

ТРИГГЕРНАЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ В ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ТРАНСНАЗАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ ОПУХОЛЕЙ ОСНОВАНИЯ ЧЕРЕПА

А.Н. Шкарубо, И.В. Чернов, А.А. Огурцова, Д.Н. Андреев, Г.В. Данилов, Ю.В. Струнина

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России;
Россия, 125047 Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16

Контакты: Илья Валерьевич Чернов ichernov@nsi.ru

Введение. Развитие минимально-инвазивных технологий в последние десятилетия позволило расширить показания к использованию эндоскопических трансназальных трансфеноидальных доступов в хирургии опухолей основания черепа. Стало возможно удалять опухоли основания черепа, распространяющиеся в область прохождения черепных нервов, что сопряжено с риском их повреждения.

Цель исследования — оценка эффективности применения триггерной электромиографии с целью обеспечения анатомической и функциональной сохранности черепных нервов при эндоскопическом трансназальном удалении различных распространенных новообразований основания черепа.

Материалы и методы. Проведен статистический анализ и сравнение результатов хирургического лечения 2 групп пациентов с различными опухолями основания черепа. В основную группу включены 30 пациентов, у которых интраоперационно осуществляли триггерную электромиографию для идентификации черепных нервов. В контрольную группу вошли 43 пациента, у которых метод не использовался. Эффективность и безопасность метода интраоперационной идентификации черепных нервов оценивали на основании сравнения базовых характеристик, исходов лечения и факторов, потенциально на них влияющих.

Результаты. В основной группе интраоперационно были идентифицированы 57 черепных нервов. Частота радикального удаления оказалась выше в основной группе в 1,6 раза (70 % против 44,2 %, $p = 0,03$). Отрицательная динамика состояния двигательных черепных нервов после операции чаще наблюдалась в контрольной группе, чем в основной (37,2 % против 13,3 %, $p = 0,03$), а положительная — в 2,8 раза чаще в основной группе, чем в контрольной (37,3 % против 13,9 %, $p = 0,08$).

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что интраоперационное использование триггерной электромиографии для идентификации черепных нервов в эндоскопической трансназальной хирургии опухолей основания черепа может положительно влиять на радикальность удаления опухолей и сохранность функции черепных нервов в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: электромиография, интраоперационная идентификация черепных нервов, эндоскопический трансназальный доступ, хирургия опухолей основания черепа

Для цитирования: Шкарубо А.Н., Чернов И.В., Огурцова А.А. и др. Триггерная электромиография в эндоскопической трансназальной хирургии опухолей основания черепа. *Нейрохирургия* 2020;22(4):61–73.

DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-4-61-73



Trigger electromyography in endoscopic transnasal surgery of skull base tumors

A.N. Shkarubo, I.V. Chernov, A.A. Ogurtsova, D.N. Andreev, G.V. Danilov, Yu.V. Strunina

N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia;
16 4th Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia

Introduction. The development of minimally invasive technologies in recent decades has expanded the indications for the use of endoscopic transnasal transsphenoidal approaches in surgery of skull base tumors. It became possible to perform surgical interventions aimed at removing tumors of the base of the skull that spread to the area of the passage of cranial nerves (cavernous sinus, clival area, cerebello-pontine angle), which is associated with the risk of damage to certain cranial nerves.

The study objective is to evaluate the effectiveness of trigger electromyography in providing anatomical and functional preservation of cranial nerves during endoscopic endonasal transsphenoidal removal of skull base tumors.

Materials and methods. The study is based on statistical analysis and comparison of the results of surgical treatment of two groups of patients with various tumors of the base of the skull: the main group (30 patients with using trigger electromyography to identify cranial nerves intraoperatively) and the control group (43 patients without using this method). The effectiveness and safety of using the method of intraoperative identification of cranial nerves was evaluated based on a comparison of basic characteristics, treatment outcomes, and factors potentially affecting them.

Results. Fifty-seven (57) cranial nerves were identified intraoperatively in the main group. The frequency of radical removal was 1.6 times higher in the main group (70 % vs 44.2 %, $p = 0.03$). When analyzing the dynamics of the state of motor cranial nerves after surgery in the main

and control groups, it was shown that negative dynamics prevailed in the control group – 37.2 % vs 13.3 % ($p = 0.03$), and positive dynamics prevailed in the main group (37.3 % vs 13.9 %), 2.8 times ($p = 0.08$).

Conclusion. The obtained data indicate that the use of the intraoperative identification method in endoscopic transnasal surgery of skull base tumors can positively affect the radical removal of tumors and the preservation of cranial nerve function in the postoperative period.

Key words: electromyography, intraoperative identification of cranial nerves, endoscopic transnasal access, surgery of skull base tumors

For citation: Shkarubo A.N., Chernov I.V., Ogurtsova A.A. et al. Trigger electromyography in endoscopic transnasal surgery of skull base tumors. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2020;22(4):61–73. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Из-за тесной связи новообразований основания черепа с III–XII черепными нервами (ЧН) и сосудами (внутренней сонной артерией, передней мозговой артерией) их хирургическое удаление всегда считалось одной из самых трудных задач в нейрохирургии с точки зрения сохранения качества жизни пациента и максимальной радикальности лечения. Важную проблему представляет дисфункция ЧН, которая может возникать в результате операции, направленной на удаление опухоли и улучшение качества жизни пациента [1]. Ухудшение функции ЧН может привести не только к снижению качества жизни пациентов, но и к их социальной дезадаптации [2].

Последние 30 лет для удаления срединных опухолей основания черепа использовался микрохирургический трансфеноидальный доступ. Благодаря развитию эндоскопических технологий к настоящему времени основным доступом в хирургии срединных опухолей основания черепа стал эндоскопический трансназальный трансфеноидальный доступ, позволяющий удалять опухоли в том числе из области прохождения ЧН (кавернозного синуса, области ската, мостомозжечкового угла) [3–22].

При эндоскопическом трансназальном удалении опухолей основания черепа не всегда удается выделить и визуализировать ЧН из-за нарушения нормальных топографо-анатомических отношений. Нервы могут быть распластаны на опухоли либо быть сращены с опухолевой тканью. Основными видами опухолей основания черепа, вовлекающих в патологический процесс ЧН, являются невриномы, аденомы гипофиза, хордомы и др. При распространении в полость кавернозного синуса, а также в область ската и вентральные отделы задней черепной ямки опухоли могут вовлекать в патологический процесс III, IV, V, VI, IX, X, XI, XII ЧН. Удаление опухолей вышеуказанных локализаций сопряжено с высоким риском повреждения ЧН (он достигает 40 %) [23–31].

В нейрохирургию уже давно внедрена методика интраоперационного нейрофизиологического мониторинга в режиме спонтанной или триггерной электромиографии, позволяющей идентифицировать ЧН [32–39], что снизило частоту развития послеоперационного дефицита функции ЧН с 68 % [18, 30, 40–50] до 50 % [32, 39, 51–54].

Для идентификации двигательных ЧН используют 2 основные методики – триггерную и спонтанную электромиографию. Мониторинг ЧН с использованием спонтанной электромиографии представляет собой непрерывную запись электромиографической активности, которая возникает во время механического контакта с ЧН. При использовании триггерной ЭМГ происходит запись составного потенциала действия мышцы, возникающего в ответ на стимуляцию нерва электрическим током – М-ответ.

Целью настоящего исследования стала оценка эффективности применения триггерной электромиографии в обеспечении анатомической и функциональной сохранности ЧН при эндоскопическом трансназальном удалении различных распространенных новообразований основания черепа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнены статистический анализ и сравнение результатов хирургического лечения 2 групп пациентов. В основную группу вошли 30 пациентов (12 мужчин и 18 женщин, медиана возраста 53 года), в контрольную – 43 пациента (14 мужчин и 29 женщин, медиана возраста 52 года). В обеих группах у пациентов были диагностированы различные опухоли основания черепа, распространяющиеся в область прохождения ЧН, а именно в кавернозный синус, область ската, мостомозжечковый угол. Пациенты основной группы оперированы в период с 2014 по 2020 г. на базе 8-го нейроонкологического отделения Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. Операции проводились с использованием эндоскопического трансназального доступа с применением методики нейрофизиологической идентификации двигательных ЧН. Контрольная группа, в которой операции выполнялись с использованием такого же доступа, но без идентификации ЧН, была сформирована методом сплошной выборки пациентов, удовлетворявших критериям включения. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом.

Анализировались демографические данные, расположение и размеры опухоли, клиническая симптоматика и ее динамика после операции и в катамнезе, гистологические типы опухоли, частота развития различных осложнений, радикальность удаления опухолей, частота рецидивов и продолженного роста опухоли,

катамнез (наблюдение, повторное хирургическое вмешательство, лучевая терапия).

Критерии включения в основную группу:

- возраст ≥ 18 лет;
- распространение опухоли в область прохождения двигательных ЧН (область ската, вентральные отделы задней черепной ямки, мостомозжечковый угол, кавернозный синус);
- задокументированное удаление опухоли из указанных областей;
- интраоперационная идентификация двигательных ЧН.

Критерии исключения пациентов из исследования:

- отсутствие катамнеза;
- отсутствие контрольной компьютерной томографии (КТ) в послеоперационном периоде.

Критерии включения в контрольную группу и исключения из нее аналогичны критериям для основной группы, за исключением идентификации ЧН.

Все пациенты были обследованы по стандартному протоколу с применением клинических, лабораторных и нейровизуализационных методов.

Оценка неврологического статуса, помимо прочего, включала оценку зрительных, глазодвигательных и бульбарных функций.

У всех пациентов в ходе подготовки к операции выполнена в различных режимах магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга с контрастированием, а также КТ головы. В течение 1-х суток после операции у всех пациентов проведена контрольная КТ. В период катамнестического наблюдения пациенты проходили обследование, включавшее неврологический осмотр и МРТ в сроки от 3 мес после операции.

Распределение пациентов по гистологическому типу опухоли в основной группе: хордомы – 15, невриномы – 6, аденомы гипофиза – 4, менингиомы – 2, хондросаркомы – 2, холестеатома – 1. Распределение в контрольной группе: хордомы – 20, аденомы гипофиза – 12, менингиомы – 6, невриномы – 2, хондросаркомы – 2, холестеатома – 1.

Распределение пациентов по размерам опухоли. Мы сочли уместным использовать классификацию аденом гипофиза Б.А. Кадашева для оценки всех опухолей: микроопухоли – до 15 мм, небольшие – от 16 до 25 мм, средние – от 26 до 35 мм, большие – от 36 до 59 мм, гигантские – 60 мм и более.

В основной группе гигантскими были 20 % опухолей (4 хордомы, 1 менингиома, 1 холестеатома), большими – 53,3 % (5 невринома, 8 хордом, 1 менингиома, 1 хондросаркома, 1 аденома гипофиза), средними – 26,7 % (3 хордомы, 3 аденомы гипофиза, 1 хондросаркома, 1 невринома). В контрольной группе гигантскими были 4,7 % опухолей (2 аденомы гипофиза), большими – 34,9 % (2 аденомы гипофиза, 6 хордом, 4 менингиомы, 1 хондросаркома, 1 холестеатома, 1 невринома), средними – 60,5 % (8 аденом гипофиза,

14 хордом, 2 менингиомы, 1 невринома, 1 хондросаркома).

Топографо-анатомические варианты роста опухолей.

В основной группе хордомы чаще всего ($n = 14$) располагались в области ската. Из них 3 хордомы распространялись в кавернозные синусы, 1 – в мостомозжечковый угол, 1 – в эндосупраинфраселлярном направлении, 1 хордома характеризовалась эндосупраинфралатеро (S) селлярным ростом. В 5 случаях наблюдался интрадуральный рост опухоли. Невриномы располагались в правом или левом кавернозном синусе, интрадуральный рост не отмечен ни в одном случае. Все аденомы гипофиза распространялись в один из кавернозных синусов и не имели признаков интрадурального роста. Одна менингиома располагалась в области ската, вторая распространялась также в левый мостомозжечковый угол, обе были интрадуральными. Холестеатома распространялась в оба мостомозжечковых угла и область ската. Одна хондросаркома располагалась в области ската, вторая распространялась в область верхушки пирамиды и левого кавернозного синуса.

В контрольной группе 19 из 20 хордом располагались в области ската. Из них 3 дополнительно распространялись в область пирамиды, или в кавернозный синус, или в область мостомозжечкового угла. Одна хордома располагалась в кавернозном синусе. Интрадуральным ростом характеризовались 13 хордом. Аденомы гипофиза в основном имели признаки эндосупраселлярного роста с распространением в один (в 10 случаях) или в оба (в 2 случаях) кавернозных синуса. Интрадуральный рост при этом наблюдался у 2 из них. Менингиомы располагались в области ската. Невриномы, хондросаркомы и холестеатома располагались в кавернозном синусе, и ни одна из них не характеризовалась интрадуральным ростом.

Клиническая картина. Очаговая неврологическая симптоматика у пациентов была обусловлена направлением роста опухоли и соответственно поражением ЧН.

В основной группе зрительные нарушения присутствовали у 6 (20 %) пациентов, парез III ЧН наблюдался у 9 (30 %) пациентов (у 2 из них – плегия, у 7 остальных – парез различной степени выраженности), недостаточность функции V ЧН наблюдалась у 10 (33,3 %) пациентов (в 2 случаях она была двусторонней), парез VI ЧН наблюдался у 12 (40 %) пациентов (в 2 случаях он был двусторонним, у 3 пациентов – плегия, у 9 – парез различной степени выраженности), парез VII нерва выявлен у 1 (3,3 %) пациента, поражение XII ЧН наблюдалось у 2 (6,7 %), двигательные нарушения по проводниковому типу – у 1 (3,3 %), бульбарные нарушения – у 1 (3,3 %). У 3 (10 %) пациентов клиническая симптоматика отсутствовала.

В контрольной группе зрительные нарушения присутствовали у 9 (20,9 %) пациентов, парез III ЧН наблюдался у 4 (9,3 %) пациентов (у всех парез),

недостаточность V ЧН — у 9 (20,9 %) пациентов (в 1 случае она была двусторонней), парез VI ЧН — у 12 (27,9 %) (у всех парез различной степени выраженности, в 2 случаях он был двусторонним), парез VII ЧН — у 1 (2,3 %), бульбарные нарушения различной степени выраженности — у 8 (18,6 %), двигательные нарушения по проводниковому типу — у 4 (9,3 %), гормональные нарушения ввиду гиперпродукции тропных гормонов были выявлены у 4 (9,3 %) пациентов. У 6 (14 %) пациентов клиническая симптоматика отсутствовала.

Нейрофизиологический мониторинг. Для нейрофизиологической идентификации ЧН использовали 8-канальный нейроусреднитель Viking-Select (Nikolet, США). Для стимуляции ЧН применяли моно- и биполярные электроды. Во всех случаях после интубации пациента осуществляли чрескожную установку игольчатых электродов в мышцы, иннервируемые соответствующим ЧН.

Для идентификации III ЧН электроды устанавливали в верхнюю и нижнюю прямые мышцы глаза, III ветви V ЧН — в жевательные мышцы, VI ЧН — в наружные прямые мышцы глаза, VII ЧН — в круговую мышцу глаза, X ЧН — в мышцы глотки, XII ЧН — в язык. Нулевой электрод устанавливали на подбородке, референтный электрод для V и VI ЧН — в точке Frz.

Применяли ритмическую электростимуляцию единичными импульсами частотой 4,7 Гц и длительностью 0,1 мс. Сила тока варьировала от 2 до 12 мА.

Хирургическая техника. Все пациенты были оперированы с использованием эндоскопического трансназального трансфеноидального доступа и применением общепринятой эндоскопической методики [18, 55–62]. В случае необходимости, с целью снижения внутричерепного давления и для лучшей приживаемости пластического материала, выполнялась установка любомального дренажа. В зависимости от расположения опухоли, выполнялся транселлярный, латеральный или задний расширенный доступ. У пациентов основной группы в ходе удаления опухоли выполнялась идентификация ЧН. Выполнялась стимуляция тканей до начала удаления, в ходе и после удаления опухоли путем изменения силы тока стимула в пределах от 2 до 12 мА до получения М-ответа или достижения максимально допустимой силы тока (12 мА). В случае получения М-ответа удаление опухоли производилось более деликатно, однако отсутствие М-ответа не приводило к более агрессивным манипуляциям.

Оценка степени радикальности удаления опухолей. Радикальность удаления опухоли оценивали по шкале G. Frank, E. Pasquini [63].

1. Радикальное удаление опухоли: нет признаков опухоли при контрольной КТ и/или МРТ.
2. Субтотальное удаление: оставшаяся часть опухоли составляет <20 % от исходного размера.
3. Частичное удаление: оставшаяся часть опухоли составляет <50 % от исходного размера.

4. Недостаточное удаление (расширенная биопсия): оставшаяся часть опухоли составляет ≥ 50 % от исходного размера.

Результаты операции фиксировали на 1-е и 7-е сутки и через 3 мес после операции. Оценивали неврологический статус (в том числе функцию ЧН), данные нейровизуализации (на 1-е сутки — КТ, через 3 мес — КТ и/или МРТ для оценки радикальности удаления).

Статистический анализ. Все необходимые данные пациентов фиксировались в электронной базе данных Microsoft Excel, после чего проводился анализ данных в программе Statistica 10.

Эффективность и безопасность интраоперационной идентификации ЧН оценивали на основании сравнения базовых характеристик, исходов лечения и факторов, потенциально на них влияющих. Распределение изучаемых величин описывали с помощью среднего значения, стандартного отклонения, медианы, минимального и максимального значений. Тестирование гипотез о различии распределений количественных переменных проводили с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни. Для сравнения групп по категориальным переменным использовали критерий χ^2 и точный критерий Фишера. Различия признавали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Статистический анализ выполнен в лаборатории биомедицинской информатики и искусственного интеллекта Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Как указано выше, в основной группе применялся метод нейрофизиологической идентификации двигательных ЧН. В ходе операции до удаления опухоли осуществляли электростимуляцию различных доступных областей опухоли при помощи монополярного электрода с силой тока 4–10 мА. В случае получения М-ответа применяли биполярный электрод с целью более точного лоцирования ЧН. При отсутствии М-ответа (даже при силе тока вплоть до 12 мА) выполняли удаление опухоли. Периодически при этом проводили стимуляцию окружающих тканей монополярным и затем биполярным (в случае получения М-ответа) электродом. На завершающем этапе операции после удаления опухоли осуществляли контрольную стимуляцию выявленных ЧН с целью сравнения амплитуды М-ответа. В случае получения М-ответа из конгломерата опухоли, которая могла быть плотной или состоять из рубцовых тканей, удаление этих областей либо не производилось (при невозможности визуализировать ЧН), либо производилось вплоть до уменьшения амплитуды М-ответа или визуализации нерва, в зависимости от того, что наступало раньше.

В основной группе пациентов в ходе операций были идентифицированы 57 ЧН (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики черепных нервов, идентифицированных в ходе операции у пациентов с опухолями основания черепа
Table 1. Characteristics of the cranial nerves identified during surgery in patients with tumors of the base of the skull

Нерв Nerve	Число пациентов, у которых идентифицирован Number of patients in whom it was identified	Количество идентифицированных нервов (n = 57) Number of identified nerves (n = 57)	Сила тока, M ± m, мА Current, M ± m, mA	Амплитуда М-ответа, M ± m, мкВ M-response amplitude, M ± m, μV
III	12	14	7 (5–10)	135 (50–400)
V	10	10	7 (4–11)	300 (100–600)
VI	25	30	7,6 (5–10)	170 (40–500)
VII	2	2	5 (3–7)	325 (200–450)
XII	1	1	3	500

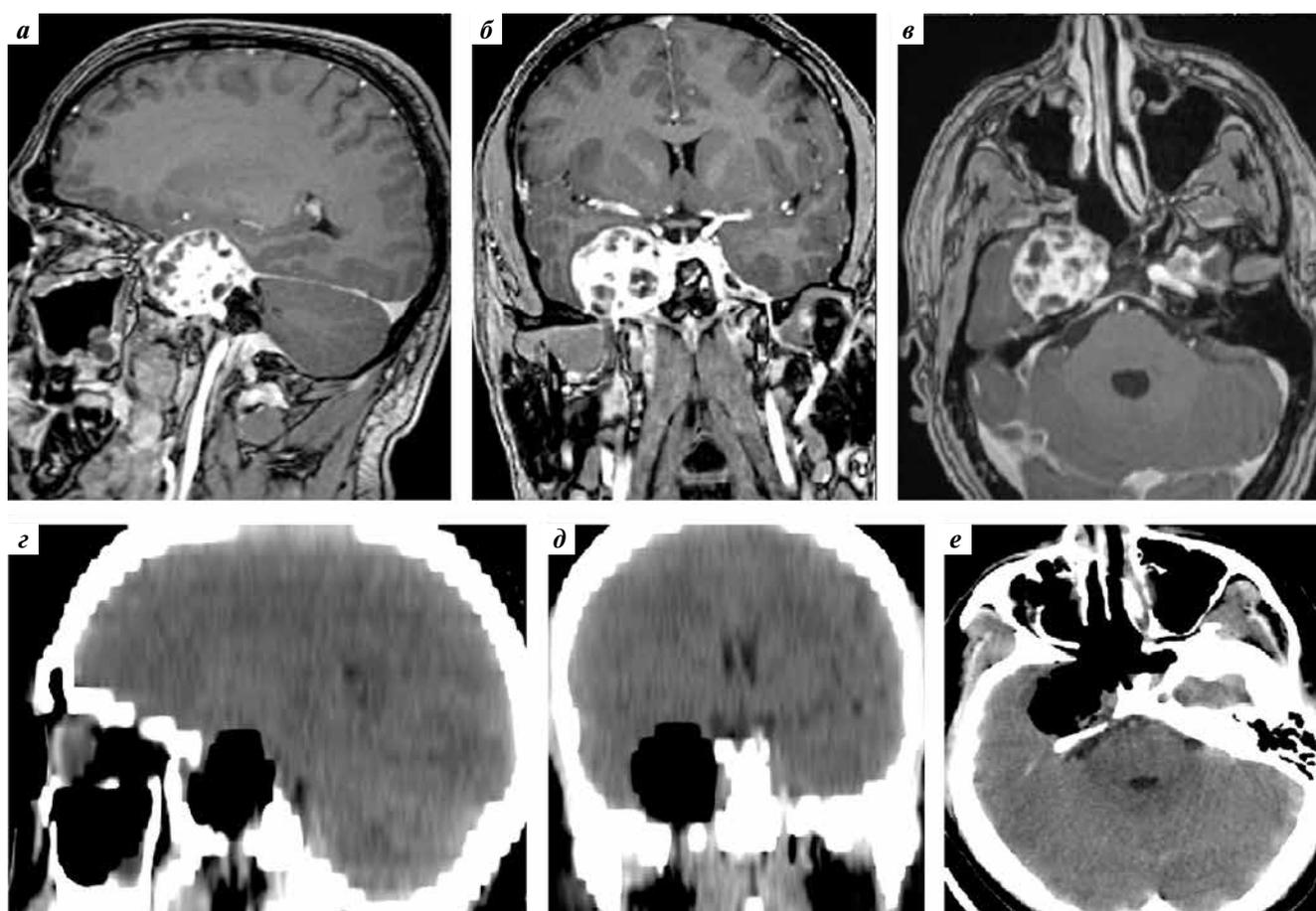


Рис. 1. Визуализационные исследования головного мозга пациента К. с невриномой правого кавернозного синуса, сагиттальная (а, г), фронтальная (б, д), аксиальная (в, е) проекции: а–в – магнитно-резонансная томография до операции. В клинической картине – краниальный болевой синдром; г–е – компьютерная томография сразу после эндоскопического трансназального удаления опухоли с интраоперационной идентификацией черепных нервов (V и VI справа). Подтверждено тотальное удаление опухоли. Без отрицательной динамики после операции

Fig. 1. Brain imaging of the patient K. with neurinoma of the cavernous sinus, sagittal (a, g), frontal (б, д), axial (в, е) projections: a–в – magnetic resonance imaging prior to surgery. Cranial pain syndrome in the clinical picture; г–е – computed tomography after endoscopic transnasal tumor resection with intraoperative identification of the cranial nerves (V and VI on the right). Total tumor resection was confirmed. No negative dynamics after surgery

Радикальность операций. В основной группе 12 из 15 хордом удалены тотально, 2 – субтотально, 1 – частично. У 5 пациентов с невриномами они удалены тотально (рис. 1), у 1 – субтотально. Менингиомы у обоих пациентов удалены субтотально. У 3 пациентов адено-

мы гипофиза удалены тотально, у 1 – субтотально (рис. 2). Холестеатома удалена частично. Хондросаркома у 1 пациента удалена тотально, у 1 – субтотально. В итоге тотального удаления опухоли в основной группе пациентов удалось достичь в 70 % случаев,

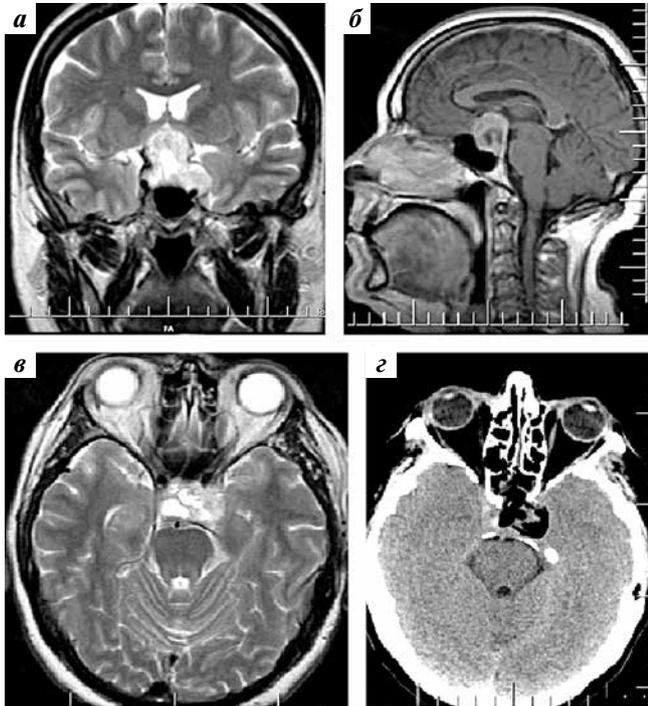


Рис. 2. Визуализационные исследования головного мозга пациента А. с эндосупралатеро (S) селлярной аденомой гипофиза: а–в – магнитно-резонансная томография до операции. В клинической картине – хиазмальный синдром; г – компьютерная томография сразу после эндоскопического трансназального удаления опухоли с интраоперационной идентификацией черепных нервов (III и VI слева). Подтверждено тотальное удаление опухоли. Без отрицательной динамики после операции

Fig. 2. Brain imaging of the patient A. with endo-supra-latero (S) sellar pituitary adenoma: а–в – magnetic resonance imaging prior to surgery. Chiasmatic syndrome in the clinical picture; г – computed tomography immediately after endoscopic transnasal tumor resection with intraoperative identification of the cranial nerves (III and VI on the left). Total tumor resection was confirmed. No negative dynamics after surgery

субтотального – в 20 %, частичного – в 10 %. При оценке влияния размеров и типа опухоли на радикальность операции статистически значимой взаимосвязи не выявлено ($p > 0,05$ для обоих параметров).

В контрольной группе у 7 из 20 пациентов с хордами произведено тотальное удаление, у 10 – субтотальное, у 3 – частичное. В 7 из 12 случаев аденомы гипофиза опухоли удалены тотально, в 5 – субтотально. У 1 пациента менингиома удалена тотально, у 5 – частично. Невриномы у обоих пациентов удалены тотально. Холестеатома удалена тотально. Хондросаркомы удалены в 1 случае тотально и в 1 случае субтотально.

В итоге тотального удаления опухоли удалось достичь в 19 (44,2 %) случаях, субтотального – в 16 (37,2 %), частичного – в 8 (18,6 %). При оценке влияния размеров и типа опухоли на радикальность операции статистически значимой взаимосвязи не выявлено ($p > 0,05$ для обоих параметров).

Несмотря на то что средний размер опухоли больше в основной группе, радикальность удаления опухоли также выше в основной группе (рис. 3) ($p = 0,03$).

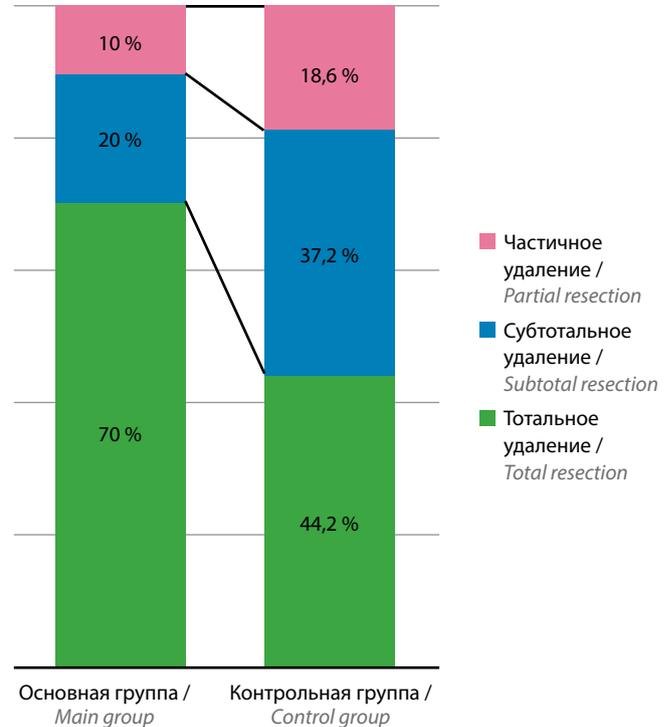


Рис. 3. Распределение пациентов основной и контрольной групп по степени радикальности удаления опухолей

Fig. 3. Distribution of the patients in the treatment and control groups per extent of tumor resection

Сравнение радикальности удаления опухолей по нозологиям представлено на рис. 4.

Динамика клинической картины и частота осложнений. В основной группе у 13 (43,4 %) пациентов в послеоперационном периоде наблюдалась положительная динамика, у 5 (16,6 %) – отрицательная (у 4 из них отмечено появление или нарастание пареза III или VI ЧН), у 12 (40 %) динамика симптомов отсутствовала.

У 11 из 13 пациентов с положительной динамикой клинической симптоматики выявлено улучшение функции двигательных ЧН, при этом у 8 из них отмечен полный или частичный регресс глазодвигательных нарушений (III и VI ЧН). Из них у 6 соответствующие ЧН были идентифицированы интраоперационно (табл. 2). У оставшихся 2 пациентов улучшилось зрение.

У 5 пациентов основной группы наблюдалась отрицательная динамика клинических симптомов. У 1 пациента (с аденомой гипофиза) отмечено усугубление хиазмального синдрома. В 1 случае развился парез VI ЧН у пациентки с невриномой V ЧН правого кавернозного синуса (ЧН не был идентифицирован интраоперационно). В послеоперационном периоде выявлена плегия иннервируемых им мышц, которая регрессировала на момент осмотра пациента через 3 мес после операции. В 1 случае зарегистрировано нарастание пареза III ЧН у пациента с невриномой правого кавернозного синуса, парез в течение 3 мес не регрессировал. Еще в 1 случае развился парез VI ЧН у пациентки с гигантской холестеатомой основания черепа, что,

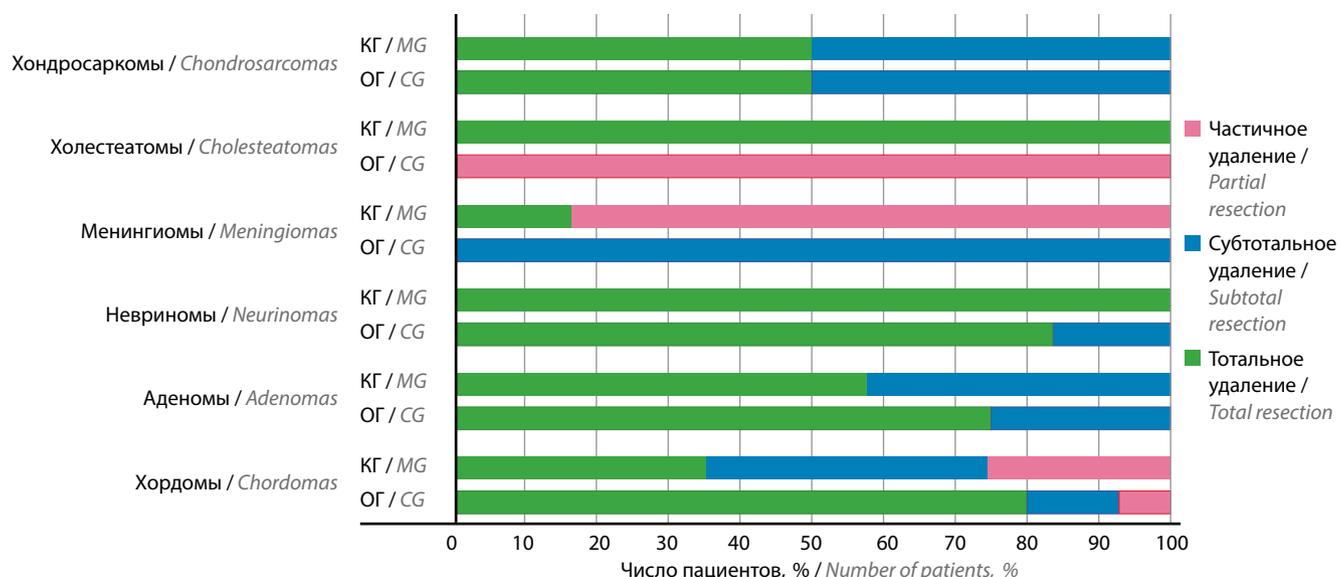


Рис. 4. Распределение пациентов основной (ОГ) и контрольной (КГ) групп по степени радикальности удаления и виду опухоли

Fig. 4. Distribution of the patients in the main group (MG) and control group (CG) per extent of resection and type of tumor

Таблица 2. Сила тока, потребовавшаяся для идентификации черепных нервов, и амплитуда М-ответа нервов, функция которых улучшилась после операции

Table 2. Current necessary for identification of the cranial nerves and M-response amplitude of the nerves with improved functioning after surgery

Пациент № Patient No.	Сила тока, мА Current, mA			Амплитуда М-ответа, мкВ M-response amplitude, μV		
	III ЧН CN III	V ЧН CN V	VI ЧН CN VI	III ЧН CN III	V ЧН CN V	VI ЧН CN VI
1	6	—	—	150	—	—
2	—	6	—	—	600	—
3	—	—	6	—	—	250
4	—	—	6	—	—	50
5	—	—	9	—	—	50
6	7	—	—	100	—	—

Примечание. ЧН – черепной нерв.
Note. CN – cranial nerve.

видимо, было связано с формированием рубцов после предыдущих операций. В 1 случае появился парез VI ЧН у пациентки с гигантской менингиомой петроклиальной локализации (табл. 3).

Таким образом, в 3 случаях парез развился впервые, в 1 случае усилился существовавший до операции парез двигательных ЧН. Общая частота ухудшения функции двигательных ЧН составила 13,3 %.

При помощи точного теста Фишера обнаружена взаимосвязь между типом опухоли и функцией двигательных ЧН, вовлеченных в патологический процесс, в сторону ухудшения ($p = 0,017$). В сторону улучшения подобной взаимосвязи не выявлено ($p > 0,05$). Взаимосвязи между размерами опухоли, радикальностью ее удаления и функцией вовлеченных в процесс двигательных ЧН не обнаружено ($p > 0,05$).

Таблица 3. Сила тока, потребовавшаяся для идентификации черепных нервов, и амплитуда М-ответа нервов, функция которых ухудшилась после операции

Table 3. Current necessary for identification of the cranial nerves and M-response amplitude of the nerves with worsened functioning after surgery

Пациент № Patient No.	Сила тока, мА Current, mA		Амплитуда М-ответа, мкВ M-response amplitude, μV	
	III ЧН CN III	VI ЧН CN VI	III ЧН CN III	VI ЧН CN VI
1	6	—	50	—
2	10	3	100	200
3	9	—	250	—

Примечание. ЧН – черепной нерв.
Note. CN – cranial nerve.

В контрольной группе у 8 (18,6 %) пациентов после операции отмечена положительная динамика клинической картины, у 18 (41,9 %) – отрицательная (у 1 пациента наблюдалась как положительная, так и отрицательная динамика), у 18 (41,9 %) динамика отсутствовала.

У 7 из 8 пациентов с положительной динамикой отмечен регресс нарушений функции двигательных ЧН. У 4 из них наблюдался полный или частичный регресс пареза VI ЧН. У 3 пациентов частично или полностью регрессировали бульбарные нарушения. Зрительные нарушения регрессировали у 1 пациента.

Из 18 пациентов с отрицательной динамикой у 17 после операции ухудшилась функция двигательных ЧН. Поражение глазодвигательных нервов выявлено у 6 пациентов, отводящих нервов – у 13 пациентов, из них у 2 – двухстороннее. У 3 пациентов зарегистрировано ухудшение функции V ЧН (в 1 случае двухстороннее). У 1 пациента после операции усилились бульбарные нарушения.

Таким образом, у 14 пациентов парез развился впервые, в 3 случаях усугубился существовавший до операции парез двигательных ЧН. Общая частота ухудшения функции двигательных ЧН после операции в контрольной группе составила 39,5 %.

При помощи точного теста Фишера обнаружена взаимосвязь между типом опухоли и функцией двигательных ЧН, вовлеченных в патологический процесс ($p = 0,017$). При этом взаимосвязи между радикальностью удаления опухоли, ее размерами и функцией двигательных ЧН не обнаружено ($p = 1$).

При сравнительном анализе установлено, что положительная динамика клинических симптомов чаще наблюдалась в основной группе (рис. 5).

Сравнительный анализ послеоперационной функции двигательных ЧН показал, что отрицательная динамика превалирует в контрольной группе, а положительная – в основной (рис. 6). Такие же результаты получены при сравнении послеоперационных исходов пациентов с поражением ЧН до операции (в основной группе таких пациентов 22, в контрольной 21) (рис. 7).

При помощи точного теста Фишера установлено, что частота ухудшения функции двигательных ЧН в основной группе статистически значимо ($p = 0,03$) меньше, чем в контрольной: 13 % против 37 % соответственно.

Статистически значимых различий в частоте улучшения функций двигательных ЧН в между группами не выявлено ($p = 0,08$), однако она выше в основной группе, чем в контрольной: 33 % против 14 % соответственно.

Частота рецидивов в катамнезе. Сбор катамнеза в основной группе продолжался от 3 до 56 мес. Частота рецидивов в основной группе составила 23,3 % (рецидив выявлен у 7 из 30 пациентов). У 3 (10 %) из них потребовалось повторное хирургическое вмешатель-

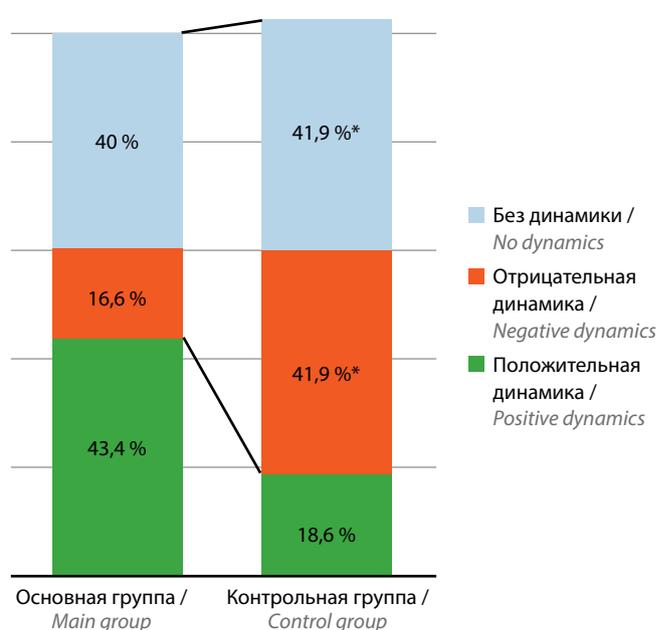


Рис. 5. Распределение пациентов основной и контрольной групп в зависимости от динамики клинических симптомов. *У 1 пациента наблюдалась как положительная, так и отрицательная динамика

Fig. 5. Distribution of the patients in the treatment and control groups depending on the dynamics of clinical symptoms. *1 patient had both positive and negative dynamics

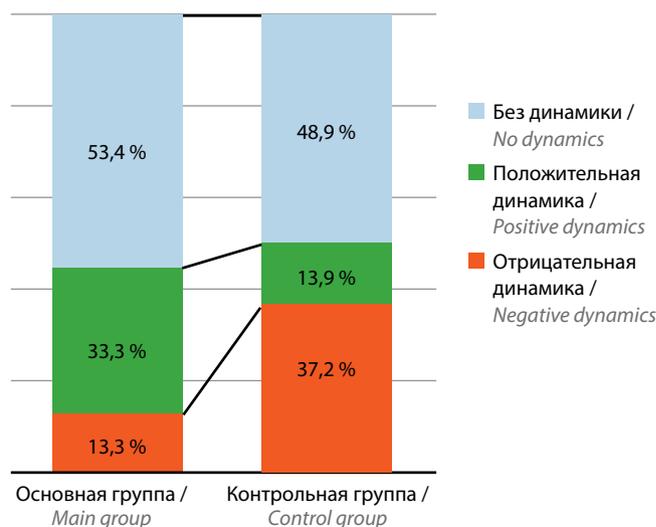


Рис. 6. Распределение пациентов основной и контрольной групп в зависимости от функции двигательных черепных нервов после операции

Fig. 6. Distribution of the patients in the treatment and control groups per motor cranial nerve functioning after surgery

ство. Ни для одного типа опухоли не обнаружено взаимосвязи между радикальностью удаления, размерами опухоли и рецидивом/продолженным ростом ($p > 0,05$ для каждой нозологической единицы).

В 23 (76,7 %) случаях динамики симптомов в катамнезе не наблюдалось. Они регрессировали по сравнению с ранним послеоперационным периодом у 2 (6,7 %) пациентов. В 1 случае симптомы усилились вследствие кровоизлияния в остатки опухоли.

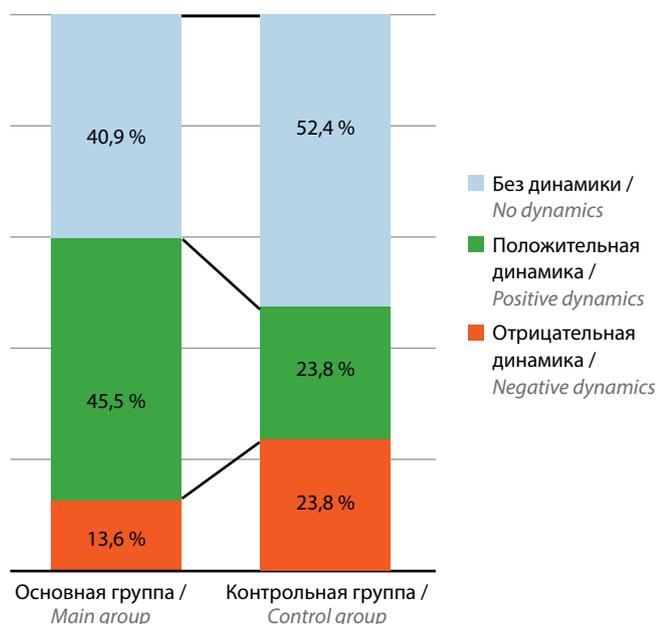


Рис. 7. Распределение пациентов основной и контрольной групп в зависимости от послеоперационной динамики функции двигательных черепных нервов, пораженных до операции

Fig. 7. Distribution of the patients in the treatment and control groups per postoperative dynamics of functioning of the motor cranial nerves affected prior to surgery

Катамнез в контрольной группе собран у всех пациентов на протяжении 3–45 мес. Частота рецидивов/продолженного роста в контрольной группе составила 16,7 % (у 7 из 43 пациентов). У 1 (2,3 %) из них потребовалось повторное хирургическое вмешательство. При анализе влияния радикальности удаления опухоли на развитие рецидива взаимосвязи не выявлено ($p > 0,05$ для каждой нозологической единицы).

У 6 пациентов с отрицательной динамикой функций двигательных ЧН в раннем послеоперационном периоде отмечен частичный ($n = 1$) и полный регресс ($n = 5$). В остальных 10 случаях динамики не было. У 3 пациентов в катамнестическом периоде на фоне лучевой терапии наблюдалось ухудшение функции двигательных ЧН (все пациенты с хордомиомами). Клиническая симптоматика регрессировала по сравнению с ранним послеоперационным периодом у 3 пациентов. В остальных случаях динамики симптомов не наблюдалось. Летальных исходов в контрольной группе не было.

В основной группе частота продолженного роста/рецидива опухоли оказалась выше, чем в контрольной: 23,3 % против 16,7 % соответственно, но различия не достигли уровня статистической значимости ($p > 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

В представленной работе мы оценили эффективность, безопасность и целесообразность использования триггерной электромиографии в эндоскопической трансназальной хирургии опухолей основания черепа.

Взаимосвязи между размерами опухоли, радикальностью ее удаления и послеоперационным состоянием вовлеченных в процесс двигательных ЧН не обнаружено ($p > 0,05$), что указывает на то, что в послеоперационном периоде ухудшение состояния двигательных ЧН может наступить **независимо** от предполагаемого типа опухоли, ее размеров и планируемого объема вмешательства (от частичного до тотального удаления) при распространении опухоли в кавернозный синус, область ската или в мостомозжечковый угол.

Послеоперационное ухудшение функций двигательных ЧН можно предотвратить при помощи нейрофизиологического мониторинга [64–68]. Данные научной литературы свидетельствуют о том, что в эндоскопической трансназальной хирургии частота ухудшения функций ЧН снижается до 18 % при использовании нейрофизиологического мониторинга [69–72]. Однако таких работ пока мало, что объясняет отсутствие единого мнения по вопросу о целесообразности применения указанного метода.

Для оценки эффективности метода мы сравнивали группы по таким характеристикам хирургического лечения, как радикальность удаления опухоли, динамика клинической симптоматики в послеоперационном периоде и частота продолженного роста/рецидива опухоли. Интраоперационно мы исследовали функциональную сохранность III, V, VI, VII, XII ЧН. После операций по поводу опухолей, распространяющихся в кавернозный синус, верхнюю глазничную щель и петрокливальную область, чаще всего наблюдается нарушение функции нервов, отвечающих за движения глаз [73–75]. Зачастую после подобных операций развивается диплопия, которая оказывает серьезное влияние на качество жизни больных из-за потери стереоскопического и установления монокулярного зрения [52, 64, 76]. Нарушение функции каудальной группы нервов приводит к развитию бульбарных нарушений, что также значительно ухудшает качество жизни пациентов [68, 77].

Сравнительный анализ показал, что радикальность удаления опухолей выше в основной группе в 1,6 раза (70 % против 44,2 %, $p = 0,03$), что говорит о положительном влиянии идентификации ЧН на этот параметр.

При анализе динамики неврологического статуса выявлено, что в основной и контрольной группах наиболее часто происходило ухудшение функции VI ЧН, что соответствует данным литературы [78, 79]. В основной группе в 3 случаях появились новые нарушения функций двигательных ЧН и в 1 случае усугубился существующий парез двигательного ЧН. Общая частота развития дефицита двигательных ЧН составила 13,3 %. Взаимосвязи между интраоперационной идентификацией ЧН и исходами (как улучшением, так и ухудшением) не обнаружено ($p > 0,05$), что указывает на безопасность метода при использовании силы тока ≤ 12 мА.

Применение идентификации ЧН в основной группе позволило в несколько раз снизить частоту послеоперационных осложнений: отрицательная динамика превалирует в контрольной группе (37,2 % против 13,3 %, $p = 0,03$), а положительная – в основной (37,3 % против 13,9 %, $p = 0,08$).

В основной группе в 3 случаях после операции выявлено ухудшение функции интраоперационно идентифицированных ЧН. При этом стоит отметить, что сила тока при их идентификации не была выше 10 мА, а амплитуда М-ответа не была минимальной (в среднем 150 мкВ).

Частота рецидива/продолженного роста оказалась статистически незначимо ($p > 0,05$) выше в основной группе (25,0 % против 16,7 %), несмотря на более высокую радикальность удаления опухолей именно в основной группе. В большинстве случаев (в 5 из 7) наблюдался продолженный рост хордом при удалении более 95 % объема опухоли. По нашему мнению, выявленная нами разница в частоте рецидива/продол-

женного роста связана с большей длительностью сбора катамнеза в основной группе (в среднем 24,9 мес против 14,9 мес в контрольной группе).

Таким образом, идентификация ЧН при эндоскопическом трансназальном удалении опухолей основания черепа, распространяющихся в область прохождения ЧН, позволила увеличить частоту радикального удаления опухолей с 44,2 % в контрольной группе до 70 % в основной группе и снизить частоту ухудшения функции двигательных ЧН после операции с 37,3 % в контрольной группе до 13,3 % в основной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование метода интраоперационной идентификации в эндоскопической трансназальной хирургии опухолей основания черепа может положительно влиять на радикальность удаления опухолей и сохранность функции ЧН в послеоперационном периоде.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Harper C.M. Intraoperative cranial nerve monitoring. *Muscle Nerve* 2004;29:339–51. DOI: 10.1002/mus.10506.
- Maurer J., Pelster H., Amedee R.G., Mann W.J. Intraoperative monitoring of motor cranial nerves in skull base surgery. *Skull Base* 1995;5:169–75. DOI: 10.1055/s-2008-1058931.
- Luong A., Citardi M.J., Batra P.S. Management of sinonasal malignant neoplasms: defining the role of endoscopy. *Am J Rhinol Allergy* 2010;24:150–5. DOI: 10.2500/ajra.2010.24.3451.
- Kim B.J., Kim D.W., Kim S.W. et al. Endoscopic versus traditional craniofacial resection for patients with sinonasal tumors involving the anterior skull base. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2008;1:148. DOI: 10.3342/ceo.2008.1.3.148.
- Nicolai P., Battaglia P., Bignami M. et al. Endoscopic surgery for malignant tumors of the sinonasal tract and adjacent skull base: a 10-year experience. *Am J Rhinol* 2008;22:308–16. DOI: 10.2500/ajr.2008.22.3170.
- Shipchandler T.Z., Batra P.S., Citardi M.J. et al. Outcomes for endoscopic resection of sinonasal squamous cell carcinoma. *Laryngoscope* 2005;115:1983–7. DOI: 10.1097/01.mlg.0000178330.09881.6b.
- Hanna E., DeMonte F., Ibrahim S. et al. Endoscopic resection of sinonasal cancers with and without craniotomy. *Arch Otolaryngol Neck Surg* 2009;135:1219. DOI: 10.1001/archoto.2009.173.
- Cook S.W., Smith Z., Kelly D.F. Endonasal transsphenoidal removal of tuberculum sellae meningiomas: technical note. *Neurosurgery* 2004;55:239–46. DOI: 10.1227/01.NEU.0000126952.51782.4D.
- Gardner P.A., Kassam A.B., Thomas A. et al. Endoscopic endonasal resection of anterior cranial base meningiomas. *Neurosurgery* 2008;63:36–54. DOI: 10.1227/01.NEU.0000335069.30319.1E.
- Jho H.D., Ha H.G. Endoscopic endonasal skull base surgery. Part 3. The clivus and posterior fossa. *Minim Invasive Neurosurg* 2004;47:16–23. DOI: 10.1055/s-2004-818347.
- Jho H.D., Ha H.G. Endoscopic endonasal skull base surgery. Part 1. The midline anterior fossa skull base. *Minim Invasive Neurosurg* 2004;47:1–8. DOI: 10.1055/s-2003-812538.
- Jho H.D., Ha H.G. Endoscopic endonasal skull base surgery. Part 2. The cavernous sinus. *Minim Invasive Neurosurg* 2004;47:9–15. DOI: 10.1055/s-2004-818346.
- Mahmoud M., Nader R., Al-Mefty O. Optic canal involvement in tuberculum sellae meningiomas: influence on approach, recurrence, and visual recovery. *Oper Neurosurg* 2010;67:108–19. DOI: 10.1227/01.NEU.0000383153.75695.24.
- Shkarubo A.N., Koval K.V., Chernov I.V. et al. Endoscopic endonasal transclival removal of tumors of the clivus and anterior region of the posterior cranial fossa (results of surgical treatment of 140 patients). *Chinese Neurosurg J* 2018;4:36. DOI: 10.1186/s41016-018-0144-5.
- Калинин П.Л., Фомичев Д.В., Чернов И.В. и др. Эндоскопическое эндо-
- назальное удаление питуицитом и онкоцитом. *Нейрохирургия* 2018;20(1):21–32. [Kalinin P.L., Fomichev D.V., Chernov I.V. et al. Endoscopic endonasal removal of pituitary and spindle cell oncocyctomas. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(1):21–32. (In Russ.)]. DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-1-21-32.
- Фомичев Д.В., Кутин М.А., Чернов И.В. и др. Транссфеноидальная хирургия супраселлярных менингиом – есть ли будущее у методики? *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2018;82(5):30–8. [Fomichev D.V., Kutin M.A., Chernov I.V. et al. Transsphenoidal surgery of suprasellar meningiomas – is there a future for the technique? *Zhurnal "Voprosy neurokhirurgii" im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2018;82(5):30–8. (In Russ.)]. DOI: 10.17116/neiro20188205130.
- Шарипов О.И., Кутин М.А., Пөлєв Г.А., Калинин П.Л. Латеральный расширенный транссфеноидальный эндоскопический доступ через крыловидно-небную ямку в хирургии менингоэнцефалоцеле бокового кармана клиновидной кости. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2018;82(5):96–103. [Sharipov O.I., Kutin M.A., Polev G.A., Kalinin P.L. Lateral extended transsphenoidal endoscopic approach through the pterygopalatine fossa in surgery for meningoencephalocele of the lateral

- sphenoid recess. Zhurnal "Voprosy neyrokhirurgii" im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery 2018;82(5):96–103. (In Russ.)). DOI: 10.17116/neiro20188205196.
18. Шкарубо А.Н., Коваль К.В., Кадашев Б.А. и др. Эндоскопический эндоназальный задний расширенный (трансклиальный) доступ к опухолям области ската черепа и вентральных отделов задней черепной ямки. Часть 3. Анализ результатов хирургического лечения 127 пациентов. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2018;82(3):15–28. [Shkarubo A.N., Koval K.V., Kadashev B.A. et al. Extended endoscopic endonasal posterior (transclival) approach to tumors of the clival region and ventral posterior cranial fossa. Part 3. Analysis of surgical treatment outcomes in 127 patients. Zhurnal "Voprosy neyrokhirurgii" im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery 2018;82(3):15–28. (In Russ.)]. DOI: 10.17116/neiro201882315.
 19. Cavallo L.M., Messina A., Gardner P. et al. Extended endoscopic endonasal approach to the pterygopalatine fossa: anatomical study and clinical considerations. Neurosurg Focus 2005;19:E5.
 20. Zhang Q.-H., Wang Z.-L., Guo H.-C. et al. Endoscopic approach to remove intra-extracranial tumors in various skull base regions. Chin Med J (Engl) 2017;130:2933–40. DOI: 10.4103/0366-6999.220306.
 21. Raza S.M., Amine M.A., Anand V., Schwartz T.H. Endoscopic endonasal resection of trigeminal schwannomas. Neurosurg Clin N Am 2015;26:473–9. DOI: 10.1016/j.nec.2015.03.010.
 22. Коновалов А.Н., Калинин П.Л., Шиманский В.Н. и др. Опыт хирургического лечения невринома тройничного нерва с одновременным распространением в среднюю и заднюю черепные ямки. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2014;78(5):23–32. [Konovalov A.N., Kalinin P.L., Shimansky V.N. et al. Experience of surgical management of trigeminal schwannomas that simultaneously spread to the middle and posterior cranial fossae. Zhurnal "Voprosy neyrokhirurgii" im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery 2014;78(5):23–32. (In Russ.)].
 23. Zoli M., Milanese L., Bonfatti R. et al. Clival chordomas: considerations after 16 years of endoscopic endonasal surgery. J Neurosurg 2018;128:329–38. DOI: 10.3171/2016.11.JNS162082.
 24. Yano S., Hide T., Shinojima N. et al. Endoscopic endonasal skull base approach for parasellar lesions: Initial experiences, results, efficacy, and complications. Surg Neurol Int 2014;5:51. DOI: 10.4103/2152-7806.130901.
 25. Gui S., Zong X., Wang X. et al. Classification and surgical approaches for transnasal endoscopic skull base chordoma resection: a 6-year experience with 161 cases. Neurosurg Rev 2016;39:321–33. DOI: 10.1007/s10143-015-0696-1.
 26. Shin M., Kondo K., Kin T. et al. Endoscopic transnasal interseptal approach for invasive clival tumors: development of an approach method regarding maximal preservation of the nasal anatomy. Neurol Med Chir (Tokyo) 2015;55:336–44. DOI: 10.2176/nmc.oa.2014-0280.
 27. Frank G., Sciarretta V., Calbucci F. et al. The endoscopic transnasal transsphenoidal approach for the treatment of cranial base chordomas and chondrosarcomas. Oper Neurosurg 2006;59:ONS-50-ONS-57. DOI: 10.1227/01.NEU.0000219914.17221.55.
 28. Stippler M., Gardner P.A., Snyderman C.H. et al. Endoscopic endonasal approach for clival chordomas. Neurosurgery 2009;64:268–78. DOI: 10.1227/01.NEU.0000338071.01241.E2.
 29. Shimony N., Gonen L., Shofty B. et al. Surgical resection of skull-base chordomas: experience in case selection for surgical approach according to anatomical compartments and review of the literature. Acta Neurochir (Wien) 2017;159:1835–45. DOI: 10.1007/s00701-016-3032-9.
 30. Khattar N., Koutourousiou M., Chabot J.D. et al. Endoscopic endonasal and transcranial surgery for microsurgical resection of ventral foramen magnum meningiomas: a preliminary experience. Oper Neurosurg 2018;14:503–14. DOI: 10.1093/ons/opx160.
 31. Beer-Furlan A., Vellutini E.A.S., Balsalobre L., Stamm A.C. Endoscopic endonasal approach to ventral posterior fossa meningiomas. Neurosurg Clin N Am 2015;26:413–26. DOI: 10.1016/j.nec.2015.03.006.
 32. Ansari S.F., Terry C., Cohen-Gadol A.A. Surgery for vestibular schwannomas: a systematic review of complications by approach. Neurosurg Focus 2012;33:E14. DOI: 10.3171/2012.6.FOCUS12163.
 33. Möller A.R. Practical aspects of monitoring cranial motor nerves. In: Intraoperative neurophysiological monitoring. New York: Springer, 2011. Pp. 235–258. DOI: 10.1007/978-1-4419-7436-5_11.
 34. Möller A.R. Neurophysiological monitoring in cranial nerve surgery. Neurosurg Q 1995;5:55–72. DOI: 10.1097/00013414-199503000-00004.
 35. Benecke J.E., Calder H.B., Chadwick G. Facial nerve monitoring during acoustic neuroma removal. Laryngoscope 1987;97:697–700. DOI: 10.1288/00005537-198706000-00009.
 36. Щекутев Г.А., Коновалов А.Н., Лукьянов В.И. Идентификация и слежение за состоянием лицевого нерва во время удаления опухоли мостомозжечкового угла. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 1998;(3):19–24. [Shchekutjev G.A., Konovalov A.N., Lukyanov V.I. et al. Identification and monitoring of the facial nerve function during removal of tumors of the cerebellar angle. Zhurnal "Voprosy neyrokhirurgii" im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery 1998;(3):19–24. (In Russ.)].
 37. Каннингем Д.Л. Механизмы целого мозга. М.: Издательство иностранной литературы, 1963. С. 250–259. [Cunningham D.L. Mechanisms of the whole brain. Moscow: Izdatelstvo inostrannoy literatury, 1963. Pp. 250–259.
 38. Согомонян С.А., Щекутев Г.А., Лукьянов В.И. Мониторинг движений глаз при хирургическом вмешательстве на стволе и парастволовых структурах мозга. Анестезиология и реаниматология 1996;(2):44–6. [Sogomonyan S.A., Shchekutjev G.A., Lukyanov V.I. Monitoring of eye movements during surgical interventions on the brain stem and parastolic structures. Anesteziology i reanimatologiya = Anesthesiology and Resuscitation 1996;(2):44–6. (In Russ.)].
 39. Черкаев В.А., Щекутев Г.А., Огурцова А.А. и др. Интраоперационная идентификация глазодвигательного, блокового и отводящего нервов в хирургии инфильтративных краниорбитальных опухолей (новая методика). Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2010;(3):31–7. [Cherekaev V.A., Shchekutjev G.A., Ogurtsova A.A. et al. Intraoperative identification of oculomotor, trochlear and abducent nerves in surgery of invasive craniorbital tumors (new technique). Zhurnal "Voprosy neyrokhirurgii" im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery 2010;(3):31–7. (In Russ.)].
 40. Waniuchi M., Fukushima T., Zomordi A.R. et al. Trigeminal schwannomas: skull base approaches and operative results in 105 patients. Oper Neurosurg 2012;70:132–44. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31822efb21.
 41. Goel A., Muzumdar D., Raman C. Trigeminal neuroma: analysis of surgical experience with 73 cases. Neurosurgery 2003;52:783–90. DOI: 10.1227/01.NEU.0000053365.05795.03.
 42. Konovalov A.N., Spallone A., Mukhamedjanov D.J. et al. Trigeminal neurinomas. A series of 111 surgical cases from a single institution. Acta Neurochir (Wien) 1996;138:1027–35. DOI: 10.1007/bf01412304.
 43. Goel A., Nadkarni T. Basal lateral subtemporal approach for trigeminal neurinomas: report of an experience with 18 cases. Acta Neurochir (Wien) 1999;141:711–9. DOI: 10.1007/s007010050366.
 44. Carrabba G., Dehdashti A.R., Gentili F. Surgery for clival lesions: open resection versus the expanded endoscopic endonasal approach. Neurosurg Focus 2008;25:E7. DOI: 10.3171/FOC.2008.25.12.E7.
 45. Samii A., Gerganov V.M., Herold C. et al. Chordomas of the skull base: surgical

- management and outcome. *J Neurosurg* 2007;107:319–24. DOI: 10.3171/JNS-07/08/0319.
46. Tamura T., Sato T., Kishida Y. et al. Outcome of clival chordomas after skull base surgeries with mean follow-up of 10 years. *Fukushima J Med Sci* 2015;61:131–40. DOI: 10.5387/fms.2015-12.
47. Sekhar L.N., Pranatartiharan R., Chanda A., Wright D.C. Chordomas and chondrosarcomas of the skull base: results and complications of surgical management. *Neurosurg Focus* 2001;10:E2. DOI: 10.3171/foc.2001.10.3.3.
48. Xiao X., Zhang L., Wu Z. et al. Surgical resection of large and giant petroclival meningiomas via a modified anterior transpetrosal approach. *Neurosurg Rev* 2013;36:587–94. DOI: 10.1007/s10143-013-0484-8.
49. Little K.M., Friedman A.H., Sampson J.H. et al. Surgical management of petroclival meningiomas: defining resection goals based on risk of neurological morbidity and tumor recurrence rates in 137 patients. *Neurosurgery* 2005;56:546–59. DOI: 10.1227/01.NEU.0000153906.12640.62.
50. Goel A., Desai K., Muzumdar D. Surgery on anterior foramen magnum meningiomas using a conventional posterior suboccipital approach: a report on an experience with 17 cases. *Neurosurgery* 2001;49:102–7. DOI: 10.1097/00006123-200107000-00016.
51. Sekhar L.N., Möller A.R. Operative management of tumors involving the cavernous sinus. *J Neurosurg* 1986;64:879–89. DOI: 10.3171/jns.1986.64.6.0879.
52. Sekiya T., Natayama T., Iwabuchi T., Maeda S. Intraoperative recordings of evoked extraocular muscle activities to monitor ocular motor nerve function. *Neurosurgery* 1993;32:227–35. DOI: 10.1227/00006123-199302000-00012.
53. Schlake H.P., Goldbrunner R., Siebert M. et al. Intra-operative electromyographic monitoring of extra-ocular motor nerves (nn. III, VI) in skull base surgery. *Acta Neurochir* 2001;143:251–61.
54. Шиманский В.Н., Шевченко К.В., Танышин С.В. и др. Послеоперационные исходы функции лицевого нерва в зависимости от топографии невриномы слухового нерва. *Сибирское медицинское обозрение* 2017;(6):104–9. [Shimansky V.N., Shevchenko K.V., Tanyashin S.V. et al. Postoperative outputs in function of the facial nerve depending on topography of auditory nerve neurinoma. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie = Siberian Medical Review* 2017;(6):104–9. (In Russ.)].
55. Калинин П.Л., Кадашев Б.А., Фомичев Д.В. и др. Хирургическое лечение аденом гипофиза. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2017;81(1):95–107. [Kalinin P.L., Kadashev B.A., Fomichev D.V. et al. Surgical treatment for pituitary adenomas. *Zhurnal “Voprosy neyrokhirurgii” im. N.N. Burdenko = Burdenko’s Journal of Neurosurgery* 2017;81(1):95–107. (In Russ.)].
56. Калинин П.Л., Фомичев Д.В., Кутин М.А. и др. Эндоскопическая эндоназальная хирургия аденом гипофиза (опыт 1700 операций). *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2012;76(3):26–33. [Kalinin P.L., Fomichev D.V., Kutin M.A. et al. Endoscopic endonasal surgery of pituitary adenomas (experience of 1700 operations). *Zhurnal “Voprosy neyrokhirurgii” im. N.N. Burdenko = Burdenko’s Journal of Neurosurgery* 2012;76(3):26–33. (In Russ.)].
57. Калинин П.Л., Кутин М.А., Фомичев Д.В. Наш опыт освоения современной эндоскопической трансназальной хирургии патологии хиазмально-селлярной области. *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии* 2017;(12):41–4. [Kalinin P.L., Kutin M.A., Fomichev D.V. Our experience in mastering modern endoscopic transnasal surgery of chiasmatal pathology. *Vestnik neurologii, psikiatrii i neyrokhirurgii = Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery* 2017;(12):41–4. (In Russ.)].
58. Калинин П.Л., Кутин М.А., Фомичев Д.В. Эндоскопическая трансфеноидальная хирургия. М.: Шико, 2017. [Kalinin P.L., Kutin M.A., Fomichev D.V. *Endoscopic transsphenoidal surgery*. Moscow: Shiko, 2017. (In Russ.)].
59. Калинин П.Л., Кутин М.А., Фомичев Д.В. и др. Анатомия латерального расширенного трансфеноидального эндоскопического эндоназального доступа. *Эндоскопическая хирургия* 2017;23(3):28–31. [Kalinin P.L., Sharipov O.I., Kutin M.A. et al. Anatomical features of lateral extended transsphenoidal endoscopic endonasal approach. *Endoskopicheskaya khirurgiya = Endoscopic Surgery* 2017;23(3):28–31. (In Russ.)]. DOI: 10.17116/endoskop201723328-31.
60. Калинин П.Л., Кутин М.А., Фомичев Д.В. и др. Пластика операционных дефектов центральных отделов основания черепа в хирургии опухолей хиазмально-селлярной области. *Нейрохирургия* 2018;20(3):104–10. [Kalinin P.L., Kutin M.A., Fomichev D.V. et al. Reconstruction of central skull base defects after the removal of chiasmossal tumors. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(3):104–10. (In Russ.)]. DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-3-104-110.
61. Калинин П.Л., Фомичев Д.В., Кутин М.А. и др. Передний расширенный трансфеноидальный эндоскопический эндоназальный доступ в хирургии краниофарингиом. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2013;77(3):13–20. [Kalinin P.L., Fomichev D.V., Kutin M.A. et al. Endoscopic endonasal anterior extended transsphenoidal approach in craniopharyngioma surgery. *Zhurnal “Voprosy neyrokhirurgii” im. N.N. Burdenko = Burdenko’s Journal of Neurosurgery* 2013;77(3):13–20. (In Russ.)].
62. Cavallo L.M., Messina A., Cappabianca P. et al. Endoscopic endonasal surgery of the midline skull base: anatomical study and clinical considerations. *Neurosurg Focus* 2005;19:E2.
63. Frank G., Pasquini E. Endoscopic endonasal approaches to the cavernous sinus: surgical approaches. *Neurosurgery* 2002;50:675–5. DOI: 10.1097/00006123-200203000-00059.
64. Schlake H.P., Goldbrunner R.H., Milewski C. et al. Intra-operative electromyographic monitoring of the lower cranial motor nerves (LCN IX–XII) in skull base surgery. *Clin Neurol Neurosurg* 2001;103:72–82. DOI: 10.1016/s0303-8467(01)00115-9.
65. Thirumala P., Lai D., Engh J. et al. Predictive value of somatosensory evoked potential monitoring during resection of intraparenchymal and intraventricular tumors using an endoscopic port. *J Clin Neurol* 2013;9:244. DOI: 10.3988/jcn.2013.9.4.244.
66. Romstöck J., Strauss C., Fahlbusch R. Continuous electromyography monitoring of motor cranial nerves during cerebello-pontine angle surgery. *J Neurosurg* 2000;93:586–93. DOI: 10.3171/jns.2000.93.4.0586.
67. Thirumala P.D., Kassam A.B., Habeych M. et al. Somatosensory evoked potential monitoring during endoscopic endonasal approach to skull base surgery: analysis of observed changes. *Oper Neurosurg* 2011;69:64–76. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31821606e4.
68. Thirumala P.D., Kodavatiganti H.S., Habeych M. et al. Value of multimodality monitoring using brainstem auditory evoked potentials and somatosensory evoked potentials in endoscopic endonasal surgery. *Neurol Res* 2013;35:622–30. DOI: 10.1179/1743132813Y.0000000174.
69. Thirumala P., Mohanraj S., Habeych M. et al. Value of free-run electromyographic monitoring of lower cranial nerves in endoscopic endonasal approach to skull base surgeries. *J Neurol Surg Part B Skull Base* 2012;73:236–44. DOI: 10.1055/s-0032-1312712.
70. Elangovan C., Singh S.P., Gardner P. et al. Intraoperative neurophysiological monitoring during endoscopic endonasal surgery for pediatric skull base tumors. *J Neurosurg Pediatr* 2016;17:147–55. DOI: 10.3171/2015.7.PEDS14403.
71. Thirumala P., Mohanraj S., Habeych M. et al. Value of free-run electromyographic

- monitoring of extraocular cranial nerves during expanded endonasal surgery (EES) of the skull base. *J Neurol Surg Reports* 2013;74:43–50. DOI: 10.1055/s-0033-1346975.
72. San-juan D., Barges-Coll J., Gómez Amador J.L. et al. Intraoperative monitoring of the abducens nerve in extended endonasal endoscopic approach: a pilot study technical report. *J Electromyogr Kinesiol* 2014;24:558–64. DOI: 10.1016/j.jelekin.2014.04.001.
73. Gao D., Fei Z., Jiang X. et al. The microsurgical treatment of cranio-orbital tumors assisted by intraoperative electrophysiologic monitoring and neuronavigation. *Clin Neurol Neurosurg* 2012;114:891–6. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.01.050.
74. López J.R. Neurophysiologic intraoperative monitoring of the oculomotor, trochlear, and abducens nerves. *J Clin Neurophysiol* 2011;28:543–50. DOI: 10.1097/WNP.0b013e31823da47e.
75. Eisner W., Fiegele T. Neuromonitoring in central skull base surgery. In: *Cavernous sinus*. Vienna: Springer, 2009. Pp. 89–104. DOI: 10.1007/978-3-211-72138-4_7.
76. Møller A.R. Intraoperative neurophysiological monitoring. Totowa: Humana Press, 2006.
77. Morera V.A., Fernandez-Miranda J.C., Prevedello D.M. et al. “Far-Medial” expanded endonasal approach to the inferior third of the clivus. *Oper Neurosurg* 2010;66:211–20. DOI: 10.1227/01.NEU.0000369926.01891.5D.
78. Kawaguchi M., Ohnishi H., Sakamoto T. et al. Intraoperative electrophysiologic monitoring of cranial motor nerves in skull base surgery. *Surg Neurol* 1995;43:177–81. DOI: 10.1016/0090-3019(95)80131-y.
79. Sekiya T., Hatayama T., Iwabuchi T., Maeda S. A ring electrode to record extraocular muscle activities during skull base surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 1992;117:66–9. DOI: 10.1007/bf01400639.

Вклад авторов

А.Н. Шкарубо: разработка дизайна исследования, проведение операций, получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста статьи;

И.В. Чернов: разработка дизайна исследования, проведение операций, получение данных для анализа, анализ полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

А.А. Огурцова, Д.Н. Андреев, Ю.В. Струнина, Г.В. Данилов: получение данных для анализа, анализ полученных данных;

Authors' contributions

A.N. Shkarubo: developing the research design, performing surgery, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing;

I.V. Chernov: developing the research design, performing surgery, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, reviewing of publications on the article's theme, article writing;

A.A. Ogurtsova, D.N. Andreev, Yu.V. Strunina, G.V. Danilov: obtaining data for analysis, analysis of the obtained data.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.Н. Шкарубо / A.N. Shkarubo: <https://orcid.org/0000-0003-3445-3115>

И.В. Чернов / I.V. Chernov: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>

А.А. Огурцова / A.A. Ogurtsova: <https://orcid.org/0000-0003-3595-2696>

Д.Н. Андреев / D.N. Andreev: <https://orcid.org/0000-0001-5473-4905>

Ю.В. Струнина / Yu.V. Strunina: <https://orcid.org/0000-0001-5010-6661>

Г.В. Данилов / G.V. Danilov: <https://orcid.org/0000-0003-1442-5993>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен этическим комитетом ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery.

All patients gave written informed consent to participate in the study.