

РАЗРАБОТКА И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОРИГИНАЛЬНОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРОХОДИМОСТИ СПИННОМОЗГОВЫХ ПРОСТРАНСТВ ПРИ УДАЛЕНИИ ЛЮМБОСАКРАЛЬНОЙ ЛИПОМЫ

А.А. СУФИАНОВ^{1,2}, И.С. ШЕЛЯГИН¹, М.Р. ГИЗАТУЛЛИН², Р.А. СУФИАНОВ¹

¹ Кафедра нейрохирургии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

² Федеральный центр нейрохирургии, Тюмень, Российская Федерация

Цель: оценить эффективность реконструктивной пластики спинного мозга и твёрдой мозговой оболочки у пациентов с люмбосакральными липомами с помощью оригинального метода контроля проходимости спинномозговых пространств.

Материал и методы: проанализированы результаты обследования и лечения 34 пациентов с люмбосакральными липомами (ЛСЛ), которые были прооперированы под контролем интраоперационной ультрасонографии. До и после реконструктивной пластики спинного мозга (СМ) и твёрдой мозговой оболочки (ТМО) им были проведены измерения размеров переднего, заднего, общего сагиттальных и общего фронтально-го пространств. В качестве контроля выступили 34 пациента с краниосиностозами, у которых патология позвоночника и спинного мозга была исключена, а замеры указанных выше спинномозговых пространств были приняты за анатомическую норму.

Результаты: выявлены статистически значимые различия между размером заднего сагиттального пространства до вскрытия ТМО и этим показателем в условиях анатомической нормы ($p < 0,001$). После реконструкции статистически значимых различий данного параметра с анатомической нормой не обнаружено ($p = 0,1$). Общее сагиттальное и общее фронтальное пространства до вскрытия ТМО не имели статистически значимой корреляции с возрастом пациента ($r = 0,222$; $p = 0,7$ и $r = 0,214$; $p = 0,82$, соответственно), тогда как эти же значения после реконструктивной пластики СМ и ТМО имели статистически значимую корреляционную связь с возрастом больного ($r = 0,327$; $p = 0,007$ и $r = 0,392$; $p = 0,001$, соответственно).

Заключение: полученные с помощью оригинального метода контроля проходимости спинномозговых пространств данные свидетельствуют о высокой эффективности реконструктивной пластики спинного мозга и твёрдой мозговой оболочки в группе пациентов с люмбосакральными липомами, что подтверждено статистическими вычислениями.

Ключевые слова: нейрохирургия, спинной мозг, люмбосакральная липома, интраоперационная ультрасонография.

Для цитирования: Суфианов АА, Шелягин ИС, Гизатуллин МР, Суфианов РА. Разработка и практическое применение оригинального метода контроля проходимости спинномозговых пространств при удалении люмбосакральной липомы. *Вестник Авиценны*. 2021;23(1):39-45. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-1-39-45>

DEVELOPMENT AND PRACTICAL APPLICATION OF AN ORIGINAL METHOD OF MONITORING THE PATENCY OF THE SPINAL SPACES DURING THE REMOVAL OF LUMBOSACRAL LIPOMA

A.A. SUFIANOV^{1,2}, I.S. SHELYAGIN¹, M.R. GIZATULLIN², A.A. SUFIANOV¹

¹ Department of Neurosurgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

² Federal Center for Neurosurgery, Tyumen, Russian Federation

Objective: To assess the effectiveness of reconstructive plasty of the dura mater in patients with lumbosacral lipomas (LSL) using an original method for controlling the patency of the spinal spaces.

Methods: The results of examination and treatment of 34 patients with LSL, who were operated on under the control of intraoperative ultrasonography, were analyzed. Before and after reconstructive plasty of the spinal cord and dura mater (DM), the patients underwent measurements of the anterior sagittal, posterior sagittal, common sagittal and common frontal spaces. The control group was represented by 34 patients with craniosynostosis, in whom the pathology of the spine and spinal cord was excluded, and the measurements of the above spinal spaces were taken as the anatomical norm.

Results: Statistically significant differences were revealed between the value of the posterior sagittal space before opening the DM and this indicator under conditions of anatomical norm ($p < 0.001$). No statistically significant differences between this parameter and the anatomical norm were found after reconstruction ($p = 0.1$). The total sagittal and total frontal spaces before opening the DM did not have a statistically significant correlation with the patient's age ($r = 0.222$, $p = 0.7$ and $r = 0.214$, $p = 0.82$, respectively), while the same values after reconstructive surgery had a significant correlation with the patient's age ($r = 0.327$, $p = 0.007$ and $r = 0.392$, $p = 0.001$, respectively).

Conclusions: The data obtained using the original method for monitoring the patency of the spinal spaces indicate a high efficiency of reconstructive plasty of the spinal cord and dura mater for lumbosacral lipomas, which is confirmed by statistical calculations.

Keywords: Neurosurgery, spinal cord, lumbosacral lipoma, intraoperative ultrasonography.

For citation: Sufianov AA, Shelyagin IS, Gizatullin MR, Sufianov RA. Razrabotka i prakticheskoe primeneniye original'nogo metoda kontrolya prokhodimosti spinnomozgovykh prostranstv pri udalenii lyumbosakral'noy lipomy [Development and practical application of an original method of monitoring the patency of the spinal spaces during the removal of lumbosacral lipoma]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2021;23(1):39-45. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-1-39-45>

ВВЕДЕНИЕ

Люмбосакральная липома (ЛСЛ) – это объёмное образование пояснично-крестцовой области дизэмбриогенетического происхождения, исходящее из конуса спинного мозга (СМ) и имеющее различные типы роста и взаимоотношения с окружающими структурами, проявляющееся подкожным опухолевидным образованием в пояснично-крестцовой области, постепенным нарастанием неврологического, урологического и ортопедического дефицита [1-4].

Хирургическое лечение ЛСЛ предполагает проведение реконструктивной пластики СМ и твёрдой мозговой оболочки (ТМО) для достижения проходимости основных спинномозговых пространств (СМП) [5-10], что обуславливает необходимость в методе интраоперационной диагностики, который позволяет оценить размеры основных СМП до и после реконструктивной пластики СМ и ТМО. Методом выбора в данной ситуации является применение интраоперационной ультразвукографии (ИОУСГ) [11-14].

Оценка необходимых критериев именно на операционном столе, а не в момент контрольного магнитно-резонансного исследования (МРТ) позволяет, в случае необходимости, дополнить реконструктивную пластику СМ и ТМО для достижения проходимости СМП ещё до закрытия операционной раны, что исключает группу ранних и отдалённых послеоперационных осложнений, связанных со стенозом в области оперативного вмешательства [15-18].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность реконструктивной пластики твёрдой мозговой оболочки у пациентов с люмбосакральными липомами с помощью оригинального метода контроля проходимости спинномозговых пространств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе результатов обследования и лечения 34 пациентов (17 мужского (50%) и 17 женского (50%) полов, средний возраст $63,26 \pm 92,44$ месяцев), прооперированных в Федеральном центре нейрохирургии (Тюмень, Российская Федерация) с целью резекции люмбосакральных липом (ЛСЛ) различных видов (табл. 1, рис. 1).

Все пациенты были прооперированы под контролем ИОУСГ с использованием УЗ аппарата Flex Focus 800 (BK Ultrasound, Denmark). Набор датчиков, используемый при резекции ЛСЛ, включал датчики линейного типа (High Frequency Linear 8870), хоккейного типа (Hockey Stick 8809), а также краниотомный датчик (Craniotomy 8862).

Исследования выполнялись: а) непосредственно после укладки пациента и обработки операционного поля; б) в момент создания доступа и резекции костных структур; в) в момент резекции липоматозной ткани; г) в момент реконструктивной пла-

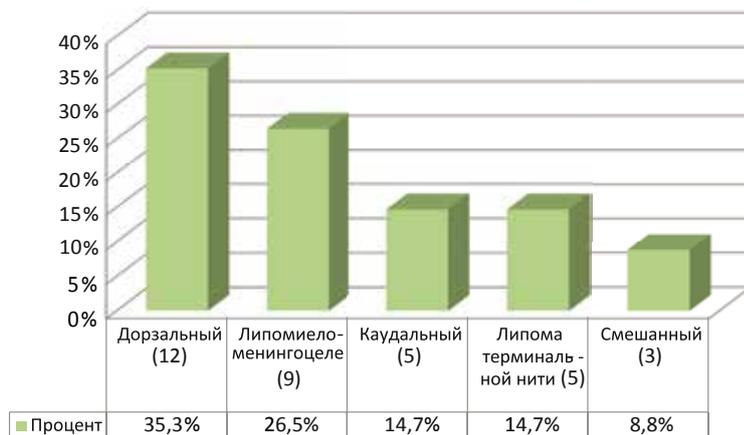


Рис. 1 Распределение пациентов исследуемой группы по типам ЛСЛ

стики СМ и ТМО; д) в раннем и отдалённом послеоперационном периодах.

Проведены следующие измерения:

- общее сагиттальное пространство (ТМО-ТМО)
- переднее сагиттальное пространство (ТМО-ППСМ)
- заднее сагиттальное пространство (ТМО-ЗПСМ)
- общее фронтальное пространство (ТМО-ТМО), где

ТМО – твёрдая мозговая оболочка, ППСМ – передняя поверхность спинного мозга, ЗПСМ – задняя поверхность спинного мозга.

Контрольная группа состояла из 34 пациентов с краниосиностозами (21 мужского (62%) и 13 женского (38%) полов, средний возраст $16,03 \pm 10,96$ месяцев), у которых патология позвоночника и спинного мозга была исключена. Этим пациентам были проведены те же измерения, которые были приняты, в качестве ориентира, за анатомическую норму (табл. 2).

Статистическая обработка полученных измерений проведена в программе IBM SPSS Statistics 23. Данные описательной статистики были представлены в виде абсолютных и относительных величин. Нормальность распределения проверялась с помощью W-теста Шапиро-Уилка. Вариационные ряды отображены в виде средних значений и стандартных отклонений ($M \pm SD$), а также долей (%). В качестве основных методов обработки использованы T-критерий Вилкоксона и корреляция Пирсона. Достоверным считалось значение $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Измерения основных СМП выполнялись в соответствии с оригинальной методикой:

1. Исследование в сагиттальной плоскости (рис. 2, 3):

- визуализация неизменённого конуса СМ выше уровня ЛСЛ
- исследование на уровне ЛСЛ (определение уровня локализации, её протяжённости, типа, фиксации конуса СМ, измерение заднего, переднего и общего сагит-

Таблица 1 Распределение пациентов исследуемой группы по возрасту

Возраст (месяцы)	Количество больных	%
до 12	14	41,2
12-48	8	23,5
48-144	9	26,5
Более 144	3	8,8
Всего	34	100

Таблица 2 Распределение пациентов контрольной группы по возрасту

Возраст (месяцы)	Количество больных	%
до 12	14	41,2
12-48	18	53,0
48-144	1	2,9
Более 144	1	2,9
Всего	34	100,0

Рис. 2 Ультрасонографическая картина смешанного типа ЛСЛ при исследовании во время создания доступа: lipoma – ЛСЛ; dura – ТМО; расстояние 1 (1,41 мм) – задний сагиттальный размер; расстояния 2 (6,47 мм) и 3 (10,3 мм) – сагиттальные размеры ЛСЛ; расстояние 4 (2,59 мм) – передний сагиттальный размер

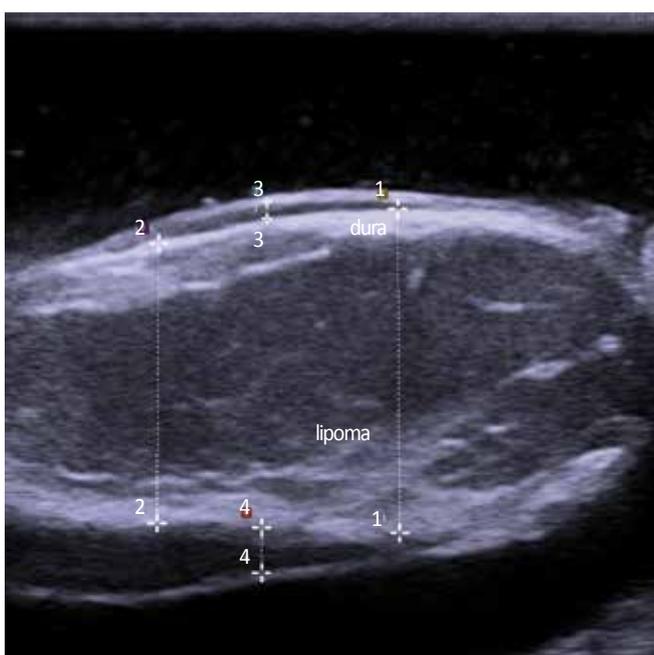
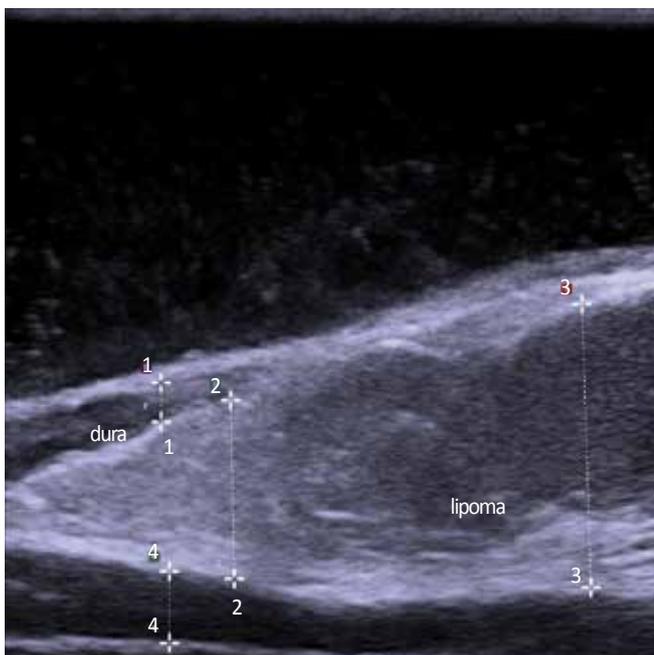


Рис. 3 Ультрасонографическая картина смешанного типа ЛСЛ при исследовании во время создания доступа: lipoma – ЛСЛ; dura – ТМО; расстояния 1 (11,8 мм) и 2 (10,2 мм) – сагиттальные размеры ЛСЛ; расстояние 3 (0,62 мм) – задний сагиттальный размер; расстояние 4 (1,64 мм) – передний сагиттальный размер

тальных пространств (ЗСП, ПСП, ОСП), сагиттального размера конуса СМ, сагиттального размера ЛСЛ, решение вопроса о необходимом доступе).

2. Исследование во фронтальной плоскости (рис. 4, 5):

- визуализация неизменённого конуса СМ выше уровня ЛСЛ;
- исследование на уровне ЛСЛ (определение уровня локализации, её протяжённости, типа, фиксации конуса СМ, измерение ЗСП, ПСП, ОСП, общего фронтального пространства (ОФП), сагиттального и фронтального размеров конуса СМ, сагиттального размера ЛСЛ, решение вопроса о необходимом доступе).

В табл. 3 приведены средние значения основных СМП в исследуемой группе до и после реконструктивной пластики СМ и ТМО, а также в контрольной группе, а в табл. 4 отображены результаты проведения Т-теста в отношении указанных параметров.

В частности, выявлено, что размеры ЗСП до вскрытия ТМО имеют статистически значимые различия по сравнению с анатомической нормой (пациенты контрольной группы), тогда как

Рис. 4 Ультрасонографическая картина смешанного типа ЛСЛ при исследовании во время создания доступа в поперечной проекции: lipoma – ЛСЛ; dura – ТМО; расстояние 1 (5,74 мм) – сагиттальный размер конуса СМ и ЛСЛ; расстояние 2 (3,81 мм) – сагиттальный размер конуса СМ; расстояние 3 (2 мм) – сагиттальный размер ЛСЛ; расстояние 4 (2,74 мм) – задний сагиттальный размер; расстояние 5 (4,63 мм) – передний сагиттальный размер

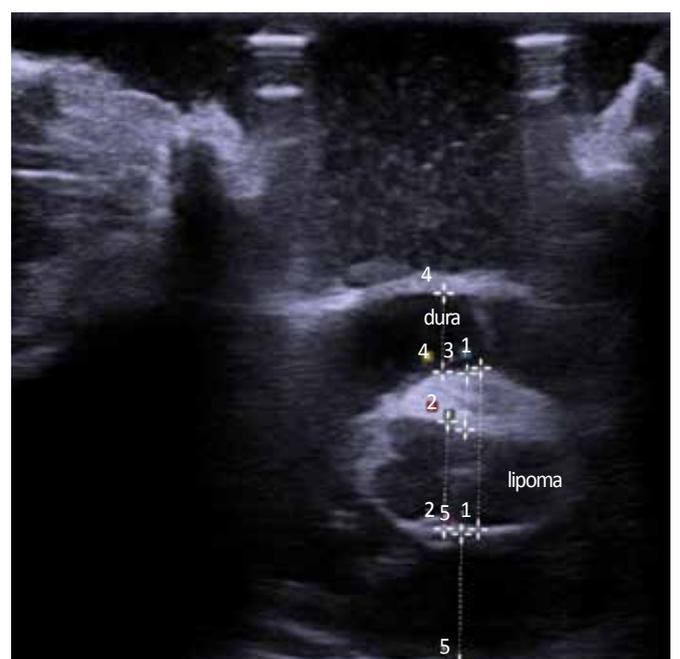




Рис. 5 Ультрасонографическая картина смешанного типа ЛСЛ при исследовании во время создания доступа в поперечной проекции: lipoma – ЛСЛ; dura – ТМО; расстояние 1 (13,9 мм) – сагиттальный размер конуса СМ и ЛСЛ; расстояние 2 (9,52 мм) – сагиттальный размер ЛСЛ; расстояние 3 (3,15 мм) – сагиттальный размер конуса СМ; расстояние 4 (1,05 мм) – задний сагиттальный размер; расстояние 5 (4,86 мм) – передний сагиттальный размер

после реконструктивной пластики СМ и ТМО этих статистически значимых различий не наблюдается.

При анализе корреляционных связей наиболее важные зависимости были обнаружены между ОСП, ОФП и возрастом. Так, значения ОСП и ОФП до вскрытия ТМО не имели статистически значимой корреляционной связи с возрастом пациентов ($r=0,222$; $p=0,7$ и $r=0,214$; $p=0,82$, соответственно). В то же время, значения ОСП и ОФП после реконструктивной пластики СМ и ТМО имели статистически значимую корреляционную связь с возрастом пациентов исследуемой группы ($r=0,327$; $p=0,007$ и $r=0,392$; $p=0,001$, соответственно).

Таким образом, наиболее сильное влияние факт наличия ЛСЛ оказывает на размер ЗСП. При анализе статистически значимые различия между значениями ЗСП до вскрытия ТМО (ЗСП до) и ЗСП в условиях анатомической нормы ($p<0,001$), тогда как между значениями ЗСП после реконструктивной пластики СМ и ТМО (ЗСП после) и ЗСП в условиях анатомической нормы статистически значимых различий не обнаружено ($p=0,1$). ОСП и ОФП до вскрытия ТМО (ОСП до, ОФП до) не имели статистически значимой корреляции с возрастом пациента ($r=0,222$; $p=0,7$ и $r=0,214$, $p=0,82$, соответственно), тогда как эти же значения после реконструктивной пластики СМ и ТМО (ОСП после, ОФП после) имели статистически значимую корреляционную связь с возрастом пациента ($r=0,327$; $p=0,007$ и $r=0,392$; $p=0,001$, соответственно).

Ультрасонография, как метод визуализации, давно заняла своё место в диагностике различных заболеваний нейрохирургического профиля, ввиду широкого комплекса преимуществ по сравнению с другими методами. К основным её преимуществам относятся портативность и относительно малая стоимость

Таблица 3 Средние значения основных СМП в исследуемой группе (до и после реконструкции) и в группе контроля, мм

Исследуемый параметр	Группа пациентов и размеры (M±SD)	
	Контрольная (n=32)*	Исследуемая (n=22)**
ЗСП до	3,04±1,27	1,39±1,02
ЗСП после		3,54±0,86
ПСП до	4,00±1,68	4,53±2,31
ПСП после		2,69±0,73
ОСП до	8,69±3,13	13,3±2,99
ОСП после		10,5±1,42
ОФП до	9,57±3,07	13,5±2,92
ОФП после		10,7±1,19

Примечания: данные представлены в виде (M±SD) – среднее значение и стандартное отклонение; * – без включения 2 пациентов в возрасте 4 и более лет; ** – без включения 12 пациентов в возрасте 4 и более лет; ЗСП – заднее сагиттальное пространство; ПСП – переднее сагиттальное пространство; ОСП – общее сагиттальное пространство; ОФП – общее фронтальное пространство

Таблица 4 T-тест в исследуемой группе (до и после реконструкции) и в группе контроля

Исследуемый параметр	Значимость	T	p
ЗСП до	1,978	0,164	0,000
ЗСП после	4,087	0,047	0,101
ПСП до	3,924	0,052	0,288
ПСП после	12,882	0,001	0,000
ОСП до	0,003	0,957	0,000
ОСП после	8,739	0,004	0,003
ОФП до	0,347	0,558	0,000
ОФП после	20,940	0,000	0,048

Примечания: ЗСП – заднее сагиттальное пространство; ПСП – переднее сагиттальное пространство; ОСП – общее сагиттальное пространство; ОФП – общее фронтальное пространство

аппаратных систем, отсутствие лучевой нагрузки, получение изображения в «реальном времени». Одним из важных достоинств данного метода визуализации является возможность его проведения без седации, обычно необходимой при применении методов КТ и МРТ у детей младенческого и раннего возрастов. Указанные выше факторы объясняют широкое применение ультразвукографии, как диагностического метода, в детской нейрохирургии с самых ранних этапов развития ребёнка, в частности при нарушениях эмбрионального развития спинного мозга [19-21]. Однако метод ультразвукографии не является основным при диагностике и предоперационном обследовании данной группы пациентов, а используется в основном в качестве скринингового исследования [22]. Метод МРТ обеспечивает наиболее подробное отображение всех анатомических деталей патологии и является методом выбора при предоперационном исследовании данной группы пациентов [23].

Однако, наряду с диагностической целью, метод ультразвукографии широко применяют с целью интраоперационного контроля при хирургических вмешательствах [13, 24, 25]. Большинство авторов отмечает необходимость проведения ультразвукографических исследований, в частности, интраоперационной

ультрасонографии, в соответствии с разработанными протоколами. Это обеспечивает более убедительные для хирурга результаты с меньшим количеством погрешностей, а также может применяться в научных целях для сравнения результатов различных исследований в различных группах пациентов [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интраоперационная ультразвукография может применяться в качестве эффективного метода контроля проходимости спинномозговых пространств при операциях на спинном мозге. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности реконструктивной пластики спинного мозга и твёрдой мозговой оболочки в группе пациентов с люмбосакральными липомами, что подтверждает факт статистически значимой корреляции между размерами заднего сагиттального пространства в группе пациентов до и после реконструкции и этими размерами в контрольной группе. Кроме того, размеры общего сагиттального и общего фронтального пространств после проведённого оперативного лечения статистически значимо соответствовали возрастной норме, чего не наблюдалось до хирургического лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суфианов АА, Гизатуллин МР. Люмбосакральная липома. Москва, РФ: Издательство РАМН; 2013. 136 с.
2. Jones V, Wykes V, Cohen N, Thompson D, Jacques TS. The pathology of lumbosacral lipomas: macroscopic and microscopic disparity have implications for embryogenesis and mode of clinical deterioration. *Histopathology*. 2018;72(7):1136-44. Available from: <https://doi.org/10.1111/his.13469>
3. Gupta P, Kumar A, Kumar A, Goel S. Congenital spinal cord anomalies: a pictorial review. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2013;42(2):57-66. Available from: <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2012.06.002>
4. Тищенко ГЕ. Нарушение функции нижних мочевыделительных путей на фоне повреждений и заболеваний спинного мозга. Спектр диагностических процедур. *Урологические ведомости*. 2019;9(5):96-7.
5. Pang D, Zovickian J, Wong ST, Hou YJ, Moes GS. Surgical treatment of complex spinal cord lipomas. *Childs Nerv Syst*. 2013;29(9):1485-513. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-013-2187-4>
6. Da Rosa SP, Scavarda D, Choux M. Results of the prophylactic surgery of lumbosacral lipomas 20 years of experience in the Paediatric Neurosurgery Department La Timone Enfants Hospital, Marseille, France. *Childs Nerv Syst*. 2016;32(11):2205-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3198-8>
7. Vora TK, Girishan S, Moorthy RK, Rajshekhar V. Early- and long-term surgical outcomes in 109 children with lipomyelomeningocele. *Childs Nerv Syst*. 2021;Jan 6. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-020-05000-y>. Epub ahead of print. PMID: 33404713.
8. Ficklscherer A, Zhang AZ, Baur-Melnyk A, Knösel T, Jansson V, Dürr HR. Spinal cord damage after resection of destructive spinal lipoma resembling liposarcoma: case report. *Spinal Cord Ser Cases*. 2016;2:16011. Available from: <https://doi.org/10.1038/scsandc.2016.11>
9. Usami K, Lallemand P, Roujeau T, James S, Beccaria K, Levy R, et al. Spinal lipoma of the filum terminale: review of 174 consecutive patients. *Childs Nerv Syst*. 2016;32(7):1265-72. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3072-8>
10. Pang D. Surgical management of complex spinal cord lipomas: How, why, and when to operate. A review. *J Neurosurg Pediatr*. 2019;23(5):537-56. Available from: <https://doi.org/10.3171/2019.2.PEDS18390>
11. Ganau M, Syrmos N, Martin AR, Jiang F, Fehlings MG. Intraoperative ultrasound in spine surgery: history, current applications, future developments. *Quant Imaging Med Surg*. 2018;8(3):261-7. Available from: <https://doi.org/10.21037/qims.2018.04.02>

REFERENCES

1. Sufianov AA, Gizatullin MR. *Lyumbosakral'naya lipoma [Lumbosacral lipoma]*. Moscow, RF: Izdatel'stvo RAMN; 2013. 136 p.
2. Jones V, Wykes V, Cohen N, Thompson D, Jacques TS. The pathology of lumbosacral lipomas: macroscopic and microscopic disparity have implications for embryogenesis and mode of clinical deterioration. *Histopathology*. 2018;72(7):1136-44. Available from: <https://doi.org/10.1111/his.13469>
3. Gupta P, Kumar A, Kumar A, Goel S. Congenital spinal cord anomalies: a pictorial review. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2013;42(2):57-66. Available from: <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2012.06.002>
4. Tishchenko GE. Narushenie funktsii nizhnikh mochevydelitel'nykh putey na fone povrezhdeniy i zabolovaniy spinnogo mozga. Spektr diagnosticheskikh protsedur [Dysfunction of the lower urinary tract against the background of injuries and diseases of the spinal cord. Range of diagnostic procedures]. *Urologicheskie vedomosti*. 2019;9(5):96-7.
5. Pang D, Zovickian J, Wong ST, Hou YJ, Moes GS. Surgical treatment of complex spinal cord lipomas. *Childs Nerv Syst*. 2013;29(9):1485-513. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-013-2187-4>
6. Da Rosa SP, Scavarda D, Choux M. Results of the prophylactic surgery of lumbosacral lipomas 20 years of experience in the Paediatric Neurosurgery Department La Timone Enfants Hospital, Marseille, France. *Childs Nerv Syst*. 2016;32(11):2205-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3198-8>
7. Vora TK, Girishan S, Moorthy RK, Rajshekhar V. Early- and long-term surgical outcomes in 109 children with lipomyelomeningocele. *Childs Nerv Syst*. 2021 Jan 6. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-020-05000-y>. Epub ahead of print. PMID: 33404713.
8. Ficklscherer A, Zhang AZ, Baur-Melnyk A, Knösel T, Jansson V, Dürr HR. Spinal cord damage after resection of destructive spinal lipoma resembling liposarcoma: case report. *Spinal Cord Ser Cases*. 2016;2:16011. Available from: <https://doi.org/10.1038/scsandc.2016.11>
9. Usami K, Lallemand P, Roujeau T, James S, Beccaria K, Levy R, et al. Spinal lipoma of the filum terminale: review of 174 consecutive patients. *Childs Nerv Syst*. 2016;32(7):1265-72. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3072-8>
10. Pang D. Surgical management of complex spinal cord lipomas: How, why, and when to operate. A review. *J Neurosurg Pediatr*. 2019;23(5):537-56. Available from: <https://doi.org/10.3171/2019.2.PEDS18390>
11. Ganau M, Syrmos N, Martin AR, Jiang F, Fehlings MG. Intraoperative ultrasound in spine surgery: history, current applications, future developments. *Quant Imaging Med Surg*. 2018;8(3):261-7. Available from: <https://doi.org/10.21037/qims.2018.04.02>

12. Han B, Wu D, Jia W, Lin S, Xu Y. Intraoperative ultrasound and contrast-enhanced ultrasound in surgical treatment of intramedullary spinal tumors. *World Neurosurg.* 2020;137:e570-e576. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.02.059>
13. Vasudeva VS, Abd-El-Barr M, Pompeu YA, Karhade A, Groff MW, Lu Y. Use of intraoperative ultrasound during spinal surgery. *Global Spine J.* 2017;7(7):648-56. Available from: <https://doi.org/10.1177/2192568217700100>
14. Ivanov M, Budu A, Sims-Williams H, Poeta I. Using intraoperative ultrasonography for spinal cord tumor surgery. *World Neurosurg.* 2017;97:104-11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.09.097>
15. Ausili E, Maresca G, Massimi L, Morgante L, Romagnoli C, Rendeli C. Occult spinal dysraphisms in newborns with skin markers: Role of ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Childs Nerv Syst.* 2018;34(2):285-91. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-017-3638-0>
16. Kang YR, Koo J. Ultrasonography of the pediatric hip and spine. *Ultrasonography.* 2017;36(3):239-51. Available from: <https://doi.org/10.14366/usg.16051>
17. Pang D. Surgical management of complex spinal cord lipomas: A new perspective. *J Korean Neurosurg Soc.* 2020;63(3):279-313. Available from: <https://doi.org/10.3340/jkns.2020.0024>
18. Dhingani DD, Boruah DK, Dutta HK, Gogoi RK. Ultrasonography and magnetic resonance imaging evaluation of pediatric spinal anomalies. *J Pediatr Neurosci.* 2016;11(3):206-12. Available from: <https://doi.org/10.4103/1817-1745.193374>
19. Currarino G, Coln D, Votteler T. Triad of anorectal, sacral, and presacral anomalies. *AJR Am J Roentgenol.* 1981;137(2):395-8. Available from: <https://doi.org/10.2214/ajr.137.2.395>
20. Miller JH, Reid BS, Kemberling CR. Utilization of ultrasound in the evaluation of spinal dysraphism in children. *Radiology.* 1982;143(3):737-40. Available from: <https://doi.org/10.1148/radiology.143.3.7079502>
21. Naidich TP, McLone DG, Shkolnik A, Fernbach SK. Sonographic evaluation of caudal spine anomalies in children. *Am J Neuroradiol.* 1983;4(3):661-4.
22. Orman G, Tijssen MPM, Seyfert D, Gassner I, Huisman TAGM. Ultrasound to evaluate neonatal spinal dysraphism: A first-line alternative to CT and MRI. *J Neuroimaging.* 2019;29(5):553-64. Available from: <https://doi.org/10.1111/jon.12649>
23. Kumar I, Sachan A, Aggarwal P, Verma A, Shukla RC. Structured MRI reporting in spinal dysraphism. *Acta Radiol.* 2020;61(11):1520-33. Available from: <https://doi.org/10.1177/0284185120903445>
24. Cheon JE. Intraoperative neurosonography revisited: Effective neuronavigation in pediatric neurosurgery. *Ultrasonography.* 2015;34(2):79-87. Available from: <https://doi.org/10.14366/usg.14054>
25. Prada F, Vetrano IG, Filippini A, Del Bene M, Perin A, Casali C, et al. Intraoperative ultrasound in spinal tumor surgery. *J Ultrasound.* 2014;17(3):195-202. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40477-014-0102-9>
26. Alvarado E, Leach J, Caré M, Mangano F, O Hara S. Pediatric spinal ultrasound: Neonatal and intraoperative applications. *Semin Ultrasound CT MR.* 2017;38(2):126-42. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.sult.2016.07.003>
12. Han B, Wu D, Jia W, Lin S, Xu Y. Intraoperative ultrasound and contrast-enhanced ultrasound in surgical treatment of intramedullary spinal tumors. *World Neurosurg.* 2020;137:e570-e576. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.02.059>
13. Vasudeva VS, Abd-El-Barr M, Pompeu YA, Karhade A, Groff MW, Lu Y. Use of intraoperative ultrasound during spinal surgery. *Global Spine J.* 2017;7(7):648-56. Available from: <https://doi.org/10.1177/2192568217700100>
14. Ivanov M, Budu A, Sims-Williams H, Poeta I. Using intraoperative ultrasonography for spinal cord tumor surgery. *World Neurosurg.* 2017;97:104-11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.09.097>
15. Ausili E, Maresca G, Massimi L, Morgante L, Romagnoli C, Rendeli C. Occult spinal dysraphisms in newborns with skin markers: Role of ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Childs Nerv Syst.* 2018;34(2):285-91. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00381-017-3638-0>
16. Kang YR, Koo J. Ultrasonography of the pediatric hip and spine. *Ultrasonography.* 2017;36(3):239-51. Available from: <https://doi.org/10.14366/usg.16051>
17. Pang D. Surgical management of complex spinal cord lipomas: A new perspective. *J Korean Neurosurg Soc.* 2020;63(3):279-313. Available from: <https://doi.org/10.3340/jkns.2020.0024>
18. Dhingani DD, Boruah DK, Dutta HK, Gogoi RK. Ultrasonography and magnetic resonance imaging evaluation of pediatric spinal anomalies. *J Pediatr Neurosci.* 2016;11(3):206-12. Available from: <https://doi.org/10.4103/1817-1745.193374>
19. Currarino G, Coln D, Votteler T. Triad of anorectal, sacral, and presacral anomalies. *AJR Am J Roentgenol.* 1981;137(2):395-8. Available from: <https://doi.org/10.2214/ajr.137.2.395>
20. Miller JH, Reid BS, Kemberling CR. Utilization of ultrasound in the evaluation of spinal dysraphism in children. *Radiology.* 1982;143(3):737-40. Available from: <https://doi.org/10.1148/radiology.143.3.7079502>
21. Naidich TP, McLone DG, Shkolnik A, Fernbach SK. Sonographic evaluation of caudal spine anomalies in children. *Am J Neuroradiol.* 1983;4(3):661-4.
22. Orman G, Tijssen MPM, Seyfert D, Gassner I, Huisman TAGM. Ultrasound to evaluate neonatal spinal dysraphism: A first-line alternative to CT and MRI. *J Neuroimaging.* 2019;29(5):553-64. Available from: <https://doi.org/10.1111/jon.12649>
23. Kumar I, Sachan A, Aggarwal P, Verma A, Shukla RC. Structured MRI reporting in spinal dysraphism. *Acta Radiol.* 2020;61(11):1520-33. Available from: <https://doi.org/10.1177/0284185120903445>
24. Cheon JE. Intraoperative neurosonography revisited: Effective neuronavigation in pediatric neurosurgery. *Ultrasonography.* 2015;34(2):79-87. Available from: <https://doi.org/10.14366/usg.14054>
25. Prada F, Vetrano IG, Filippini A, Del Bene M, Perin A, Casali C, et al. Intraoperative ultrasound in spinal tumor surgery. *J Ultrasound.* 2014;17(3):195-202. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40477-014-0102-9>
26. Alvarado E, Leach J, Caré M, Mangano F, O Hara S. Pediatric spinal ultrasound: Neonatal and intraoperative applications. *Semin Ultrasound CT MR.* 2017;38(2):126-42. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.sult.2016.07.003>

И СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Суфианов Альберт Акрамович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нейрохирургии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова; главный врач, Федеральный центр нейрохирургии
 ORCID ID: 0000-0001-7580-0385
 SPIN-код: 1722-0448
 Author ID: 446102
 E-mail: sufianov@gmail.com

Шелягин Иван Сергеевич, ординатор кафедры нейрохирургии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова
 ORCID ID: 0000-0002-0877-7442
 SPIN-код: 4188-2029
 Author ID: 1043290
 E-mail: sheliaginivan@outlook.com

И AUTHOR INFORMATION

Sufianov Albert Akramovich, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Neurosurgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Chief Medical Officer, Federal Center for Neurosurgery
 ORCID ID: 0000-0001-7580-0385
 SPIN: 1722-0448
 Author ID: 446102
 E-mail: sufianov@gmail.com

Shelyagin Ivan Sergeevich, Resident of the Department of Neurosurgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
 ORCID ID: 0000-0002-0877-7442
 SPIN: 4188-2029
 Author ID: 1043290
 E-mail: sheliaginivan@outlook.com

Гизатуллин Марат Римович, врач-нейрохирург, Федеральный центр нейрохирургии Министерства здравоохранения Российской Федерации
ORCID: 0000-0002-6809-4694
E-mail: kutuche@yandex.ru

Суфианов Ринат Альбертович, ассистент кафедры нейрохирургии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова
ORCID ID: 0000-0003-4031-0540
SPIN-код: 1204-2994
Author ID: 792245
E-mail: rinat.sufianov@gmail.com

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов:
Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Шелягин Иван Сергеевич
ординатор кафедры нейрохирургии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова

119991, Российская Федерация, г. Москва, ул. Трубцкая, д. 8, стр. 2
Тел.: +7 (919) 9545381
E-mail: sheliaginivan@outlook.com

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: САА, ШИС, ГМР
Сбор материала: ШИС, ГМР
Статистическая обработка данных: ШИС, ГМР, СРА
Анализ полученных данных: САА, ШИС, ГМР, СРА
Подготовка текста: САА, ШИС, ГМР, СРА
Редактирование: САА, ШИС, ГМР, СРА
Общая ответственность: САА

Поступила 18.01.2021
Принята в печать 29.03.2021

Gizatullin Marat Rimovich, Neurosurgeon, Federal Center for Neurosurgery
ORCID ID: 0000-0002-6809-4694
E-mail: kutuche@yandex.ru

Sufianov Rinat Albertovich, Assistant of the Department of Neurosurgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
ORCID ID: 0000-0003-4031-0540
SPIN: 1204-2994
Author ID: 792245
E-mail: rinat.sufianov@gmail.com

Information about the source of support in the form of grants, equipment, and drugs
The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Shelyagin Ivan Sergeevich
Resident of the Department of Neurosurgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

119991, Russian Federation, Moscow, Trubetskaya Str., 8, building 2
Tel.: +7 (919) 9545381
E-mail: sheliaginivan@outlook.com

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: SAA, ShIS, GMR
Data collection: ShIS, GMR
Statistical analysis: ShIS, GMR, SRA
Analysis and interpretation: SAA, ShIS, GMR, SRA
Writing the article: SAA, ShIS, GMR, SRA
Critical revision of the article: SAA, ShIS, GMR, SRA
Overall responsibility: SAA

Submitted 18.01.2021
Accepted 29.03.2021