

# Влияние общей анестезии на параметры бульбокавернозного рефлекса



Д. Э. Малышок

Д. Э. Малышок<sup>1</sup>, А. Ю. Орлов<sup>1</sup>, М. В. Александров<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург

А. Ю. Орлов



М. В. Александров

## РЕЗЮМЕ

Нарушение функций тазовых органов при опухолевом поражении спинного мозга составляет до 20%. При хирургии опухолей спинного мозга в полимодальный нейрофизиологический мониторинг входит регистрация бульбокавернозного рефлекса для оценки целостности сегментарного аппарата. Приводимые в литературе данные о влиянии компонентов общего наркоза на параметры бульбокавернозного рефлекса существенно разнятся. Работа имела цель сравнить влияние ингаляционной анестезии севофлураном и тотальной внутривенной анестезии с применением пропофола на параметры бульбокавернозного рефлекса при хирургическом лечении опухолей спинного мозга. В исследование включены 30 больных с интрадуральными экстрамедуллярными и интрамедуллярными опухолями спинного мозга на уровне Th11–S2 позвонков. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от вида общей анестезии. Оценивались амплитудно-частотные параметры бульбокавернозного рефлекса и пороговая интенсивность стимуляции. Полученные результаты позволили сделать заключение о том, что интраоперационная регистрация бульбокавернозного рефлекса при резекции опухолей дистального отдела спинного мозга может выполняться как при ингаляционной, так и при тотальной внутривенной анестезии. Для достижения устойчивого моторного ответа бульбокавернозного рефлекса при ингаляционной анестезии севофлураном требуется более высокая интенсивность стимуляции, чем при выполнении внутривенной анестезии. При выполнении тотальной внутривенной анестезии увеличении дозы пропофола на каждые 1 мг/кг/ч обуславливает увеличение силы тока стимуляции на 10–11 мА.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** клиническая нейрофизиология, интраоперационный нейрофизиологический мониторинг, бульбокавернозный рефлекс, опухоли спинного мозга, ингаляционная анестезия, внутривенная анестезия.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Impact of general anaesthesia on parameters of bulbocavernosus reflex

D. E. Malyshev<sup>1</sup>, A. Yu. Orlov<sup>1</sup>, M. V. Aleksandrov<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Russian Research Neurosurgical Institute n.a. professor A. L. Polenov – a branch of National Medical Research Centre n.a. V. A. Almazov, Saint Petersburg, Russia<sup>2</sup>Military Medical Academy n.a. S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

## SUMMARY

Dysfunction of the pelvic organs in tumor lesions of the spinal cord is up to 20%. Registration of the bulbocavernosus reflex is performed to assess the integrity of the segmental apparatus of the spinal cord. Polymodal neurophysiological monitoring includes registration of the bulbocavernosus reflex during surgery of spinal cord tumors. The effect of the components of general anesthesia on the parameters of the bulbocavernosus reflex varies significantly according to various medical sources. The aim of the work was to compare the effect of inhalation anesthesia (sevoflurane) and total intravenous anesthesia (propofol) on the parameters of the bulbocavernosus reflex in the surgical treatment of spinal cord tumors. Thirty patients with intradural extramedullary and intramedullary tumors of the spinal cord at the level of Th11–S2 vertebrae were included in the study. The amplitude-frequency parameters of the bulbocavernosus reflex and the threshold intensity of stimulation were assessed in the study. The results of the study demonstrate that intraoperative registration of the bulbocavernosus reflex during resection of tumors of the distal spinal cord can be performed both with inhalation and total intravenous anesthesia. A sustained motor response of the bulbocavernosus reflex requires a higher intensity of stimulation with inhalation anesthesia with sevoflurane than with total intravenous anesthesia. If during the operation the depth of propofol's anesthesia increases by 1 mg/kg/h, then it is necessary to increase the current strength during stimulation by 10–11 mA.

**KEY WORDS:** clinical neurophysiology, intraoperative neurophysiological monitoring, bulbocavernosus reflex, spinal cord tumors, inhalation anesthesia, intravenous anesthesia.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare no conflict of interest.

## Введение

Хирургия спинальных опухолей является одним из сложных направлений в нейрохирургии, так как вмешательства на спинном мозге и позвоночнике сопряжены с высоким риском развития послеоперационных осложнений [1, 2]. По данным зарубежной и отечественной литературы, нарушение функций тазовых органов при поступлении составляет до 20 %, а после операции количество пациентов с данной дисфункцией увели-

чивается [3, 4, 5, 6, 7]. Нарушения функции тазовых органов чаще встречались при поражении нижнегрудного отдела и конуса спинного мозга [2, 6]. Для оценки целостности сегментарного аппарата при хирургии опухолей спинного мозга в полимодальный мониторинг входит регистрация бульбокавернозного рефлекса (БКР) [4, 5, 7, 8, 9, 10]. Выбор вида анестезии при операциях на спинном мозге представляет значительный интерес,

поскольку [3, 11, 12] компоненты наркоза влияют на качество интраоперационного нейрофизиологического мониторинга. Очевидно, что это касается и параметров БКР [13, 14, 15]. Это может привести к трудностям интерпретации ответов и даже невозможности вовремя диагностировать повреждение.

**Цель исследования:** сравнить влияние ингаляционной анестезии (севофлуран) и тотальной внутривенной анестезии (пропофол) на параметры БКР при хирургическом лечении опухолей спинного мозга.

### Материалы и методы

Работа выполнена в ходе обследования и нейрохирургического лечения 30 пациентов (средний возраст –  $52,0 \pm 13,2$  года, мужчины/женщины – 18/12) с интрадуральными экстрамедуллярными и интрамедуллярными опухолями спинного мозга. Все больные были прооперированы в Российском научно-исследовательском нейрохирургическом институте имени профессора А. Л. Поленова – филиале ФГБУ НМИЦ имени В. А. Алмазова.

Критерии включения больных в исследование: 1) возраст от 18 до 80 лет; 2) наличие у пациента экстрем (или) интрамедуллярной опухоли на уровне Th11–S2 позвонков, подтвержденной данными 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–S2 позвонков (переломы, вывихи, ишемия и др.); 2) наличие противопоказаний к хирургическому удалению опухоли; 3) тяжелые соматические заболевания, создающие высокий операционно-анестезиологический риск.

По локализации поражения в исследование входили опухоли: на уровне Th11–L1 позвонков – 18 (60,0 %) случаев, на уровне L2–S2 позвонков – 12 (40,0 %) случаев. Стаж заболевания до года – 17 (56,7 %) пациентов, более одного года – у 13 (43,3 %) пациентов. Оперативные вмешательства всем пациентами проводились по стандартизированной методике, в положение на животе. Хирургический доступ к зоне интереса осуществлялся посредством ламинэктомии над очагом поражения с последующим рассечением твердой мозговой оболочки (ТМО). У пациентов была выполнена резекция патологического образования: тотальная – 17 (56,7 %) случаев, субтотальная – 9 (30,0 %) и частичная – 4 (13,3 %). Гистологическое исследование проводилось на архивном материале фрагмента опухоли, в исследуемой выборке преобладали: шваномы – 9 (30,0 %) наблюдений, менингиомы – 6 (20,0 %), эпендимомы – 5 (16,7 %), липомы – 3 (10,0 %), гемангиобластомы – 2 (6,8 %); единичные случаи: астроцитомы – 1 (3,3 %), хондромы – 1 (3,3 %), нейрофибромы – 1 (3,3 %), тератома – 1 (3,3 %), тритон-опухоль – 1 (3,3 %).

Пациенты были разделены на две группы в зависимости от вида общей анестезии, им выполнялось хирургическое удаление патологических образований спинного мозга. В первой подгруппе (15 больных) оперативное вмешатель-

ство проводилось по протоколу тотальной внутривенной анестезии (ТВВА) с использованием непрерывной внутривенной инфузией пропофола в дозах 5–10 мг/кг/час для поддержания анестезии. В 15 случаях (группа 2) в качестве ингаляционного анестетика использовался севофлуран в дозах 0,9–1,5 МАК (минимальная альвеолярная концентрация). Короткого действия миорелаксант (коруарон 50 мг) вводился для интубации. Сохранность нейромышечной передачи проверяли тестом четырехзарядной стимуляции TOF (train of four). В исследование включали TOF не менее 80 %.

Регистрация БКР проводилась по следующей методике. Стимулирующий игольчатый электрод помещали в положение лежа на спине после установки мочевого катетера. У мужчин он вводился на тыльной стороне полового члена, катод – в проксимальную часть, а в дистальную часть помещали анод. У женщин стимулирующий электрод вводился около клитора – катода, а в половые губы – анод. После поворота устанавливали регистрирующие электроды. Регистрация осуществляется игольчатыми электродами с внешнего анального сфинктера (*m. sphincter ani externum*). Катодные и анодные электроды у мужчин и у женщин вводятся в каждый полусфинктер на 2, 4, 8, 10 часов. Условия для стимуляции БКР были следующими: серия от 2 до 5 импульсов длительностью 0,1–0,5 мс, каждый с межимпульсным интервалом 3 мкс (частота в пачке 333 Гц), частота следования трейнов (серий) – 0,5–2,0 Гц. Стабильный миоэлектрический потенциал, полученный при минимальной интенсивности стимуляции (мА), оценивали до разреза твердой мозговой оболочки. БКР имеет два компонента: ранний компонент, имеющий задержку 30 мс, и компонент более длинной задержки, имеющий задержку 50 мс. Во время операции можно записать оба компонента, но ранний компонент больше подходит для мониторинга, поскольку он более стабилен.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием методов вариационной статистики. Выбор параметрических или непараметрических методов основывался на результатах анализа распределения полученных вариационных рядов. При распределении, близком к нормальному, данные представлены в формате  $\bar{X}_{cp} \pm \sigma$  (среднее  $\pm$  стандартное отклонение). При распределении вариационного ряда, отличном от нормального, для представления данных использованы медиана, межквартильный интервал. Достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента для несвязанных парных выборок и критерия Манна – Уитни. Для оценки уровня сопряжения исследуемых параметров использован метод корреляционного анализа по Спирмену, линейный регрессионный анализ. Значение  $p < 0,05$  считали статистически значимым. Статистическая обработка выполнялась с использованием пакета Jamovi 1.6.23.

Все методы, применяемые во время операции, одобрены этическим комитетом учреждения, и от всех пациентов, участвующих в этом исследовании, или их законных представителей получено информированное согласие.

## Результаты

Исходя из цели исследования оценивались амплитудно-частотные параметры БКР и интенсивность эффективной стимуляции для достижения устойчивого моторного ответа.

Как представлено на *рисунке 1*, сила тока, требующаяся для формирования устойчивого БКР при ингаляционной анестезии севофлураном, была значимо выше, чем при анестезии по протоколу ТВВА с использованием пропофола: 69 (57,5–71,5) мА и 30 (24,0–57,5) мА соответственно ( $p < 0,001$ ).

Для анализа зависимости интенсивности стимуляции при БКР и дозы общего анестетика был выполнен корреляционный анализ. В первой группе (анестезия по протоколу ТВВА) была выявлена заметная (сильная) положительная корреляционная связь между дозой пропофола и силой тока:  $r = 0,7$  ( $p = 0,003$ ). Коэффициент детерминации в модели составил 0,497, то есть изменение силы тока стимуляции при БКР практически на 50% обусловлено изменениями дозы внутривенного анестетика. Наблюдаемая зависимость описывается уравнением:  $Y = -28,8 + 10,2 \times X$ , где  $Y$  – сила тока (мА),  $X$  – доза наркоза (пропофол, мг/кг/ч). Исходя из модели следует, что при увеличении дозы пропофола на каждые 1 мг/кг/ч следует ожидать увеличение силы тока на 10,2 мА. В группе с ингаляционным наркозом, согласно результатам корреляционного анализа, связь между силой тока стимуляции и дозой севофлурана была статистически незначимой (коэффициент корреляции составляет 0,127;  $p = 0,652$ ). Разработанные статистические модели схематично представлены на *рисунке 2*.

Визуально-логический анализ БКР показал, что при высокой дозе ингаляционного анестетика севофлурана происходит не только значительное подавление ответа, но и грубо меняется морфология БКР. Типичные примеры бульбокавернозного рефлекса при разных видах общей анестезии представлены на *рисунке 3*.

Результаты анализа амплитудно-частотных параметров БКР при разных видах общей анестезии представлены в *таблице*.

Среднее значение латентности БКР в первой группе больных (ТВВА) составило: слева –  $39,60 \pm 11,00$  мс, справа –  $41,50 \pm 10,80$  мс; во второй группе (ингаляционная анестезия севофлураном) слева –  $41,10 \pm 12,60$  мс, справа –  $43,40 \pm 15,00$  мс. Статистической значимой разницы в пиковой латентности ответа при различных

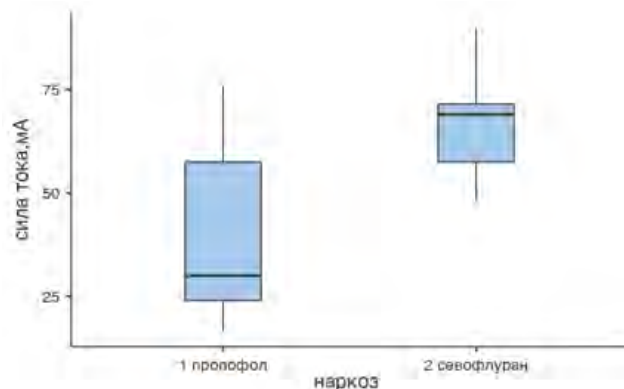


Рисунок 1. Влияние вида общей анестезии на интенсивность стимуляции при интраоперационной регистрации БКР.

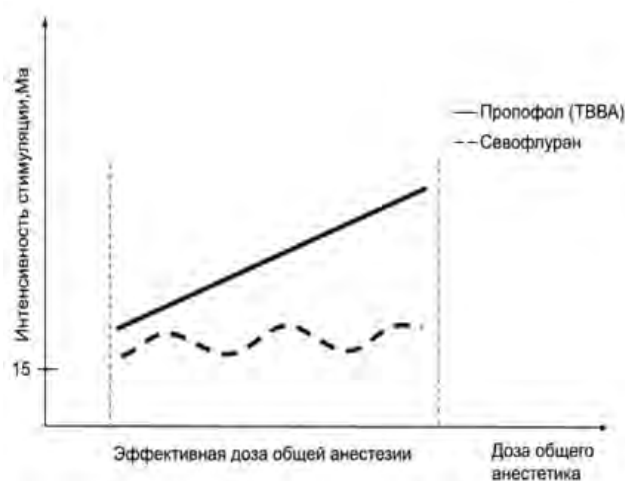


Рисунок 2. Зависимость интенсивности стимуляции при интраоперационной регистрации БКР и дозы общего анестетика (схема).

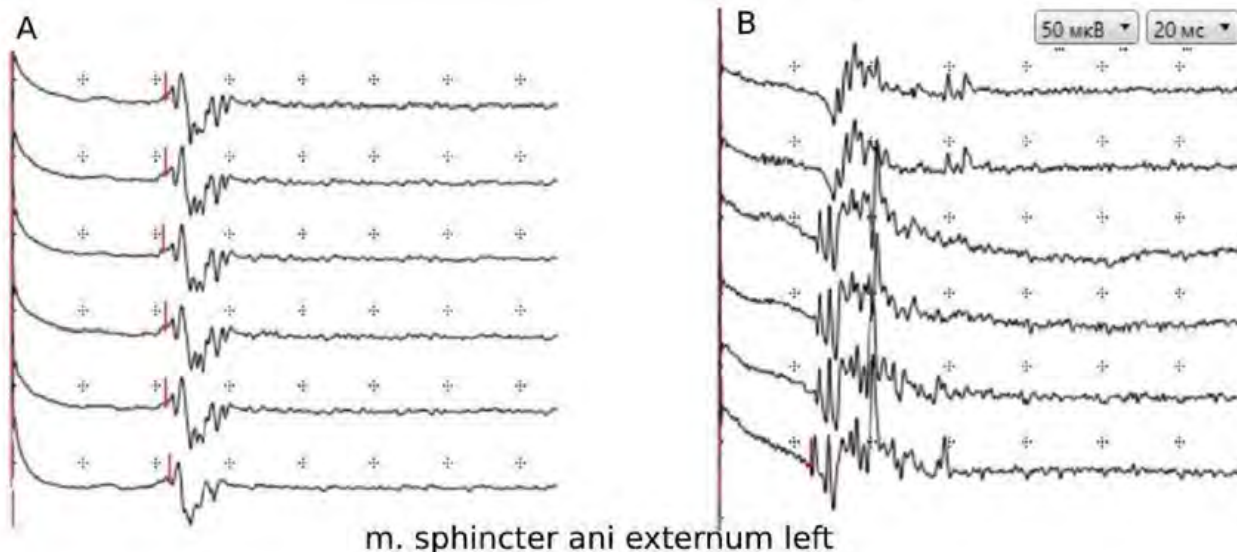


Рисунок 3. Примеры типичных вариантов бульбокавернозного рефлекса при ингаляционной анестезии севофлураном (А) и тотальной внутривенной анестезии пропофолом (Б).

Таблица  
Сравнение групп по параметрам БКР, регистрируемого с внешнего анального сфинктера

| Группы                           | Параметры БКР  |                 |                |                 |
|----------------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|                                  | Слева          |                 | Справа         |                 |
|                                  | Амплитуда, мкВ | Латентность, мс | Амплитуда, мкВ | Латентность, мс |
| ТВВА (n = 15)                    | 11,9 ± 5,32    | 39,60 ± 11,00   | 11,7 ± 6,52    | 41,50 ± 10,80   |
| Ингаляционная анестезия (n = 15) | 7,39 ± 3,68    | 41,10 ± 12,60   | 6,59 ± 4,19    | 43,40 ± 15,00   |
| Уровень различий p               | 0,012          | 0,737           | 0,017          | 0,695           |

видах общей анестезии не зарегистрировано ( $p > 0,05$ ). Амплитуда ответа была достоверно выше при тотальной внутривенной анестезии с использованием пропофола ( $p < 0,05$ ). Средние значения амплитуды БКР в группе 1 составили: слева – 11,90 ± 5,32 мкВ, справа – 11,70 ± 6,52 мкВ; во второй группе слева – 7,39 ± 3,68 мкВ, справа – 6,59 ± 4,19 мкВ.

## Выводы

1. Интраоперационная регистрация бульбокавернозного рефлекса у больных с опухолями дистального отдела спинного мозга может выполняться как при ингаляционной, так и при тотальной внутривенной анестезии.
2. Для достижения устойчивого моторного ответа бульбокавернозного рефлекса при ингаляционной анестезии севофлураном требуется более высокая интенсивность стимуляции, чем при выполнении внутривенной анестезии.
3. При выполнении тотальной внутривенной анестезии увеличение дозы пропофола на каждые 1 мг/кг/ч обуславливает увеличение силы тока стимуляции на 10–11 мА.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 34 «Разработка минимально-инвазивных персонифицированных технологий хирургического лечения пациентов с заболеванием позвоночника» (Рег. № АААА-А19-119070490030-6).

## Список литературы / References

1. Ruschel L.G., Aragão A., de Oliveira M.F., Milano J.B., Neto M.C., Ramina R. et al. Correlation of intraoperative neurophysiological parameters and outcomes in patients with intramedullary tumors. *Asian Journal of Neurosurgery*. 2021; 16 (2): 243–248. PMID: 34268146. DOI: 10.4103/ajns.AJNS\_234\_20.
2. Lee S., Cho D.C., Rhim S.C., Lee B.J., Hong S.H., Koo Y.S., Park J.H. Intraoperative monitoring for cauda equina tumors: surgical outcomes and neurophysiological data accrued over 10 years. *Neurospine*. 2021; 18 (2): 281–289. PMID: 34218610. <https://doi.org/10.14245/ns.2040660.330>
3. Александров М.В., Чикуров А.А., Топоркова О.А. и др. Нейрофизиологический интраоперационный мониторинг в нейрохирургии: руководство. 2е изд. Под ред. М.В. Александрова. 2019. С 160. Aleksandrov MV, Chikurov AA, Toporkova OA et al.; Neurophysiological intraoperative monitoring in neurosurgery: guide. 2nd ed. Edited by Alexandrov MV. 2019. P 160. In Russian.
4. Сысоев К.В., Самочерных К.А., Хачатрян В.А. Интраоперационная ректальная ампулярная манометрия при хирургическом лечении липом конуса спинного мозга у детей. *Хирургия позвоночника*. 2019; 16 (3): 55–61. <https://doi.org/10.14531/ss2019.3.55-61> Sysoev K.V., Samochernykh K.A., Khachatryan W.A. Intraoperative rectal ampullar manometry in spinal cord conus lipoma surgery in children. *Spine Surgery*. 2019; 16 (3): 55–61. In Russian.
5. Scibilia A., Terranova C., Rizzo V., Raffa G., Morelli A., Esposito F., Germanò A. Intraoperative neurophysiological mapping and monitoring in spinal tumor surgery: sirens or indispensable tools? *Neurosurgical focus*. 2016; 41 (2): 18. PMID: 27476842. <https://doi.org/10.3171/2016.5.FOCUS.16141>
6. Sugiyama K., Harada N., Kondo K., Wada A., Takahashi, H., Sugo N. Relationship between preoperative neuroradiological findings and intraoperative bulbocavernosus reflex amplitude in patients with intradural extramedullary tumors. *Neurologia medico-chirurgica*. 2021; 61 (8): 484–491. PMID: 34078828. <https://doi.org/10.2176/nmc.0a.2020-0425>
7. Previnaire J.G. The importance of the bulbocavernosus reflex. *Spinal cord series and cases*. 2018; 4 (1): 1–2. PMID: 29423307. <https://doi.org/10.1038/s41394-017-0012-0>
8. Skinner S.A., Vodusek D.B. Intraoperative recording of the bulbocavernosus reflex. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2014; 31 (4): 313–322. PMID: 25083842. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000054.
9. Javerz K., Jahangiri F.R., Funk R. Bulbocavernosus reflex monitoring during intramedullary conus tumor surgery. *Cureus*. 2020; 12 (3): e7233. PMID: 32280574. DOI: 10.7759/cureus.7233.
10. Morota N. Intraoperative neurophysiological monitoring of the bulbocavernosus reflex during surgery for conus spinal lipoma: what are the warning criteria? *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2019; 23 (5): 639–647. PMID: 30797211. <https://doi.org/10.3171/2018.12.PEDS.18535>
11. Velayutham P., Cherian V.T., Rajshekhar V., Babu K.S. The effects of propofol and isoflurane on intraoperative motor evoked potentials during spinal cord tumour removal surgery-A prospective randomised trial. *Indian journal of anaesthesia*. 2019; 63 (2): 92–99. PMID: 30814745. DOI: 10.4103/ija.IJA\_421\_18.
12. Hendrickx J.F.A., De Wolf A., Skinner S. Journal of Clinical Monitoring and Computing 2015 end of year summary: anesthesia. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2016; 30 (1): 1–5. PMID: 26707866. <https://doi.org/10.1007/s10877-015-9819-z>
13. Kawaguchi M., Iida H., Tanaka S., Fukuoka N., Hayashi H., Izumi S., Kakinohara M. et al. A practical guide for anesthetic management during intraoperative motor evoked potential monitoring. *Journal of anesthesia*. 2020; 34 (1): 5–28. PMID: 31630259. <https://doi.org/10.1007/s00540-019-02698-2>
14. Sloan T.B., Toleikis J.R., Toleikis S.C., Koht A. Intraoperative neurophysiological monitoring during spine surgery with total intravenous anesthesia or balanced anesthesia with 3% desflurane. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015; 29 (1): 77–85. PMID: 24643708. <https://doi.org/10.1007/s10877-014-9571-9>
15. Heid F., Kauff D.W., Lang H., Kneist W. Impact of inhalation vs. intravenous anesthesia on autonomic nerves and internal anal sphincter tone. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2015; 59 (9): 1119–1125. PMID: 25900126. <https://doi.org/10.1111/aas.12535>

Статья поступила / Received 25.10.21

Получена после рецензирования / Revised 03.11.21

Принята к публикации / Accepted 13.11.21

## Сведения об авторах

Малышок Дарья Эдуардовна, врач-невролог отделения клинической нейрофизиологии<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0002-2322-6753

Орлов Андрей Юрьевич, д.м.н., рук. нейрохирургического отделения № 1<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-6597-3733

Александров Михаил Всеволодович, д.м.н. проф., зав. отделом клинической нейрофизиологии<sup>1</sup>, зав. кафедрой нормальной физиологии<sup>2</sup>. E-mail: mdoktor@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-9935-3249

<sup>1</sup>Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А.Л. Поленова – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург  
<sup>2</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург

Автор для переписки: Александров М.В. E-mail: mdoktor@yandex.ru

## About authors

Malyshok Daria E., Neurologist at Dept of Clinical Neurophysiology<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0002-2322-6753

Orlov Andrey Yu., DM Sci (habil.), head of Neurosurgical Dept No. 1<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-6597-3733

Aleksandrov Mikhail V., DM Sci (habil.), professor, head of Clinical Neurophysiology Dept<sup>1</sup>, head of Dept of Normal Physiology<sup>2</sup>. E-mail: mdoktor@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-9935-3249

<sup>1</sup>Russian Research Neurosurgical Institute n.a. professor A.L. Polenov – a branch of National Medical Research Centre n.a. V.A. Almazov, Saint Petersburg, Russia  
<sup>2</sup>Military Medical Academy n.a. S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Aleksandrov M.V. E-mail: mdoktor@yandex.ru

Для цитирования: Малышок Д.Э., Орлов А.Ю., Александров М.В. Влияние общей анестезии на параметры бульбокавернозного рефлекса. Медицинский алфавит. 2021; (36): 37–40. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-36-37-40>

For citation: Malyshok D.E., Orlov A. Yu., Aleksandrov M.V. Impact of general anaesthesia on parameters of bulbocavernosus reflex. *Medical alphabet*. 2021; (36):37–40. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-36-37-40>

