

УДК 616-006.03

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma487910>

Научная статья



Диагностическая эффективность интраоперационного мониторинга бульбокавернозного рефлекса при хирургическом лечении опухолей каудального отдела спинного мозга

Д.Э. Малышок¹, Г.Н. Бисага¹, А.Ю. Орлов¹, Е.А. Олейник¹, Н.В. Цыган², М.В. Александров^{1, 2}¹ Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия² Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Резюме

Оценена диагностическая эффективность изменений параметров бульбокавернозного рефлекса во время интраоперационного нейрофизиологического мониторинга при хирургическом лечении опухолей каудального отдела спинного мозга. Исследование выполнено во время обследования и нейрохирургического лечения 58 пациентов, страдающих интрадуральными экстремедуллярными и интрамедуллярными опухолями каудального отдела спинного мозга. В 23 (39,7 %) наблюдениях опухоль локализовалась на уровне нижнегрудного-поясничного отдела позвоночника (Th11–L1), у 35 (60,3 %) пациентов — на уровне пояснично-крестцового отдела (L2–S2) позвоночника. Оценку нарушений функций тазовых органов проводили по шкале симптомов нейрогенного мочевого пузыря до операции, на 10–14-й день после операции и через год. Бульбокавернозный рефлекс регистрировался в ответ на стимуляцию полового нерва серией из 3 импульсов длительностью 0,5 мс каждый, частота следования серии — 2 Гц. Сила тока стимуляции составляла 75 % от максимальной интенсивности. Регистрация бульбокавернозного рефлекса осуществлялась с мышц внешнего анального сфинктера. При интраоперационном мониторинге параметры бульбокавернозного рефлекса оставались стабильными у 49 пациентов. В данной группе нарушения тазовых функций не наблюдались ни в раннем послеоперационном периоде, ни через 12 мес. после операции. Стойкие изменения параметров моторного ответа зарегистрированы у 9 пациентов, при этом в 7 случаях наблюдались дизурические расстройства в раннем послеоперационном периоде, в 8 случаях — через 12 мес. после операции. Регистрация стойких изменений бульбокавернозного рефлекса при интраоперационном мониторинге достоверно чаще ассоциировалась с дисфункцией тазовых органов в раннем послеоперационном периоде ($\chi^2 = 36,323$; $p < 0,001$) и через 12 мес. после операции ($\chi^2 = 32,284$; $p < 0,001$). Чувствительность интраоперационного мониторинга бульбокавернозного рефлекса в оценке риска тазовых дисфункций в послеоперационном периоде составила 96,1 %, специфичность — 100 %. В целом послеоперационная дисфункция тазовых органов — нередкая причина неврологических осложнений после хирургического лечения опухолей каудального отдела позвоночника. Поэтому во время операции для контроля функции тазовых органов выполняется нейрофизиологический мониторинг, включающий регистрацию бульбокавернозного рефлекса.

Ключевые слова: интраоперационная нейрофизиология; бульбокавернозный рефлекс; дисфункция тазовых органов; нейрогенный мочевой пузырь; опухоли спинного мозга; конус и эпиконус спинного мозга; шкала симптомов нейрогенного мочевого пузыря; опухоли каудального отдела спинного мозга.

Как цитировать

Малышок Д.Э., Бисага Г.Н., Орлов А.Ю., Олейник Е.А., Цыган Н.В., Александров М.В. Диагностическая эффективность интраоперационного мониторинга бульбокавернозного рефлекса при хирургическом лечении опухолей каудального отдела спинного мозга // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 25, № 3. С. 403–412. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma487910>

Рукопись получена: 08.06.2023

Рукопись одобрена: 26.07.2023

Опубликована: 20.09.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma487910>

Research Article

Effectiveness of intraoperative monitoring of the bulbocavernosus reflex for predicting postoperative pelvic disorders in the surgical treatment of distal spine tumors

D.E. Malyshok¹, G.N. Bisaga¹, A.Y. Orlov¹, E.A. Oleynik¹, N.V. Tsygan², M.V. Alexandrov^{1, 2}¹ Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russia² Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

Abstract

The study evaluated the diagnostic effectiveness of changes in the parameters of the bulbocavernosus reflex during intraoperative neurophysiological monitoring in the surgical treatment of caudal spinal cord tumors. The study was performed during examinations and neurosurgical treatment of 58 patients suffering from intradural extramedullary and intramedullary tumors of the caudal spinal cord. In 23 (39.7%) patients, the tumors were localized at the level of the lower thoracic–lumbar spine (Th11–L1), and in 35 (60.3%) patients, they were at the level of the lumbosacral spine (L2–S2). Pelvic organ dysfunction was assessed based on the extent of neurogenic bladder symptoms before surgery, 10–14 days after surgery, and a year later. The bulbocavernosus reflex was recorded in response to genital nerve stimulation, with a series of three pulses lasting 0.5 ms each, and the repetition rate of the series was 2 Hz. The intensity of the stimulation current was 75% of the maximum intensity. The bulbocavernosus reflex was registered from the external anal sphincter muscles. During intraoperative monitoring, the bulbocavernosus reflex remained stable in 49 patients. In this group, pelvic dysfunction was not observed immediately or 12 months after surgery. Persistent changes in motor response parameters were registered in nine patients; seven and eight cases of dysuric disorders were observed immediately after surgery and 12 months after surgery, respectively. Persistent changes in the bulbocavernosus reflex during intraoperative monitoring were significantly more often associated with pelvic organ dysfunction immediately after surgery ($\chi^2 = 36,323$; $p < 0.001$) and 12 months after surgery ($\chi^2 = 32,284$; $p < 0.001$). The sensitivity and specificity of intraoperative monitoring of the bulbocavernosus reflex in assessing the risk of pelvic dysfunction in the postoperative period were 96.1% and 100%, respectively. In general, postoperative pelvic organ dysfunction is a frequent cause of neurological complications following surgical treatment of caudal spine tumors. Therefore, during surgery, neurophysiological monitoring is implemented to control pelvic organ functions, including the registration of the bulbocavernosus reflex.

Keywords: intraoperative neurophysiology; bulbocavernosus reflex; pelvic organ dysfunction; neurogenic bladder; spinal cord tumors; cone and epiconus of the spinal cord; scale of symptoms of neurogenic bladder; tumors of the caudal spinal cord.

To cite this article

Malyshok DE, Bisaga GN, Orlov AY, Oleynik EA, Tsygan NV, Alexandrov MV. Effectiveness of intraoperative monitoring of the bulbocavernosus reflex for predicting postoperative pelvic disorders in the surgical treatment of distal spine tumors. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2023;25(3):403–412. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma487910>

Received: 08.06.2023

Accepted: 26.07.2023

Published: 20.09.2023

ВВЕДЕНИЕ

В нейрохирургии одним из наиболее сложных направлений является хирургия опухолей спинного мозга и позвоночника, поскольку операции в этой области связаны с высоким риском послеоперационных осложнений [1, 2]. Послеоперационная дисфункция мочевыводящих путей и кишечника, существенно снижающие качество жизни пациента, чаще встречаются при поражении дистального отдела спинного мозга и конского хвоста [3–5]. Дисфункция тазовых органов влечет за собой не только медицинские, но и психологические последствия, которые существенно ухудшают работоспособность и социальную активность пациентов [6–8]. Частота послеоперационной дисфункции мочеиспускания составляет 15,4–74 % [9, 10]. Таким образом, оценка и мониторинг функции тазовых органов во время операции очень важны [11, 12]. Исследования показали, что одной из методик контроля тазовых функций является интраоперационная регистрация бульбокавернозного рефлекса (БКР) [13]. Эта методика используется при различных нейрохирургических вмешательствах, в том числе при опухолях спинного мозга [14]. Точное прогнозирование послеоперационной функции мочеиспускания может предоставить полезную информацию при разработке надлежащих стратегий ведения таких пациентов.

Цель исследования — оценить диагностическую эффективность изменений параметров бульбокавернозного рефлекса вовремя интраоперационного нейрофизиологического мониторинга при хирургическом лечении опухолей каудального отдела спинного мозга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 58 пациентов (22 (37,9 %) мужчины и 36 (62,1 %) женщин, средний возраст 53 (40–63) года), страдающих опухолями, расположенными в каудальном отделе спинного мозга, включая интрадуральные экстремедуллярные и интрамедуллярные опухоли, которым было проведено нейрохирургическое лечение. Все больные были прооперированы в Российском научно-исследовательском нейрохирургическом институте имени профессора А.Л. Поленова (филиал Национального медицинского исследовательского центра им. В.А. Алмазова).

Критерии включения больных в исследование: 1) возраст от 18 до 70 лет; 2) наличие у пациента экстра- и/или интрамедуллярной опухоли на уровне Th11–S2 позвонков, подтвержденной данными магнитно-резонансной томографии (МРТ) с контрастным усилением; 3) наличие показаний к хирургическому удалению опухоли. Критерии невключения: 1) наличие патологий мочевыделительной системы и иных патологий, связанных с поражением спинного мозга на уровне Th11–S5 позвонков (переломы, вывихи, ишемия и др.); 2) наличие противопоказаний

к хирургическому удалению опухоли; 3) тяжелые соматические заболевания, создающие высокий операционно-анестезиологический риск [2].

В 23 (39,7 %) наблюдениях опухоль локализовалась на уровне нижнегрудного-поясничного отдела позвоночника (Th11–L1), у 35 (60,3 %) пациентов — на уровне пояснично-крестцового отдела (L2–S2) позвоночника. У 30 (51,7 %) пациентов длительность заболевания не превышала одного года, у 20 (34,5 %) пациентов длительность заболевания составила от одного года до трех лет, у 8 (13,8 %) пациентов — более трех лет. Всем пациентам была проведена операция по стандартной методике, в положении на животе. Хирургическое вмешательство в зону «интереса» было осуществлено путем ламинэктомии над очагом поражения с последующим рассечением твердой мозговой оболочки. Тотальная резекция патологического образования была выполнена в 34 (58,7 %) случаях, субтотальная — в 24 (41,3 %) наблюдениях.

Гистологическое исследование проводилось на материале фрагмента опухоли. В обследованной группе преобладали шванномы (14 (24,1 %) наблюдений), менингиомы (12 (20,7 %) наблюдений), эпендимомы (13 (22,4 %) наблюдений), липомы и нейрофибромы (по 4 (6,9 %) наблюдения), злокачественные опухоли оболочек периферического нерва (3 (5,2 %) наблюдения), гемангиобластомы и остеосаркомы (по 2 (3,5 %) наблюдения). В единичных случаях причиной заболевания были астроцитомы, хондрома, пинеобластома и медуллобластома.

По протоколу тотальной внутривенной анестезии (ТВВА) оперативное вмешательство проводилось в 29 случаях, включающее непрерывную внутривенную инфузию пропофола в дозах от 5 до 10 мг/кг/ч. В 29 случаях проводилась ингаляционная анестезия с использованием севофлурана в дозах от 0,9 до 1,5 минимальной альвеолярной концентрации (train-of-four — TOF). На этапе интубации однократно вводился миорелаксант короткого действия (крузарон 50 мг). Целостность нейромышечной передачи проверяли с помощью теста четырехзарядной стимуляции.

Методика интраоперационной регистрации БКР. Стимулирующие игольчатые электроды у мужчин устанавливали на тыльной стороне полового члена: катод устанавливался проксимально, анод — дистально. У женщин катод размещался около клитора, в половые губы устанавливался анод. Стимуляция выполнялась серией («пачкой») из трех импульсов длительностью 0,5 мс каждый с межимпульсным интервалом 3 мкс. Частота следования «пачек» 2 Гц. Сила тока стимуляции составляла 75 % от интенсивности стимуляции, при которой регистрировался насыщающийся максимальный ответ при выполнении исследования до вскрытия твердой мозговой оболочки (ТМО).

Регистрация БКР осуществлялась с правой и левой частей внешнего анального сфинктера (*m. sphincter ani externum*) игольчатыми электродами, установленными

на 2, 4, 8, 10 ч. При регистрации БКР выделяли ранний компонент (латентность 30–35 мс) и поздний компонент (латентность более 50 мс). Амплитудно-частотные параметры БКР оценивали по раннему компоненту ответа, поскольку он стабилен в условиях общей анестезии. Пиковая латентность (мс) БКР оценивалась как время с момента стимуляции до экстремума первого компонента. Амплитуда (мкВ) БКР рассчитывалась как величина отклонения раннего компонента от условной изолинии. Ранний потенциал, регистрируемый при минимальной интенсивности стимуляции (мА), оценивали до разреза ТМО, во время основного этапа операции, в конце операции при ушивании ТМО. Критерием положительного ответа считалась регистрация раннего компонента БКР амплитудой выше 3 мкВ (соотношение сигнал/шум более 2). Двусторонняя редукция амплитуды (соотношение сигнал/шум менее 2) БКР считалась отрицательным ответом.

Оценка исходов хирургического лечения опухолей спинного мозга была проведена по валидизированной шкале симптомов нейрогенного мочевого пузыря (The Neurogenic Bladder Symptom Score — NBSS) [15, 16]. В соответствии со шкалой NBSS, тазовые нарушения мочевого выведения имеют следующую градацию: 1) меньше 10 баллов — нарушения практически отсутствуют; 2) 10–20 баллов — умеренные нарушения; 3) 20–40 баллов — нарушения средней степени; 4) более 40 баллов — тяжелые нарушения. Оценка послеоперационных неврологических осложнений проводили при выписке на 10–14 сутки (58 чел.) и через 12 месяцев (44 чел.).

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием пакета JatoVi (версия 1.6.23). Данные представлены в формате $Me (Q_1; Q_3)$. Для оценки достоверности

различий использовали t -критерий Стьюдента для зависимых парных выборок; для оценки характера распределения был применен χ -Пирсона с поправкой Йетса на непрерывность. Значения считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Все методики, которые используются в ходе операции, одобрены этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра им. В.А. Алмазова (протокол № 12–19 от 09.12.2019). Все пациенты, включенные в исследование, дали информированное согласие.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Разработка дифференцированных алгоритмов хирургического лечения пациентов с нейрогенными опухолями спинного мозга и нервных сплетений» (рег. № 122041900091-1, 2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При интраоперационной регистрации БКР до вскрытия ТМО ответ был получен с двух сторон у всех пациентов ($n = 58$). Средняя латентность раннего потенциала составила справа 37,4 м/с (31,2; 44,0), слева 37,2 м/с (32,0; 43,1), средняя амплитуда — слева 14,8 мкВ (9,25; 20,2), справа 15,7 мкВ (10,0; 20,1). Результаты интраоперационного мониторинга БКР позволили разделить пациентов на две группы. В первую группу вошли 49 (84,5 %) пациентов, у которых в ходе операции не зафиксировано значимых стойких изменений БКР. При этом в 41 (70,6 %) случае БКР был стабильным в течении всей операции, у 8 (13,8 %) человек в течение операции регистрировалось транзиторное изменение параметров БКР,



Рис. 1. Динамика параметров бульбокавернозного рефлекса при интраоперационном мониторинге и состоянии функций тазовых органов (ФТО) после удаления опухолей каудального отдела спинного мозга

Fig. 1. Dynamics of parameters of the bulbocavernosus reflex during intraoperative monitoring and state of pelvic organs (PTO) functions after the removal caudal spinal cord tumors

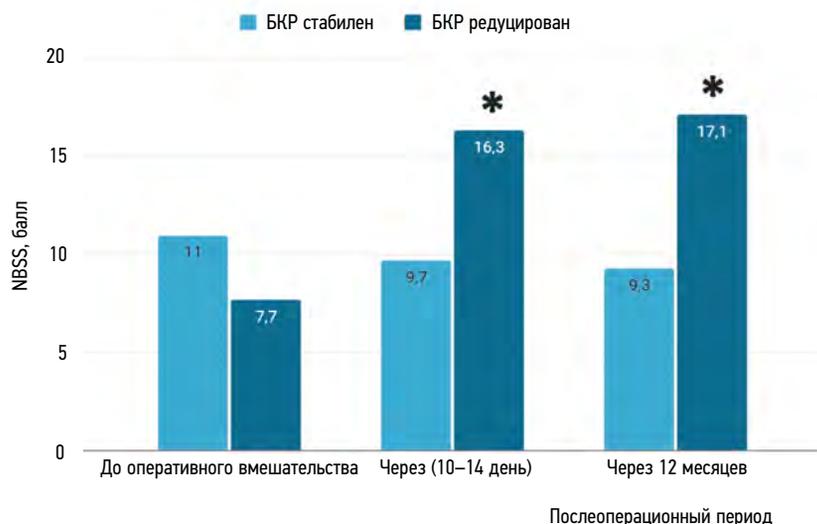


Рис. 2. Динамика тазовых функций после резекции опухолей каудального отдела спинного мозга в зависимости от результатов нейрофизиологического интраоперационного мониторинга

Fig. 2. Dynamics of pelvic functions following resection of caudal spinal cord tumors depending on the results of neurophysiological intraoperative monitoring

но ответ быстро восстановился до базового уровня с обеих сторон. При изменении БКР хирургические манипуляции останавливались, и операционная рана орошалась теплым физиологическим раствором до восстановления параметров БКР.

Вторую группу составили 9 (14,5 %) пациентов, у которых в течение операции регистрировались значимые стойкие изменения параметров БКР. Изменения сохранялись на момент ушивания ТМО: полная редукция БКР с обеих сторон (6 наблюдений), увеличение латентности ответа более чем на 50 % от исходного уровня (1 наблюдение), снижение амплитуды БКР более чем на 50 % (2 наблюдения). Редукция БКР с одной стороны в исследовании не регистрировалась (рис. 1).

Количественная оценка состояния ФТО в раннем (10–14-е сутки) и отдаленном (12 мес.) послеоперационном периоде проводилась по опроснику NBSS. Полученный результат сравнивался с исходным дооперационным значением (рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что в 1-й группе при стабильных параметрах БКР по результатам неврологического обследования и по результатам опросника NBSS нарушения тазовых функций не определялись ни на момент выписки (10–14-е сутки), ни через 12 мес. после операции. У пациентов с транзиторными изменениями параметров БКР нарушения тазовых функций также не выявлены. При этом у всех пациентов второй группы регистрировались стойкие значимые изменения параметров БКР: 6 наблюдений, в которых зафиксирована полная двусторонняя редукция БКР, 2 наблюдения снижения амплитуды ответа более чем на 50 % а также 1 наблюдение, в котором зарегистрировано стойкое увеличение латентности более 50 %. В раннем послеоперационном периоде у одного пациента с грубым снижением амплитуды и у пациента

с увеличением пиковой латентности ответа не были выявлены нарушения тазовых функций. В 7 наблюдениях определялась выраженная дисфункция мочевого пузыря. При обследовании через 12 мес. все выявленные нарушения тазовых функций сохранялись. Кроме того, у пациента, у которого при интраоперационном мониторинге БКР зарегистрировано стойкое увеличение латентности ответа более чем на 50 %, через 12 мес. развилась дисфункция мочевого пузыря.

Установлено, что дисфункция тазовых органов в раннем послеоперационном периоде развивается достоверно чаще в группе пациентов, у которых регистрировались стойкие изменения БКР при интраоперационном мониторинге ($\chi^2 = 36,323$; $p < 0,001$). Через 12 мес. достоверность различия эмпирического и теоретического распределения исходов сохраняется ($\chi^2 = 32,284$; $p < 0,001$).

Клинический пример. Мужчина, 32 года. Диагноз: интрадуральная экстремедуллярная шваннома на уровне L1 позвонка. Ведущим в клинической картине заболевания более 2,5 лет является болевой синдром в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, нарастающий по интенсивности. Функция мочеиспускания пациента до операции была нормальной (4 балла по шкале NBSS). На МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника в просвете позвоночного канала на уровне LI–LIII позвонков парамедианно справа на уровне эпиконуса спинного мозга выявлено интрадурально-экстремедуллярное объемное образование овальной формы с четкими ровными контурами размерами 32 × 15 × 16 мм (рис. 3).

По стандартизированной методике, в положении на животе, проводилось высокотехнологичное нейрохирургическое лечение. Хирургический доступ к зоне «интереса» осуществлялся посредством ламинэктомии над очагом поражения с последующим рассечением ТМО.

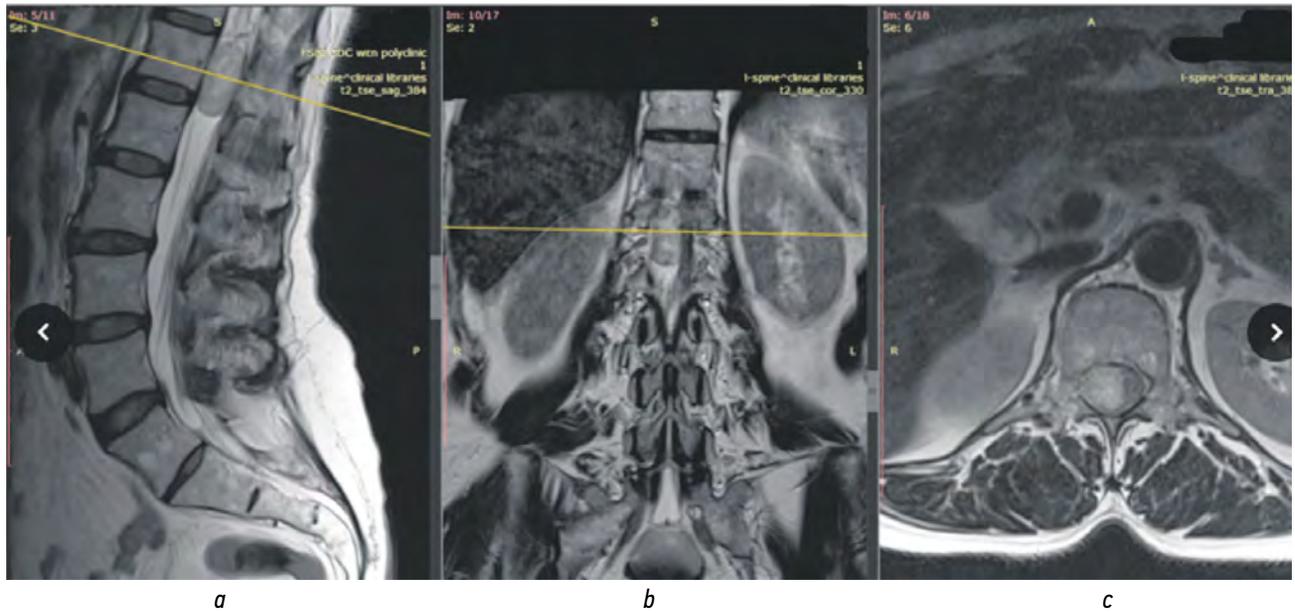


Рис. 3. Магнитно-резонансная томограмма пояснично-крестцового отдела позвоночника: *a* — сагиттальная проекция; *b* — фронтальная проекция; *c* — аксиальная проекция. В просвете позвоночного канала на уровне L1–L3 позвонков парамедианно справа на уровне эпиконуса спинного мозга интрадурально-экстрамедуллярное объемное образование овальной формы с четкими ровными контурами размерами $32 \times 15 \times 16$ мм

Fig. 3. Magnetic resonance imaging of the lumbosacral spine: *a* — sagittal projection; *b* — frontal projection; *c* — axial projection. In the lumen of the spinal canal at the L1–L3 level, paramedianly on the right at the level of the epiconus of the spinal cord, an intradural and extramedullary volumetric formation of oval shape with clear, even contours measuring $32 \times 15 \times 16$ mm

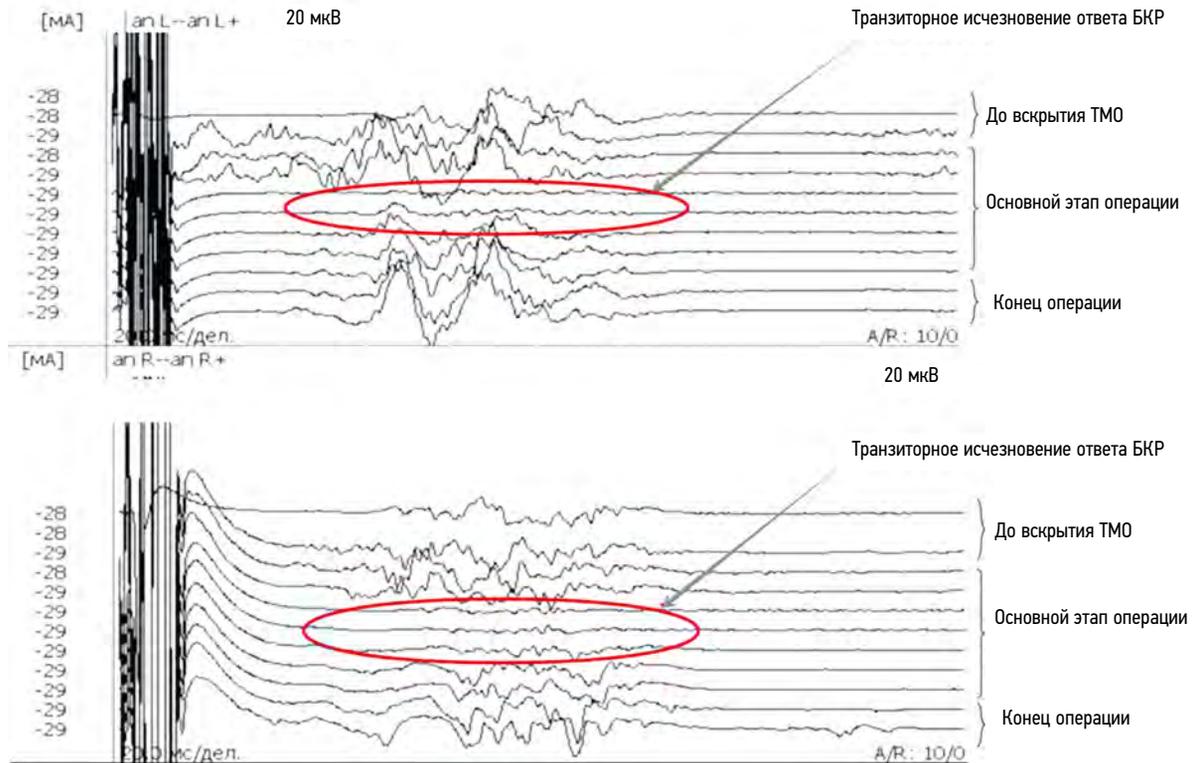


Рис. 4. Интраоперационный мониторинг БКР при резекции опухоли спинного мозга на уровне L1–L3. Транзиторная редукция ответа во время основного этапа операции. Верхний экран: правая половина сфинктера, нижний экран — левая

Fig. 4. Intraoperative monitoring of the bulbocavernosus reflex during the resection of a spinal cord tumor at the L1–L3 level. Transient reduction of the response during the main stage of the operation. Upper screen: right half of the sphincter; lower screen, left half of the sphincter

Удаление патологического образования было выполнено с помощью тотальной резекции.

В ходе операции был использован протокол ТВВА, включающий непрерывную внутривенную инфузию пропофола в дозах 5–7 мг/кг/ч для поддержания анестезии. На этапе интубации вводили миорелаксант короткого действия (крукорон 50 мг). ТОФ не менее 80 %.

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг включал регистрацию БКР. Параметры БКР были следующие: сила тока 30 мА (устойчивый ответ), 3 стимула, длительностью 0,5 мс, каждый с межимпульсным интервалом 3 мкс (частота в пачке 333 Гц), частота следования трейнов (серий) 2 Гц [2]. Во время основного этапа операции отмечалось транзиторное исчезновение ответов БКР с последующим восстановлением (рис. 4).

В послеоперационный период функция мочеиспускания у пациента оставалась неизменной при выписке и через 12 мес. наблюдения (4 балла по шкале NBSS).

Оценка диагностической эффективности БКР при интраоперационном мониторинге строилась исходя из следующей модели. Истинноположительным результатом являются те наблюдения, при которых параметры БКР оставались стабильными, а дисфункция тазовых органов в послеоперационном периоде не развивалась. За истинноотрицательные результаты принимали наблюдения, при которых регистрировались стойкие изменения БКР, сочетавшиеся с дисфункцией тазовых органов в послеоперационном периоде. Наблюдения, при которых параметры БКР демонстрировали стабильность, но в послеоперационном периоде возникали дизурические расстройства, принимались за ложноположительные.

Исходя из принятой модели чувствительность интраоперационного мониторинга БКР в прогнозе ранних (через 10–14 суток) послеоперационных нарушений тазовых функций составила 96,08 %, для прогноза поздних (через 12 месяцев) дисфункций — 97,22 % (табл.). Специфичность мониторинга БКР и положительная прогностическая ценность составляли 100 % при выписке и через 12 мес. Отрицательная прогностическая ценность для раннего послеоперационного периода составила 77,78 %, для позднего — 88,89 %.

Заметим, что высокая диагностическая эффективность интраоперационного мониторинга БКР при выполнении нейрохирургических операции на спинном мозге и позвоночнике отмечается многими авторами [17, 18].

Большинство проведенных исследований показывают эффективность только в позднем послеоперационном периоде (через 6 и 12 мес.) и не отмечают связи изменений БКР и тазовых дисфункций в раннем послеоперационном периоде [4, 7]. Так, J. Choi, J.S. Kim, S.J. Hyun et al. [4] оценивали связь результатов интраоперационного мониторинга БКР и нарушения функций тазовых органов при хирургическом лечении поясничного

спондилеза. Прогностическая ценность БКР была отмечена для 6-месячного наблюдения после операции. Данные ретроспективного исследования педиатрических пациентов, страдающих синдромом фиксированного спинного мозга, показали, что использование интраоперационного мониторинга БКР может прогнозировать ухудшение тазовых функций через 6 мес. после операции с высокой (88,5 %) специфичностью. Исследование эффективности применения интраоперационного мониторинга БКР при хирургическом лечении опухолей пояснично-крестцового отдела позвоночника показали высокую ценность интраоперационного мониторинга БКР в прогнозе нарушений тазовых функций только через 6 мес. после операции [6]. При этом чувствительность, специфичность и положительная прогностическая ценность составляли 100%.

В настоящем исследовании устойчивая редукция БКР была принята как критерий высокого риска повреждения полисинаптических путей, обеспечивающих регуляцию тазовых функций. Полученные в работе результаты подтвердили значимую связь между интраоперационными изменениями БКР и послеоперационными нарушениями функцией мочеиспускания. Высокая чувствительность и специфичность методики получена как для раннего (через 10–14 дней после операции), так и отдаленного послеоперационного периодов.

Нами не наблюдались случаи, при которых происходила бы односторонняя редукция БКР. Тем не менее, по мнению отдельных авторов, односторонняя утрата ответа также является предиктором дисфункции тазовых органов в послеоперационном периоде. Так, в работе N. Morota [19] описываются 2 случая односторонней потери БКР в когорте из 149 пациентов, перенесших операцию по удалению опухоли спинного мозга. В послеоперационном периоде у обоих пациентов возникли расстройства функций мочевого пузыря.

Как показали результаты нашего исследования, транзиторное снижение амплитуды ответа во время операции не обладает прогностической ценностью. Временное прекращение хирургических манипуляций и орошение операционной раны теплым физиологическим раствором, как правило, предотвращает необратимые повреждения. Подобное мнение высказывается А.В. Зыряновым, И.В. Баженовым, Е.С. Филипповой и др. [20].

ВЫВОДЫ

1. Мониторинг БКР является эффективной методикой интраоперационной оценки состояния полисинаптических сетей, обеспечивающих регуляцию функций тазовых органов.

2. Чувствительность интраоперационного мониторинга БКР в прогнозе ранних (10–14 суток) послеоперационных нарушений тазовых функций составляет 96,08 %, для прогноза поздних (через 12 мес.) дисфункций — 97,22 %.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Вклад каждого автора: Д.Э. Малышок — анализ и статистическая обработка данных; Г.Н. Бисага — дизайн исследования, написание статьи; А.Ю. Орлов — анализ данных, написание статьи; Е.А. Олейник — обзор литературы; Н.В. Цыган — анализ данных; М.В. Александров — разработка общей концепции, дизайн исследования, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

The contribution of each author: D.E. Malyshok — data analysis and statistical processing; G.N. Bisaga — research design, writing an article; A.Y. Orlov — data analysis, writing an article; E.A. Oleinik — literature review; N.V. Tsygan — data analysis; M.V. Alexandrov — development of a general concept, research design, writing an article.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров М.В., Чикуров А.А., Топоркова О.А., и др. Нейрофизиологический интраоперационный мониторинг в нейрохирургии: руководство. 2е изд., испр. и доп. / под ред. М.В. Александрова. Санкт Петербург: Изд-во СпецЛит, 2019. 160 с.
2. Малышок Д.Э., Орлов А.Ю., Александров М.В. Влияние общей анестезии на параметры бульбокавернозного рефлекса // Медицинский алфавит. 2021. № 36. С. 37–40. DOI: 10.33667/2078-5631-2021-36-37-40
3. Bai S.C., Tao B.Z., Wang L.K., et al. Aggressive Resection of Congenital Lumbosacral Lipomas in Adults: Indications, Techniques, and Outcomes in 122 Patients // *World Neurosurg* 2018. Vol. 112. P. e331–e341. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.01.044
4. Choi J., Kim J.S., Hyun S.J., et al. Efficacy of intraoperative bulbocavernosus reflex monitoring for the prediction of postoperative voiding function in adult patients with lumbosacral spinal tumor // *J Clin Monit Comput*. 2022. Vol. 36, No. 2. P. 493–499. DOI: 10.1007/s10877-021-00678-0
5. Wostrack M., Shiban E., Obermueller T., et al. Conus medullaris and cauda equina tumors: clinical presentation, prognosis, and outcome after surgical treatment: clinical article // *J Neurosurg Spine*. 2014. Vol. 20, No. 3. P. 335–343. DOI: 10.3171/2013.12.SPINE13668
6. Deletis V., Vodusek D.B. Intraoperative recording of the bulbocavernosus reflex // *Neurosurgery*. 1997. Vol. 40, No. 1. P. 88–93; discussion 92–93. DOI: 10.1097/00006123-199701000-00019
7. Granata G., Padua L., Rossi F., et al. Electrophysiological study of the bulbocavernosus reflex: normative data // *Functional Neurol*. 2013. Vol. 28, No. 4. P. 293–295. DOI: 10.11138/FNeur/2013.28.4.293
8. Sugiyama K., Harada N., Kondo K., et al. Relationship between preoperative neuroradiological findings and intraoperative

- bulbocavernosus reflex amplitude in patients with intradural extramedullary tumors // *Neurologia Med Chir (Tokyo)*. 2021. Vol. 61, No. 8. P. 484–491. DOI: 10.2176/nmc.2020-0425
9. Han I.H., Kuh S.U., Chin D.K., et al. Surgical treatment of primary spinal tumors in the conus medullaris // *J Korean Neurosurg Soc*. 2008. Vol. 44. P. 72–7. DOI: 10.3340/jkns.2008.44.2.72
10. Schwab J.H., Healey J.H., Rose P., et al. The surgical management of sacral chordomas // *Spine*. 2009. Vol. 34, No. 24. P. 2700–2704. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181bad11d
11. Skinner S.A., Vodusek D.B. Intraoperative recording of the bulbocavernosus reflex // *J Clin Neurophysiol*. 2014. Vol. 31. No. 4. P. 313–322. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000054
12. Choi J., Kim J.S., Hyun S.J., et al. Intraoperative bulbocavernosus reflex monitoring in posterior lumbar fusion surgery // *Clin Neurophysiol*. 2022. Vol. 144. P. 59–66. DOI: 10.1016/j.clinph.2022.09.020
13. Фоменко О.Ю., Ачкасов С.И., Краснопольский В.И., и др. Роль комплексного нейрофизиологического исследования в диагностике нейропатии полового нерва у пациенток с пролапсом тазовых органов и болевым синдромом // *Акушерство и гинекология*. 2020. № 6. С. 129. DOI: 10.18565/aig.2020.6.72-79
14. Hayashi H., Shinjo T., Takatani T., et al. Transurethral electrical stimulation for intraoperative bulbocavernosus reflex monitoring during spine surgery in females // *Clin Neurophysiol*. 2022. Vol. 141. P. 9–14. DOI: 10.1016/j.clinph.2022.06.009
15. Филиппова Е.С., Баженов И.В., Волков, Л.И., и др. Русскоязычная версия Шкалы симптомов нейрогенного мочевого пузыря (NBSS) // *Урология*. 2018. № 6. С. 5–13. DOI: 10.18565/urology.2018.6.5-13
16. Welk B., Lenherr S., Elliott S., et al. The Neurogenic Bladder Symptom Score (NBSS): a secondary assessment of its validity,

reliability among people with a spinal cord injury // *Spinal Cord*. 2018. Vol. 56, No. 3. P. 259–264. DOI: 10.1038/s41393-017-0028-0

17. Cha S., Wang K. C., Park K., et al. Predictive value of intraoperative bulbocavernosus reflex during untethering surgery for post-operative voiding function // *Clin Neurophysiol*. 2018. Vol. 129, No. 12. P. 2594–2601. DOI: 10.1016/j.clinph.2018.09.026

18. Scibilia A., Terranova C., Rizzo V., et al. Intraoperative neurophysiological mapping and monitoring in spinal tumor surgery: sirens or indispensable tools? // *Neurosurg Focus*. 2016. Vol. 41, No. 2. P. e18. DOI: 10.3171/2016.5.FOCUS16141

19. Morota N. Intraoperative neurophysiological monitoring of the bulbocavernosus reflex during surgery for conus spinal lipoma: what are the warning criteria? // *J Neurosurg Pediatr*. 2019. Vol. 23, No. 5. P. 639–647. DOI: 10.3171/2018.12.PEDS18535

20. Зырянов А.В., Баженов И.В., Филиппова Е.С., и др. Эпидемиология и характер расстройств мочеиспускания у больных рассеянным склерозом // *Вестник урологии*. 2020. Т. 8, № 2. С. 29–36. DOI: 10.21886/2308-6424-2020-8-2-29-36

REFERENCES

- Aleksandrov MV, Chikurov AA, Toporkova OA, et al. *Neirofiziologicheskii intraoperatsionnyi monitoring v neirokhirurgii: rukovodstvo*. 2nd ed. Alexandrov MV, Ed. 2019. 160 p. (In Russ.).
- Malyshok DE, Orlov AYu, Aleksandrov MV. Impact of general anaesthesia on parameters of bulbocavernosus reflex. *Medical Alphabet*. 2021;(36):37–40. (In Russ.). DOI: /10.33667/2078-5631-2021-36-37-40
- Bai SC, Tao BZ, Wang LK, et al. Aggressive Resection of Congenital Lumbosacral Lipomas in Adults: Indications, Techniques, and Outcomes in 122 Patients. *World Neurosurg*. 2018;112: e331–e341. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.01.044
- Choi J, Kim JS., Hyun SJ, et al. Efficacy of intraoperative bulbocavernosus reflex monitoring for the prediction of post-operative voiding function in adult patients with lumbosacral spinal tumor. *J Clin Monit Comput*. 2022;36(2):493–499. DOI: 10.1007/s10877-021-00678-0
- Wostrack M, Shiban E, Obermueller T, et al. Conus medullaris and cauda equina tumors: clinical presentation, prognosis, and outcome after surgical treatment: clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2014;20(3):335–343. DOI: 10.3171/2013.12.SPINE13668
- Deletis V, Vodusek DB. Intraoperative recording of the bulbocavernosus reflex. *Neurosurgery*. 1997;40(1):88–93; discussion 92–93. DOI: 10.1097/00006123-199701000-00019
- Granata G, Padua L, Rossi F, et al. Electrophysiological study of the bulbocavernosus reflex: normative data. *Functional Neurol*. 2013;28(4):293–295. DOI: 10.11138/FNeur/2013.28.4.293
- Sugiyama K, Harada N, Kondo K, et al. Relationship between preoperative neuroradiological findings and intraoperative bulbocavernosus reflex amplitude in patients with intradural extramedullary tumors. *Neurologia Med Chir (Tokyo)*. 2021;61(8): 484–491. DOI: 10.2176/nmc.0a.2020-0425
- Han IH, Kuh SU, Chin DK, et al. Surgical treatment of primary spinal tumors in the conus medullaris. *J Korean Neurosurg Soc*. 2008;44:72–77. DOI: 10.3340/jkns.2008.44.2.72
- Schwab JH, Healey JH, Rose P, et al. The surgical management of sacral chordomas. *Spine*. 2009;34(24):2700–2704. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181bad11d
- Skinner SA, Vodusek DB. Intraoperative recording of the bulbocavernosus reflex. *J Clin Neurophysiol*. 2014;31(4):313–322. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000054
- Choi J, Kim JS, Hyun SJ, et al. Intraoperative bulbocavernosus reflex monitoring in posterior lumbar fusion surgery. *Clin Neurophysiol*. 2022;144:59–66. DOI: 10.1016/j.clinph.2022.09.020
- Fomenko OYu, Achkasov SI, Krasnopolsky VI, et al. The role of a comprehensive neurophysiological study in the diagnosis of pudendal neuropathy in patients with pelvic organ prolapse and pain syndrome. *Obstetrics and Gynecology*. 2020;(6):129. (In Russ.). DOI: 10.18565/aig.2020.6.72-79
- Hayashi H, Shinjo T, Takatani T, et al. Transurethral electrical stimulation for intraoperative bulbocavernosus reflex monitoring during spine surgery in females. *Clin Neurophysiol*. 2022;141:9–14. DOI: 10.1016/j.clinph.2022.06.009
- Philippova ES, Bazhenov IV, Volkova LI, et al. Russian version of the neurogenic bladder symptom score (NBSS). *Urologiia*. 2018;(6): 5–13. (In Russ.). DOI: 10.18565/urology.2018.6.5-13
- Welk B, Lenherr S, Elliott S, et al. The Neurogenic Bladder Symptom Score (NBSS): a secondary assessment of its validity, reliability among people with a spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2018;56(3):259–264. DOI: 10.1038/s41393-017-0028-0
- Cha S, Wang KC, Park K, et al. Predictive value of intraoperative bulbocavernosus reflex during untethering surgery for post-operative voiding function. *Clin Neurophysiol*. 2018;129(12):2594–2601. DOI: 10.1016/j.clinph.2018.09.026
- Scibilia A, Terranova C, Rizzo V, et al. Intraoperative neurophysiological mapping and monitoring in spinal tumor surgery: sirens or indispensable tools? *Neurosurg Focus*. 2016;41(2):e18. DOI: 10.3171/2016.5.FOCUS16141
- Morota N. Intraoperative neurophysiological monitoring of the bulbocavernosus reflex during surgery for conus spinal lipoma: what are the warning criteria? *J Neurosurg Pediatr*. 2019;23(5):639–647. DOI: 10.3171/2018.12.PEDS18535
- Ziryaynov AV, Bazhenov IV, Philippova ES, et al. Epidemiology and characteristics of urinary tract dysfunction in multiple sclerosis patients. *Urology Herald*. 2020;8(2):29–36. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2020-8-2-29-36

ОБ АВТОРАХ

***Михаил Всеволодович Александров**, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-9935-3249; Scopus Author ID: 7004578812; eLibrary SPIN: 5452-8634; e-mail: mdoktor@yandex.ru

Дарья Эдуардовна Малышок, врач функциональной диагностики; ORCID: 0000-0002-2322-6753; eLibrary SPIN: 2204-4271; e-mail: dashadzhil@gmail.com

Геннадий Николаевич Бисага, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-1848-8775; Scopus Author ID: 6602919775; eLibrary SPIN: 9121-7071; e-mail: bisaga@yandex.ru

Андрей Юрьевич Орлов, д-р мед. наук; ORCID: 0000-0001-6597-3733; Scopus Author ID: 15848864400; eLibrary SPIN: 4018-1328; e-mail: orloff-andrei@mail.ru

Екатерина Анатольевна Олейник, канд. мед. наук; ORCID: 0000-0001-7559-1499; Scopus Author ID: 57214241332; eLibrary SPIN: 8367-3643; e-mail: ek_oleynik@mail.ru

Николай Васильевич Цыган, д-р мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-5881-2242; Scopus Author ID: 37066611200; eLibrary SPIN: 1006-2845

AUTHORS INFO

***Mikhail V. Aleksandrov**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor; ORCID: 0000-0002-9935-3249; Scopus Author ID: 7004578812; eLibrary SPIN: 5452-8634; e-mail: mdoktor@yandex.ru

Dar'ya E. Malyshok, functional diagnostics doctor; ORCID: 0000-0002-2322-6753; eLibrary SPIN: 2204-4271; e-mail: dashadzhil@gmail.com

Gennadiy N. Bisaga, MD, Dr. Sci. (Med.), professor; ORCID: 0000-0002-1848-8775; Scopus Author ID: 6602919775; eLibrary SPIN: 9121-7071; e-mail: bisaga@yandex.ru

Andrei Yu. Orlov, doctor of medical science;s ORCID: 0000-0001-6597-3733; Scopus Author ID: 15848864400; eLibrary SPIN: 4018-1328; e-mail: orloff-andrei@mail.ru

Ekaterina A. Oleynik, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: 0000-0001-7559-1499; Scopus Author ID: 57214241332; eLibrary SPIN: 8367-3643; e-mail: ek_oleynik@mail.ru

Nikolai V. Tsygan, MD, Dr. Sci. (Med.), associate professor; ORCID: 0000-0002-5881-2242; Scopus Author ID: 37066611200; eLibrary SPIN: 1006-2845

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author