью 2 ультразвуковых аппаратов — BK Medical Pro Focus 2202 и BK Medical Flex Focus 400 (Дания) с 3 различными конвексными датчиками. Для чрескожного ультразвукового сканирования использовали абдоминальный (конвексный) датчик Curved Array 8830, работающий на частотах 6–2 МГц, с размером сканирующей

поверхности $67,5 \times 13$ мм. Его преимуществами явились большие обзорность и глубина сканирования, а недостатком — большой размер. Датчик Craniotomy 8862 (диапазон частот 10–3,8 МГц, размер апертуры 29×10 мм) оказался универсальным и эффективным. Его мы использовали как в ране, так и чрескожно, как при двустороннем, так и при одностороннем междужковом доступе. Датчик Bugt-Hole 8863 (10–3,8 МГц, $10 \times 8,6$ мм) дополнительно применяли при микродискэктомии с односторонним междужковым доступом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Интраоперационное ультразвуковое исследование мы выполняли при определении уровня хирургического доступа, при этом длительность исследования была незначительной и в среднем составила 2,6 мин. После разреза ИОУЗИ выполняли перед флатотомией, при декомпрессии нервных структур и после их декомпрессии, при этом общая длительность исследований также была незначительной и в среднем составила 6,0 мин.

Определение уровня хирургического доступа с помощью ультразвукового исследования. По классической методике верификация уровня L_5-S_1 основывается на обнаружении крайнего каудального междужкового промежутка (L_5-S_1) и гиперэхогенной непрерывной линии от задней поверхности крестца при сканировании парамедиальным сагиттальным косым доступом. При краниальном смещении датчика определяются вышележащие уровни [14].

В ряде случаев (люмбализация S_1 , сакрализация L_5 , незаращение дуг L_5, S_1) при таком исследовании возможна ошибка определения уровня хирургического доступа. Мы дополнили эту методику определением различий формы и размеров остистых отростков L_5 - и S_1 -позвонков и выявлением межостистого и междужкового промежутков на уровнях L_4-S_2 при сканировании сагиттальным срединным доступом, что позволило с высокой точностью определять уровень хирургического доступа (рис. 1).

Для исследования точности этого метода пациенты группы описания метода были разделены на 2 подгруппы: А и Б. У пациентов подгруппы А ($n = 70$) исследование проводилось в начале нашей работы, а данные ИОУЗИ подтверждались рентгенографией. Ошибки определения уровня хирургического доступа в этой группе были у 2 пациентов (чувствительность метода составила 97,14 %). После накопления опыта ошибки прекратились, что позволило нам у следующих 30 пациентов (подгруппа Б) определять уровень хирургического доступа только с помощью ИОУЗИ. Правильность определения уровня хирургического доступа в подгруппе Б мы подтверждали фактом обнаружения грыжи диска на операции, а после операции — данными магнитно-резонансной томографии. В подгруппе Б ошибок не было (чувствительность

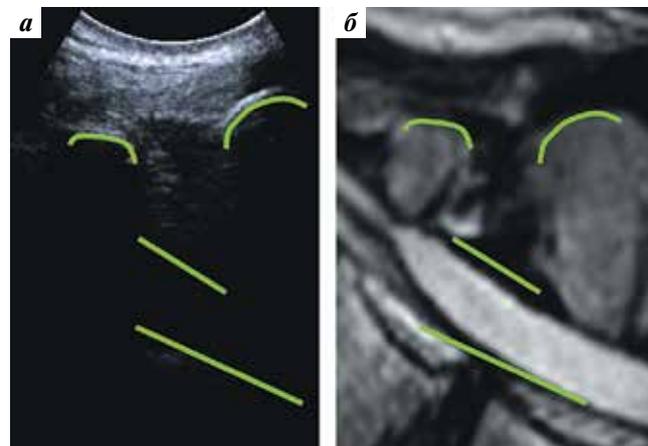


Рис. 1. Оценка формы и размеров остистых отростков позвонков, межостистого и междужкового промежутков на уровнях L_5-S_1 при сравнении одинаковых срединных сагиттальных изображений, полученных при интраоперационном ультразвуковом исследовании (а) и магнитно-резонансной томографии (б) у пациента К., 36 лет. Изогнутыми линиями отмечены остистые отростки L_5 и S_1 , прямыми линиями — передний и задний комплексы твердой мозговой оболочки

Fig. 1. Assessment of the shape and size of the spinous processes of the vertebrae and the interosseous and interarticular spaces at L_5-S_1 levels when comparing the same median sagittal scans of intraoperative ultrasound examination (a) and magnetic resonance imaging (b) in patient K., 36 years old. The spinous processes L_5 and S_1 are marked with curved lines, and the anterior and posterior complexes of the dura mater are marked with straight lines

метода составила 100 %). Эффективная доза облучения при определении уровня хирургического доступа у пациентов подгруппы А в среднем составила 0,02 мЗв. В подгруппе Б лучевой нагрузки благодаря ИОУЗИ удалось избежать. Структуры позвоночного канала на данном этапе удовлетворительно визуализировались с помощью ИОУЗИ лишь в 7 % случаев (чувствительность метода составила 7 %).

Таким образом, было установлено, что применение ИОУЗИ позволяет точно определить уровень хирургического доступа, избежав лучевой нагрузки на пациентов и медицинский персонал, а длительность проведения ИОУЗИ является незначительной.

Интраоперационное ультразвуковое исследование до флатотомии. После хирургического доступа к желтой связке визуализация структур позвоночного канала значительно улучшается. Это связано с тем, что разведенные мягкие ткани больше не препятствуют ультразвуку, а столб жидкости является хорошей проводящей средой для него. Столб жидкости, желтая связка и ликвор, находящийся в дуральном мешке, — хорошо узнаваемые ориентиры при ИОУЗИ (рис. 2).

В группе описания метода в 93 (93 %) наблюдениях мы уверенно дифференцировали структуры позвоночного канала перед флатотомией (чувствительность метода составила 93 %), что позволило оптимизировать хирургический доступ. В случаях распространения секвестра на соседний уровень после удаления грыжи диска на основном уровне применение ИОУЗИ позволяло нам убедиться в радикальности удаления

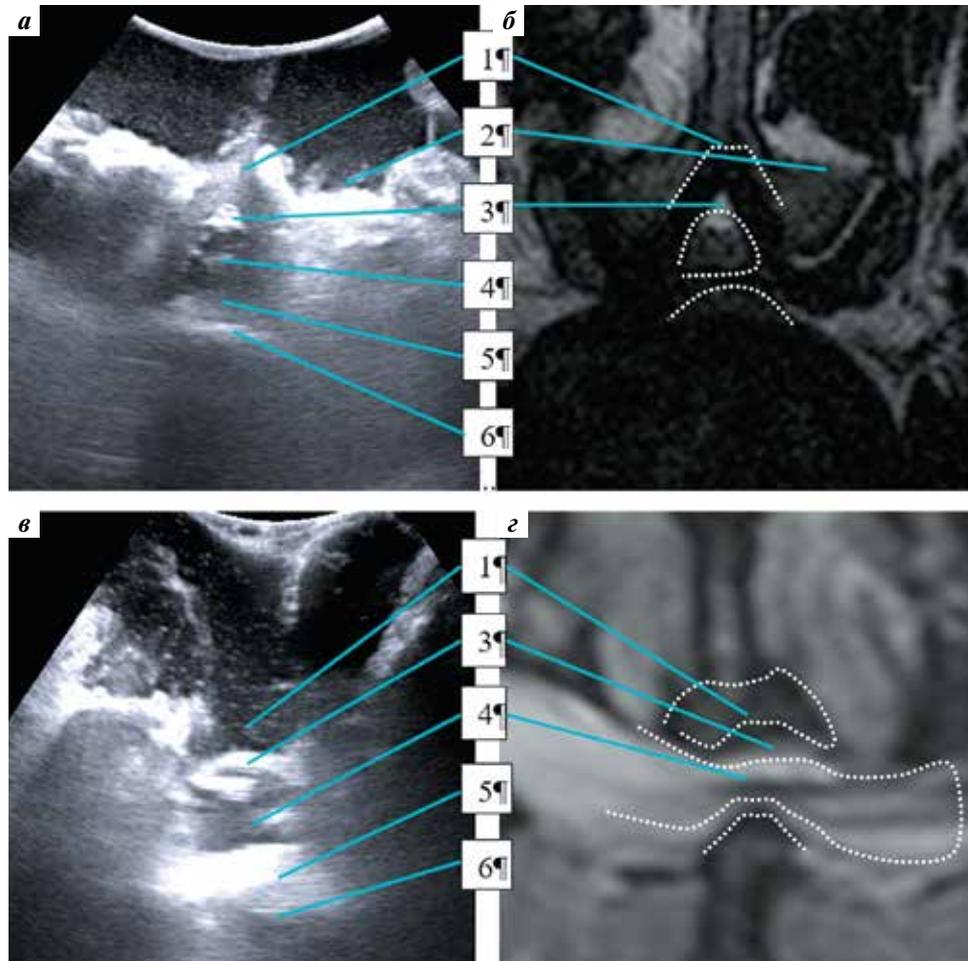


Рис. 2. Сравнение аксиального (а) и сагиттального (в) изображений, полученных при интраоперационном ультразвуковом исследовании на уровне L_4-L_5 , с аналогичными аксиальным (б) и сагиттальным (г) срезами магнитно-резонансной томографии пациентки Ч., 43 лет, со стенозом позвоночного канала на уровнях L_3-L_5 . 1 – желтая связка; 2 – задняя поверхность правого сустава L_4-L_5 ; 3 – эпидуральный жир; 4 – ликвор и спинномозговые корешки в дуральном мешке; 5 – грыжа диска; 6 – задняя поверхность тела позвонка. Пунктиром выделены контуры желтой связки, дурального мешка и грыжи диска

Fig. 2. Comparison of axial (a) and sagittal (в) scans of intraoperative ultrasound examination at the L_4-L_5 level with similar axial (б) and sagittal (г) scans of magnetic resonance imaging of patient Ch., 43 years old, with spinal canal stenosis at L_3-L_5 levels. 1 – yellow ligament; 2 – posterior surface of the right joint L_4-L_5 ; 3 – epidural fat; 4 – cerebrospinal fluid and spinal roots in the dural sac; 5 – herniated disc; 6 – posterior surface of the vertebral body. The dotted line outlines the yellow ligament, dural sac and herniated disc

грыжи и отсутствии ее остатков на соседнем уровне. В результате нам удавалось избежать ревизии соседнего уровня, что приводило к снижению интраоперационной травматизации и длительности операции, а также позволяло предотвратить рубцово-спаечный процесс. В 2 (2 %) наблюдениях в группе описания метода с помощью ИОУЗИ было выявлено предоперационное смещение секвестра грыжи диска, что позволило уменьшить интраоперационную травму и длительность операции у этих больных.

Интраоперационное ультразвуковое исследование при декомпрессии нервных структур. После флатотомии качество ультразвуковой визуализации становится еще лучше в связи с тем, что плотная желтая связка больше не затрудняет сканирование, а «акустическое окно» становится шире. В группе описания метода в 97 (97 %) наблюдениях мы уверенно дифференциро-

вали структуры позвоночного канала (чувствительность метода – 97 %). На данном этапе легко узнаваемой структурой является дуральный мешок, содержащий эконегативный ликвор и умеренно гиперэхогенные корешки, а их пульсация значительно упрощает их идентификацию (рис. 3).

При декомпрессии нервных структур ИОУЗИ помогает хирургу правильно ориентироваться в интраоперационной анатомии, корректировать доступ к субстрату компрессии нервных структур.

Интраоперационное ультразвуковое исследование после декомпрессии нервных структур. После декомпрессии нервных структур качество ультразвуковой визуализации у всех пациентов группы описания метода ($n = 100$) позволяло уверенно дифференцировать все структуры позвоночного канала (чувствительность метода – 100 %). Это связано с тем, что структуры



Рис. 3. Сравнение аксиального (а) и сагиттального (в) изображений, полученных при интраоперационном ультразвуковом исследовании, с аналогичными аксиальным (б) и сагиттальным (г) срезами магнитно-резонансной томографии у пациента К., 58 лет, с грыжей диска L_5-S_1 . 1 – дуральный мешок; 2 – грыжа диска; 3 – эпидуральный жир

Fig. 3. Comparison of axial (a) and sagittal (в) scans of intraoperative ultrasound examination with similar axial (б) and sagittal (г) scans of magnetic resonance imaging in a 58-year-old patient with a herniated disc L_5-S_1 . 1 – dural sac; 2 – herniated disc; 3 – epidural fat

позвоночного канала расправляются и начинают занимать правильное анатомическое положение (рис. 4).

Мы выявили и удалили не замеченные хирургом крупные фрагменты секвестра грыжи диска у 3 (3 %) пациентов из группы описания метода, что позволило избежать резидуальной грыжи и возможной реоперации по этому поводу. Документирование факта декомпрессии нервных структур на основании данных ИОУЗИ, представленных в виде фото- и видеоматериалов, дает возможность контролировать эффективность действий хирурга, а также может представлять научный интерес.

Алгоритм применения ИОУЗИ. На каждом из этапов операции ИОУЗИ помогает решать строго определенные практические задачи. До флавотомии использование ИОУЗИ позволяет оптимизировать хирургический доступ к грыже диска, обнаружить возможное

предоперационное смещение секвестра грыжи диска. После флавотомии применение ИОУЗИ улучшает интраоперационную ориентацию хирурга, что позволяет избежать излишней травматизации нервных структур и эпидуральных вен, сократить длительность основного этапа операции и объем кровопотери. На этапе ревизии после декомпрессии нервных структур исследование дает возможность убедиться в радикальности декомпрессии, а при обнаружении фактора компрессии – локализовать и удалить его.

Таким образом, алгоритм проведения ИОУЗИ определяется хирургическими задачами и выполняется по этапам (рис. 5).

Сравнение групп по длительности операции. В контрольной группе пациентов длительность операции варьировала от 55 до 295 мин, медиана составила 140 [110; 178]¹ мин, средняя продолжительность

¹В квадратных скобках отражены значения нижнего и верхнего квартилей.

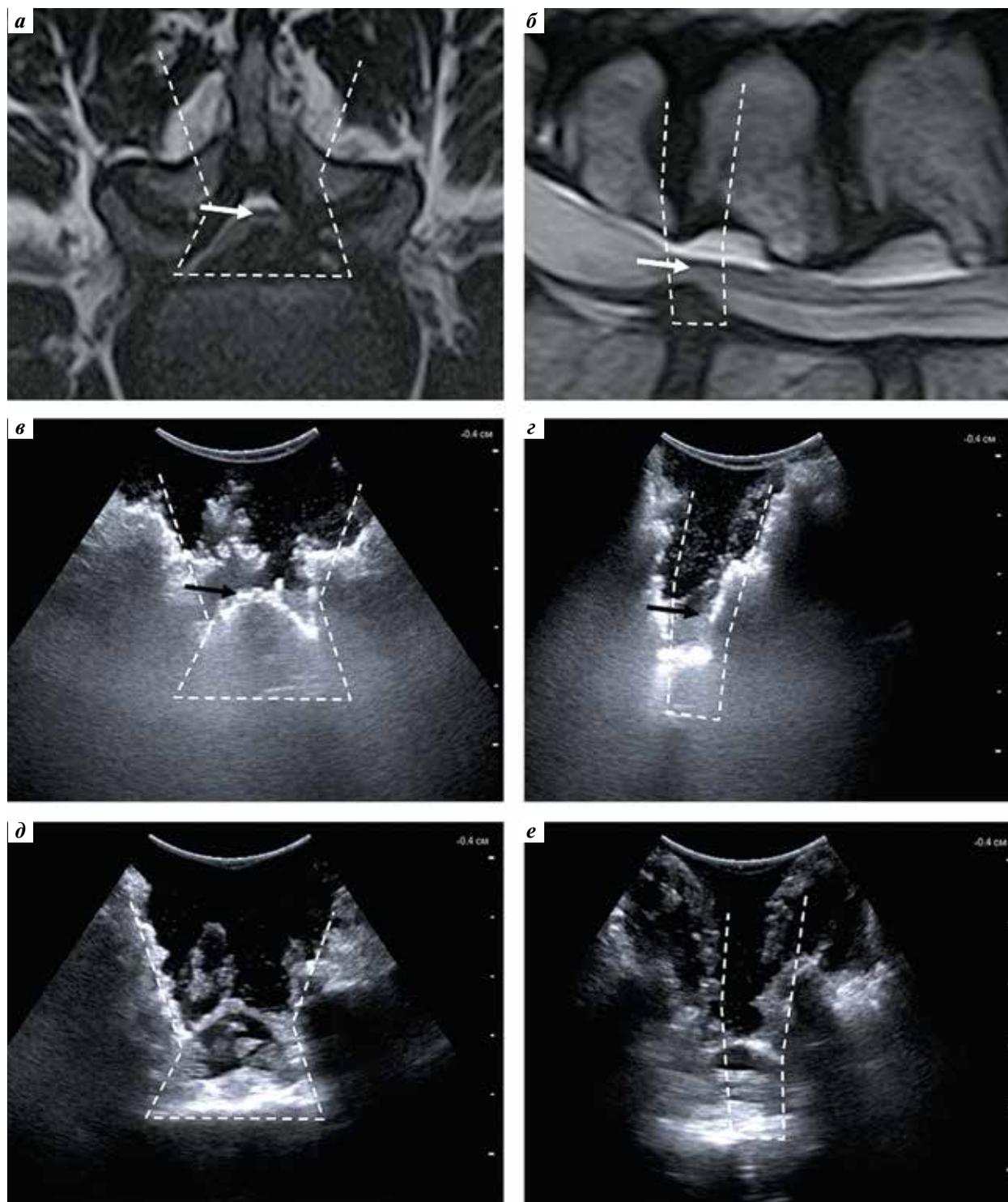


Рис. 4. Интраоперационное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ) до и после декомпрессии нервных структур у пациента К., 57 лет, с грыжей диска L_4-L_5 в сравнении с предоперационной магнитно-резонансной томографией (МРТ). Пунктиром отмечено «акустическое окно», соответствующее границам хирургического доступа. В верхнем ряду изображений представлены аксиальный (а) и сагиттальный (б) срезы предоперационной МРТ, в среднем ряду – аналогичные аксиальное (в) и сагиттальное (з) изображения, полученные при ИОУЗИ до декомпрессии, в нижнем ряду – аналогичные аксиальное (д) и сагиттальное (е) изображения, полученные при ИОУЗИ после декомпрессии нервных структур. Дуральный мешок отмечен белой стрелкой, а его задняя поверхность – черной

Fig. 4. Intraoperative ultrasound examination (IOUS) before and after decompression of nerve structures in patient K., 57 years old, with a herniated disc L_4-L_5 in comparison with preoperative magnetic resonance imaging (MRI). The dotted line marks the “acoustic window” corresponding to the boundaries of surgical access. The upper row of images shows axial (a) and sagittal (б) scans of preoperative MRI, in the middle row – similar axial (в) and sagittal (з) scans of IOUS before decompression, and in the lower row – similar axial (д) and sagittal (е) scans of IOUS after decompression of nerve structures. The dural sac is marked with a white arrow, and its posterior surface is black

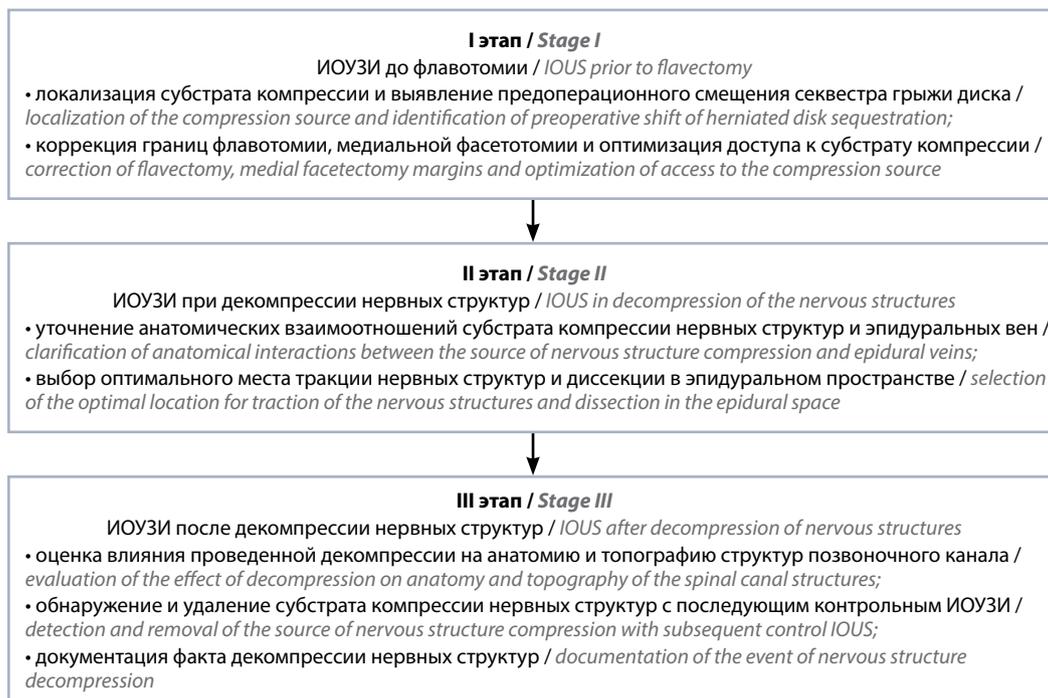


Рис. 5. Алгоритм применения интраоперационного ультразвукового исследования (ИОУЗИ)

Fig. 5. Algorithm of using intraoperative ultrasound (IOUS)

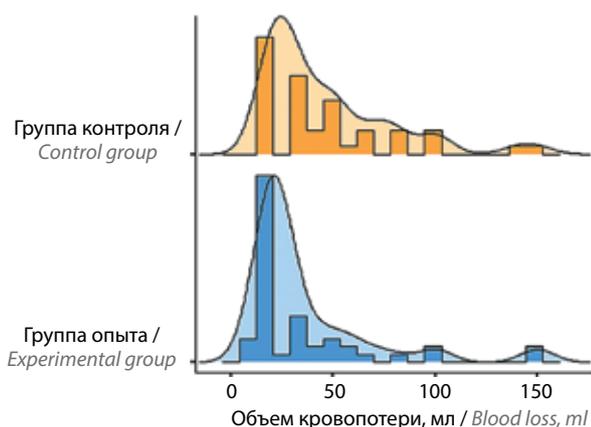


Рис. 6. Гистограммы плотности распределения объема кровопотери в опытной и контрольной группах пациентов

Fig. 6. Histograms of the density distribution of blood loss values in the experimental and control groups of patients

операции – 149 мин. В опытной группе эти значения варьировали от 75 до 310 мин, медиана составила 135 [110; 155] мин, среднее значение – 133 мин. Статистически значимого различия по данному критерию получено не было (U-критерий Манна–Уитни, $p = 0,26$). Однако основной этап операции в группе опыта проходил в среднем на 22 мин быстрее. Мы объясняем это улучшением интраоперационной ориентации хирурга благодаря ИОУЗИ.

Сравнение групп по объему интраоперационной кровопотери. Объем интраоперационной кровопотери в контрольной группе варьировал от 20 до 150 мл, медиана составила 30 [20; 55] мл, а средняя кровопоте-

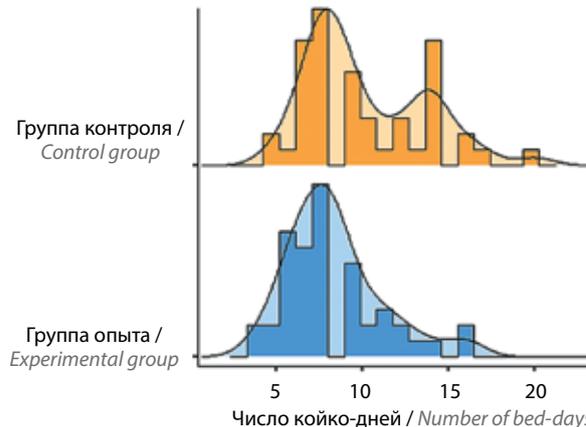


Рис. 7. Гистограммы распределения числа койко-дней в опытной и контрольной группах пациентов

Fig. 7. Histograms of bed-day values of experimental and control groups of patients

ра – 46,2 мл. В опытной группе эти значения варьировали от 10 до 150 мл, медиана составила 20 [20; 40] мл, среднее значение – 36,5 мл (рис. 6). Выявлено статистически значимое снижение объема кровопотери в опытной группе (U-критерий Манна–Уитни, $p = 0,01$). Мы связываем это с тем, что у части пациентов применение ИОУЗИ облегчало поиск хирургом грыжи диска, благодаря чему хирург реже травмировал эпидуральные вены.

Сравнение групп по срокам госпитализации. Количество койко-дней в контрольной группе колебалось от 5 до 20, медиана составила 9 [8; 13,5], средний показатель – 10,1. В опытной группе эти значения

варьировали от 4 до 16, медиана составила 8 [6,5; 9], среднее значение – 8,36 (рис. 7). Выявлено статистически значимое увеличение числа койко-дней в контрольной группе пациентов (U-критерий Манна–Уитни, $p = 0,01$). На увеличение показателя койко-дней в группе контроля оказали влияние 3 пациента с реоперацией по поводу раннего рецидива грыжи диска, а также с более выраженным корешковым болевым синдромом.

Сравнение групп по степени корешковой боли после операции. Оценка интенсивности корешковой боли по ВАШ при выписке пациентов из стационара в группе контроля составляла от 0 до 4 баллов с медианой 1 [0; 2] балл, в среднем – 1,09 балла. В группе опыта эти значения составляли от 0 до 2 баллов, медиана – 0 [0; 1] баллов, в среднем – 0,34 балла (рис. 8). Выявлено статистически значимое уменьшение степени корешковой боли при выписке больных из стационара в опытной группе (U-критерий Манна–Уитни, $p < 0,01$). По нашему мнению, применение ИОУЗИ упрощало поиск грыжи диска, вследствие чего хирург меньше манипулировал с нервным корешком, что уменьшало его травматизацию.

Оценка степени корешковой боли по ВАШ через 3 мес после операции в контрольной группе составляла от 0 до 2 баллов, медиана – 0 [0; 0] баллов, в среднем – 0,28 балла. В опытной группе эти значения составляли от 0 до 2 баллов, медиана – 0 [0; 1] баллов,

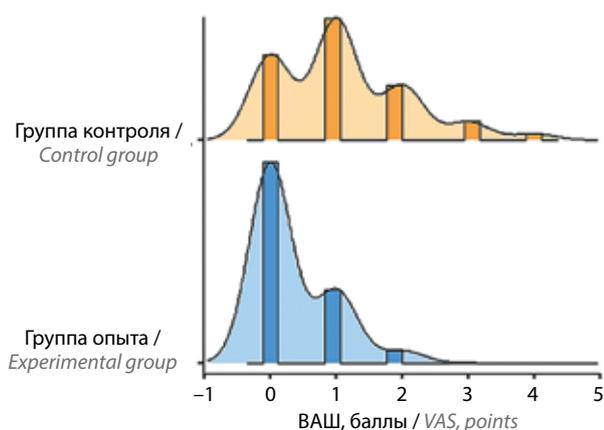


Рис. 8. Гистограммы плотности распределения оценки интенсивности корешковой боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) при выписке больных из стационара в контрольной и опытной группах

Fig. 8. Histograms of the density distribution of assessment of the intensity of radicular pain on a visually analog scale (VAS) at the discharge of patients from the hospital in the control and experimental groups

в среднем – 0,17 балла. Статистически значимой разницы между группами сравнения по степени корешковой боли через 3 мес после операции выявлено не было (U-критерий Манна–Уитни, $p = 0,39$), но все же среднее значение в опытной группе было меньше.

Сравнение групп по уровню качества жизни после операции. Оценка по шкале Карновского при выписке пациентов из стационара в группе контроля составила 70–100 баллов, медиана – 90 [90; 90] баллов, в среднем – 89,1 балла. В опытной группе эти значения составили 80–90 баллов, медиана – 90 [90; 90] баллов, в среднем – 88,9 балла. Статистически значимой разницы между группами сравнения выявлено не было (U-критерий Манна–Уитни, $p = 0,61$). Значения баллов по шкале Карновского через 3 мес после операции в группах также статистически не различались (U-критерий Манна–Уитни, $p = 0,06$).

Сравнение групп по количеству рецидивов грыжи диска. В группе опыта ($n = 47$) в течение 3 мес наблюдения рецидивов грыжи диска отмечено не было. В контрольной группе ($n = 47$) за аналогичный период 4 (8,51 %) пациента перенесли повторную операцию по поводу рецидива грыжи диска, а трем из них реоперация была проведена в течение одной госпитализации. Выявлено статистически достоверное различие групп по количеству рецидивов (критерий χ^2 Пирсона, $p = 0,041$). Стоит отметить, что у 2 пациентов группы опыта применение ИОУЗИ позволило обнаружить и удалить часть секвестра грыжи диска и, возможно, избежать реоперации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный нами метод определения уровня хирургического доступа с помощью ИОУЗИ имеет высокую точность, позволяет не использовать рентгенографию и снизить лучевую нагрузку (в среднем на 0,02 мЗв на 1 больного). ИОУЗИ дает возможность хорошо визуализировать структуры позвоночного канала у пациентов с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника: чувствительность метода до флатомии составляет 93 %, после флатомии – 97 %, а после декомпрессии нервных структур – 100 %. Благодаря высокой чувствительности метода ИОУЗИ позволяет оптимизировать хирургический доступ, контролировать радикальность декомпрессии нервных структур, документировать факт их декомпрессии. Таким образом, применение ИОУЗИ у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника позволяет улучшить результаты лечения.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Степанов И.А., Оконешникова А.К. Дегенеративные заболевания дугоотростчатых суставов поясничного отдела позвоночника: диагностика и хирургическое лечение. Новосибирск: Наука, 2018. 232 с. Vuyaltsev V.A., Kalinin A.A., Stepanov I.A., Okoneshnikova A.K. Lumbar facet joints degenerative diseases. Diagnosis and surgical treatment. Novosibirsk: Nauka, 2018. 232 p. (In Russ.).
2. Дракин А.И. Хирургическое лечение дегенеративных заболеваний шейного и пояснично-крестцового отделов позвоночника. Автореф. дис. ... докт. мед. наук. М., 2008. 52 с. Drakin A.I. Surgical treatment of degenerative diseases of the cervical and lumbosacral spine. Abstract of dis. ... of doctor of med. sciences. Moscow, 2008. 52 p. (In Russ.).
3. Коновалов Н.А. Новые технологии и алгоритмы диагностики и хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Автореф. дис. ... докт. мед. наук. М., 2010. 51 с. Konovalov N.A. New technologies and algorithms for diagnostics and surgical treatment of degenerative diseases of the lumbar spine. Abstract of dis. ... of doctor of med. sciences. Moscow, 2010. 51 p. (In Russ.).
4. Акшулаков С.К., Керимбаев Т.Т., Алейников В.Г. и др. Современные проблемы хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника. Нейрохирургия и неврология Казахстана 2013;1:9–13. Akshulakov S.K., Kerimbayev T.T., Aleynikov V.G. et al. Modern problems of surgical treatment of degenerative-dystrophic diseases of the spine. Neyrokhirurgiya i nevrologiya Kazakhstana = Neurosurgery and Neurology of Kazakhstan 2013;1:9–13. (In Russ.).
5. Сидоренко В.В., Дзукаев Д.Н., Древал О.Н. Современные подходы к хирургическому лечению дегенеративных заболеваний шейного отдела позвоночника. Новые технологии в нейрохирургии. Материалы VII Международного симпозиума (Санкт-Петербург, 27–29 мая 2004 г.). СПб: Межрегиональная общественная организация «Человек и его здоровье», 2004. С. 99–100. Sidorenko V.V., Dzukaev D.N., Dreval O.N. Modern approaches to surgical treatment of degenerative diseases of the cervical spine. New technologies in neurosurgery. Proceedings of the VII International Symposium (St. Petersburg, May 27–29, 2004). St. Petersburg: Mezhhregionalnaya obshchestvennaya organizatsiya "Chelovek i ego zdorovie". 2004. P. 99–100. (In Russ.).
6. Доценко В.В. Повторные операции при дегенеративных заболеваниях позвоночника. Хирургия позвоночника 2004;4:63–7. Dotsenko V.V. Revision surgeries for degenerative spine diseases. Khirurgiya Pozvonochnika = Russian Journal of Spine Surgery 2004;4:63–7. (In Russ.).
7. Гиоев П.М., Давыдов Е.А., Зуев И.В., Себелев К.И. Особенности хирургической тактики при повторных операциях у больных с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. Гений ортопедии 2009;4:85–7. Gioev P.M., Davydov E.A., Zuev I.V., Sebelev K.I. Features of surgical tactics during repeated operations in patients with degenerative diseases of the lumbar spine. Geniy ortopedii = The Genius of Orthopedics 2009;4:85–7. (In Russ.).
8. Burton C.V., Kirkaldy-Willis W.H., Yong-Hing K., Heithoff K.B. Causes of failure of surgery on the lumbar spine. Clin Orthop 1981;157:191–9.
9. Frymoyer J.W. Back pain and sciatica. N Engl J Med 1988;318(5):291–8.
10. Spine surgery: techniques, complication avoidance, and management. 2nd edn. Vol. 2. Ed. by E.C. Benzel. Philadelphia (Pa.): Elsevier Churchill Livingstone, 2005. P. 1781.
11. Volinn E., Turczyn K., Loeser J. Patterns in low back hospitalizations: implications for the treatment of low back pain in an era of health care reform. Clin J Pain 1994;10(1):64–70.
12. Васильев С.А., Зуев А.А. Ультразвуковая навигация в хирургии опухолей головного мозга. Часть 2. Нейрохирургия 2010;4:16–23. Vasiliev S.A., Zuev A.A. Ultrasound navigation in surgery of brain tumors. Part 2. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2010;4:16–23. (In Russ.).
13. Кинзерский С.А. Оптимизация ультразвуковой диагностики остеохондроза позвоночника с использованием заднего интерламинарного доступа. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2009. 25 с. Kinzersky S.A. Optimization of ultrasound diagnostics of spinal osteochondrosis using posterior interlaminar access. Abstract of dis. ... of candidate of med. sciences. Tomsk, 2009. 25 p. (In Russ.).
14. Chin K.J., Karmakar M.K., Peng P. Ultrasonography of the adult thoracic and lumbar spine for central neuraxial blockade. Anesthesiology 2011;114(6):1462–70.
15. Reid M.H. Ultrasonic visualization of a cervical cord cystic astrocytoma. Am J Roentgenol 1978;131(5):907–8.

Вклад авторов

М.Н. Аслануков: разработка дизайна исследования, сбор данных для анализа, анализ полученных данных, проведение хирургических операций, написание текста статьи;

С.А. Васильев: разработка дизайна исследования, научное редактирование, научное консультирование;

Р.С. Левин, С.К. Ощепков: сбор данных для анализа, ассистирование на операциях, выполнение интраоперационных ультразвуковых исследований.

Authors' contribution

M.N. Aslanukov: research design development, data collection for analysis, analysis of data obtained, surgical operations, article writing;

S.A. Vasiliev: research design development, scientific editing, scientific consulting;

R.S. Levin, S.K. Oshepkov: data collection for analysis, assisting in operations, performing intraoperative ultrasound examination.

ORCID авторов / ORCID of authors

М.Н. Аслануков / M.N. Aslanukov: <https://orcid.org/0000-0001-8021-1171>

С.А. Васильев / S.A. Vasiliev: <https://orcid.org/0000-0001-8456-0053>

Р.С. Левин / R.S. Levin: <https://orcid.org/0000-0002-2799-8769>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Статья поступила: 28.07.2022. **Принята к публикации:** 13.06.2023.

Article received: 28.07.2022. **Accepted for publication:** 13.06.2023.