

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛИЦЕВОГО НЕРВА В ХИРУРГИИ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ ШВАННОМ: ОПЫТ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ ИМ. А.И. БУРНАЗЯНА ФМБА РОССИИ

В. В. Ковалев, М. С. Семенов, И. В. Цымбал, Е. В. Бриль, Л. Т. Лепсверидзе, К. О. Исаев

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства; Россия, 123098 Москва, ул. Маршала Новикова, 23

Контакты: Владислав Викторович Ковалев sh4792@mail.ru

Введение. Большие вестибулярные шванномы в процессе роста способны не только изменять анатомию и структуру лицевого нерва, но и вовлекать его в состав собственной капсулы на значительном протяжении. Несмотря на развитие современных нейрохирургических методик и достижения в области микроскопии, часто в ходе выделения лицевого нерва не удается избежать нарушения его целостности, что сопряжено с развитием пареза лицевой мускулатуры в послеоперационном периоде. Применение интраоперационного нейрофизиологического мониторинга в хирургии вестибулярных шванном призвано решить следующие задачи: идентификация невральных структур, своевременное обнаружение признаков их поражения и предотвращение ятрогенного неврологического дефицита.

Цель работы – проанализировать результаты микрохирургического удаления вестибулярных шванном с применением интраоперационного нейрофизиологического мониторинга.

Материалы и методы. Проанализирована серия клинических наблюдений пациентов, перенесших микрохирургическое удаление спорадических вестибулярных шванном с использованием субокципитального ретросигмовидного трансмеатального доступа под контролем мультимодального интраоперационного нейрофизиологического мониторинга. Неврологическую оценку функции лицевого нерва проводили в раннем послеоперационном периоде и через 3 мес после хирургического лечения с применением шкалы Хауса–Бракманна.

Результаты. Собраны послеоперационные результаты хирургического лечения 11 пациентов. Согласно неврологической оценке в раннем послеоперационном периоде, в 5 случаях результат расценен как успешный, в 3 случаях – как удовлетворительный, в 3 случаях – как плохой (степень V по шкале Хауса–Бракманна). У всех пациентов применение методики прямой монополярной стимуляции позволило с высокой точностью идентифицировать расположение и траекторию лицевого нерва. В 2 случаях опухоль была удалена субтотально ввиду появления нейрофизиологических предикторов дисфункции лицевого нерва.

Заключение. Применение мультимодального нейрофизиологического мониторинга при удалении больших вестибулярных шванном способно сделать оперативное лечение более контролируемым и тем самым косвенно повлиять на функциональные исходы.

Ключевые слова: вестибулярная шваннома, лицевой нерв, интраоперационный нейрофизиологический мониторинг, прямая электростимуляция, спонтанная электромиография покоя, моторные вызванные потенциалы

Для цитирования: Ковалев В. В., Семенов М. С., Цымбал И. В. и др. Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг лицевого нерва в хирургии вестибулярных шванном: опыт ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Нейрохирургия 2024;26(4):94–101.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-4-94-101>

Intraoperative neurophysiological monitoring of facial nerve in vestibular schwannoma surgery: experience of the Burnasian Federal Medical Biophysical Center

V.V. Kovalev, M.S. Semenov, I.V. Tsybal, E.V. Bril', L.T. Lepsveridze, K.O. Isaev

A.I. Burnasian Federal Medical Biophysical Center, Federal Medical Biological Agency; 23 Marshala Novikova St., Moscow 123098, Russia

Contacts: Vladislav Viktorovich Kovalev sh4792@mail.ru

Background. Large vestibular schwannomas can not only change the anatomy and structure of the facial nerve in the process of growth, but also encapsulate it over a considerable length. Despite the development of modern neurosurgical techniques and achievements in the field of microscopy, it is often impossible to avoid damage to its integrity during the separation of the facial nerve, which is associated with the development of paresis of the facial muscles in the postoperative period. The use of intraoperative neurophysiological monitoring in surgery for vestibular schwannomas pursues the following tasks: identification of neural structures, timely detection of signs of their damage, and prevention of iatrogenic neurological deficit.

Aim. To analyze the results of microsurgical removal of vestibular schwannomas using intraoperative neurophysiological monitoring.

Materials and methods. A series of clinical cases of patients who underwent microsurgical removal of sporadic vestibular schwannomas using suboccipital retrosigmoid transmeatal access under the control of multimodal intraoperative neurophysiological monitoring is presented. Neurological assessment of the facial nerve function was carried out in the early postoperative period and 3 months after surgical treatment using the House–Brackmann scale.

Results. Postoperative results of surgical treatment were collected in 11 patients. According to the results of the neurological assessment in the early postoperative period, the result was regarded as successful in 5 cases, satisfactory in 3 cases, and poor in 3 cases (grade V on the House–Brackmann scale). The use of direct monopolar stimulation technique made it possible to identify the location and course of the facial nerve with high accuracy in all patients. In 2 cases, the tumor was resected subtotally due to the appearance of neurophysiological predictors of facial nerve dysfunction.

Conclusion. The use of multimodal neurophysiological monitoring when removing large vestibular schwannomas can make surgical treatment more controllable and thus indirectly affect functional outcomes.

Keywords: vestibular schwannoma, facial nerve, intraoperative neurophysiological monitoring, direct electrical stimulation, free-run electromyography, motor evoked potentials

For citation: Kovalev V.V., Semenov M.S., Tsybal I.V. et al. Intraoperative neurophysiological monitoring of facial nerve in vestibular schwannoma surgery: experience of the Burnasian Federal Medical Biophysical Center. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(4):94–101. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-4-94-101>

ВВЕДЕНИЕ

Большие вестибулярные шванномы в процессе роста способны не только изменять анатомию и структуру лицевого нерва, но и вовлекать его в состав собственной капсулы на значительном протяжении. Несмотря на развитие современных нейрохирургических методик и достижения в области микроскопии, часто в ходе выделения лицевого нерва не удается избежать нарушения его целостности.

Одним из распространенных осложнений микрохирургического удаления вестибулярных шванном является парез мимической мускулатуры. Большие по размеру опухоли (IV стадия по классификации Koos) ассоциированы с более высоким риском послеоперационной дисфункции лицевого нерва, а по данным R.J. Wiet и соавт. этот риск выше в 6 раз [1, 2]. Особое клиническое значение имеет усугубление пареза до IV степени по классификации Хауса–Бракманна, характеризующееся невозможностью полного смыкания века [3], что в совокупности с нарушением вегетативной иннервации слезной железы способно привести к изъязвлению роговицы и слепоте [4]. В работе M. Samii и соавт. показано, что повреждение ствола лицевого нерва в ходе операции встречается крайне редко, однако его видимая анатомическая целостность не всегда гарантирует отсутствие функциональных нарушений в послеоперационном периоде [5]. Данное

явление, вероятнее всего, связано с кумулятивным микроструктурным повреждением за счет длительного физического воздействия в ходе оперативного вмешательства (механическая тракция, вибрация, тепловое и направленное ультразвуковое воздействие).

Основные задачи интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ИОНМ) в хирургии вестибулярных шванном — лоцирование основного ствола лицевого нерва или его частей, контроль их функции в ходе операции, своевременное обнаружение признаков их поражения и предотвращение ятрогенного неврологического дефицита.

Цель работы — проанализировать результаты микрохирургического удаления вестибулярных шванном с применением ИОНМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работу были включены пациенты, перенесшие микрохирургическое удаление спорадических вестибулярных шванном с использованием субокципитального ретросигмовидного трансмеатального доступа под контролем ИОНМ в период с 2021 по 2022 г. в ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна.

Оценка функционального статуса. Оценку неврологического статуса проводили при поступлении в стационар, в раннем послеоперационном периоде, а также спустя 3 мес после лечения. Для оценки функции лицевого

нерва использовали шкалу Хауса–Бракманна (House–Brackmann Scale). Успешным считали результат 1–2 балла, удовлетворительным – 3 балла, к плохим исходам относили оценку 4–6 баллов. Сразу после экстубации всем пациентам проводили скрининговое тестирование функции глотания с «трехглотковой пробой» в качестве маркера дисфункции нервов каудальной группы.

Нейровизуализация. Для оценки размеров опухоли использовали магнитно-резонансную томографию в режимах T1- и T2-взвешенных изображений, а также в режиме T1 после введения внутривенного контрастного препарата. Максимальный диаметр измеряли на аксиальных срезах на уровне мостомозжечкового угла. Также выполняли мультиспиральную компьютерную томографию для получения информации о взаимоотношении невралных структур и внутреннего слухового прохода, расположении его задней стенки по отношению к лабиринту, а также для оценки расположения луковицы яремной вены по высоте.

Нейрофизиология. Для проведения ИОНМ использовали модульную систему NIM-Eclipse NS (Medtronic, Ирландия). Запись моторных ответов осуществляли с мышц лица и туловища на стороне образования при помощи парных игольчатых электродов. Регистрацию электромиографии (ЭМГ) вели со следующих групп мышц: круговая мышца глаза (*m. orbicularis oculi* – VII n. *facialis*), круговая мышца рта (*m. orbicularis*



Рис. 1. Расположение электродов для регистрации спонтанной и стимуляционной электромиографии (ЭМГ): 1 – круговая мышца глаза (VII n. *facialis*); 2 – круговая мышца рта (VII n. *facialis*); 3 – жевательная мышца V n. *trigeminis*; 4 – трапецевидная мышца (XI n. *accessories*); 5 – небно-язычная мышца (IX n. *glossopharyngeus*); 6 – референтный электрод для стимуляционной ЭМГ

Fig. 1. Location of electrodes for recording free-running and triggered electromyography (EMG): 1 – *m. orbicularis oculi* (VII n. *facialis*); 2 – *m. orbicularis oris* (VII n. *facialis*); *m. masseter* (V n. *trigeminis*); 4 – *m. trapezius* (XI n. *accessories*); 5 – *m. palatoglossus* (IX n. *glossopharyngeus*); 6 – reference electrode for triggered EMG

oris – VII n. *facialis*), жевательная мышца (*m. masseter* – V n. *trigeminis*), верхний пучок трапецевидной мышцы (*m. trapezius* – XI n. *accessorius*), небно-язычная мышца (*m. palatoglossus* – IX n. *glossopharyngeus*) (рис. 1). Электроды для стимуляции моторной коры устанавливались в проекции прецентральной извилины в точках C3, C4/Cz (в соответствии с международной системой размещения электродов «10–20 %»). С целью первичной локализации лицевого нерва применяли преимущественно монополярную стимуляцию с частотой 3 Гц и шириной прямоугольного импульса 50–100 мкс. Для увеличения чувствительности метода обнаружения на начальных этапах устанавливали более высокую силу тока (0,5–0,7 мА), которую в последующем постепенно уменьшали до 0,1 мА. В тех случаях, когда регистрировались ответы с мышц, иннервируемых разными группами нервов (например, жевательной и мимической мускулатуры), также использовали биполярную стимуляцию со сходными параметрами, чтобы увеличить специфичность получаемых ответов (рис. 2). Весь ход операции сопровождался оценкой спонтанной активности. В случае регистрации повторяющихся нейротонических разрядов любые манипуляции прекращали, после чего хирургическую тактику корректировали.

Микрохирургия. Пациент располагался на операционном столе в положении “park bench”. Линейный кожный разрез проводили на 2,5 см медиальнее сосцевидного отростка. Трефинационное отверстие накладывали в области перехода поперечного синуса в сигмовидный. Средний размер костного лоскута составлял 2,5 × 3,5 см. Твердую мозговую оболочку вскрывали дугообразно, основанием к сосцевидному отростку. Края оболочки подшивали к окружающим тканям. Используя ретракцию мозжечка, проводили вскрытие мостомозжечковой цистерны, благодаря чему достигались достаточная релаксация мозжечка и обзор структур мостомозжечкового угла. Постоянную ретракцию шпатель не использовали. Визуализировав ткань опухоли, осуществляли регистрацию «базовой линии» для кортикобульбарных моторных вызванных потенциалов (КБ-МВП), амплитуда которой в последующем выступала в качестве контроля (рис. 3). Затем проводили первичное лоцирование лицевого нерва методом прямой стимуляции, предполагая, что его проекции соответствует область максимального ответа с минимальной силой тока.

Инициацию удаления осуществляли путем микродиссекции ткани образования от каудальной группы черепно-мозговых нервов. При максимальном размере опухоли >3 см на следующем этапе первично проводили ее «дебалкинг», и после этого осуществляли доступ к интрамеатальной части опухоли путем сверления задней стенки внутреннего слухового прохода высокочастотным бором с алмазным наконечником (объем трепанации рассчитывали по размеру интраканаликулярной части

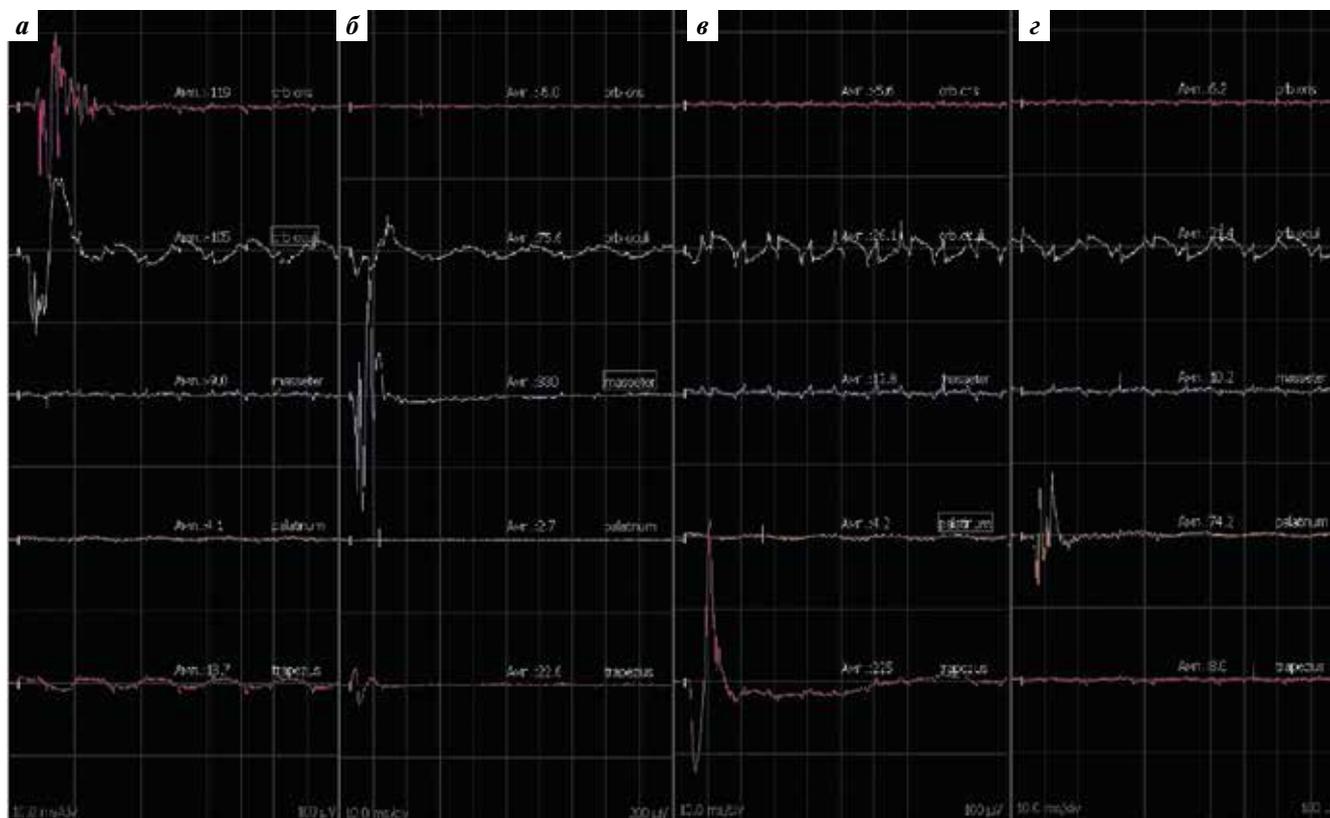


Рис. 2. Регистрация моторных ответов на осциллографе: а – круговая мышца рта и глаза (VII n. facialis); б – жевательная мышца (V n. trigeminis); в – трапецевидная мышца (XI n. accessorius); г – небно-язычная мышца (IX n. glossopharyngeus)

Fig. 2. Registration of compound muscle action potentials on an oscilloscope: а – m. orbicularis oris et oculi (VII n. facialis); б – m. masseter (V n. trigeminis); в – m. trapezius (XI n. accessorius); г – m. palatoglossus (IX n. glossopharyngeus)

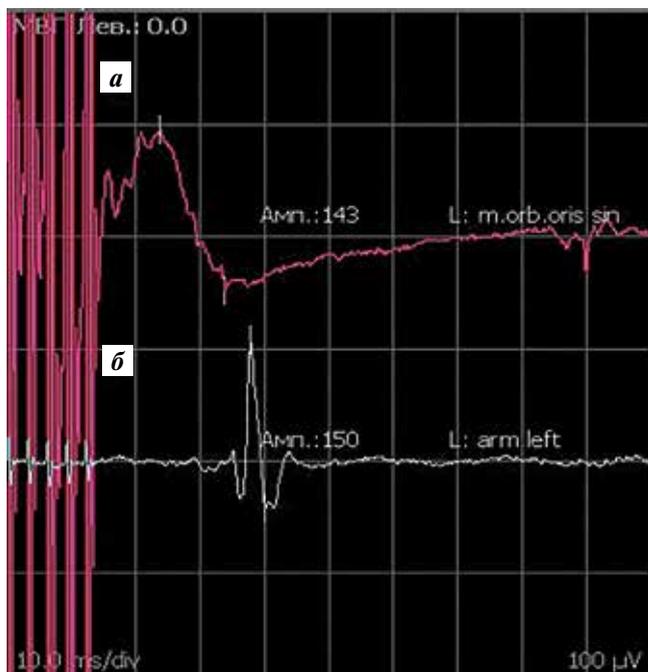


Рис. 3. Регистрация моторных вызванных потенциалов (МВП): а – кортикобульбарный МВП; б – кортикоспинальный МВП

Fig. 3. Registration of motor evoked potentials (MEP): а – corticobulbar; б – corticospinal

опухоли). Определяли место начала роста образования, после чего проводили его отделение от лицевого и кохлеарного нервов и поэтапное удаление в сторону ствола головного мозга. Удаление осуществляли с использованием микроинструментов и ультразвукового деструктора-аспиратора. Диссекцию опухоли в непосредственной близости от лицевого нерва выполняли с использованием пуговчатого монополярного зонда для возможности непрерывного нейрофизиологического мониторинга. При опухоли размером <3 см удаление начинали сразу с интракратальной части, в тех случаях, когда это было технически возможно.

На заключительном этапе, когда опухоль была удалена и нерв полностью визуализирован в поле операционного доступа, для прогнозирования неврологического дефицита проводили стимуляцию его проксимальной порции в области выхода из ствола головного мозга и дистальной порции – в проекции отверстия внутреннего слухового прохода.

РЕЗУЛЬТАТЫ

За период с 2021 по 2022 г. в отделении нейрохирургии ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна прооперированы 11 пациентов с диагнозом вестибулярной шванномы: 4 мужчин и 7 женщин. Средний возраст

пациентов составил 58 лет (минимальный – 31 год, максимальный – 65 лет).

В 73 % случаев опухоль была расположена справа. Средний диаметр образования – 32 мм, средняя протяженность интраканаликулярной части – 11 мм. Два пациента ранее перенесли микрохирургическое лечение и обратились по поводу рецидива (спустя 3 и 9 лет соответственно), причем 1 из них также прошел курс дистанционной лучевой терапии на аппарате «Кибернож» после субтотального удаления образования.

Все пациенты были прооперированы через субокципитальный ретросигмовидный трансмеатальный доступ. В 2 случаях опухоль была удалена субтотально ввиду технической невозможности безопасного отделения капсулы опухоли от лицевого нерва.

По результатам неврологической оценки к моменту выписки из стационара у 5 пациентов результат считали успешным (I–II степень по шкале Хауса–Бракманна), однако у 1 из них спустя 2 нед после выписки отмечено нарастание прозопареза до III степени, который сохранялся к 3-му месяцу после хирургического лечения. У 3 пациентов к моменту выписки наблюдался прозопарез IV степени, однако у 2 из них, напротив, отмечалось постепенное восстановление функции мимической мускулатуры до III степени. У оставшихся 3 пациентов результат был расценен как неудовлетворительный по причине выраженного нарушения функции лицевой мускулатуры, что было интерпретировано как степень V по шкале Хауса–Бракманна.

По результатам скрининговой оценки функции глотания с «трехглотковой пробой» ни у одного из пациентов не было обнаружено убедительных признаков дисфагии, тем не менее у 2 пациентов наблюдалась легкая дизартрия, регрессировавшая в период госпитализации.

У всех пациентов применение методики прямой монополярной стимуляции позволило с высокой точностью идентифицировать расположение лицевого нерва даже в тех случаях, когда его структура и анатомия были значительно изменены.

По данным ИОНМ у 6 пациентов в ходе оперативного вмешательства отмечалось увеличение порога стимуляции (от 0,1 до 0,5 мА), причем в 2 случаях это послужило поводом к ограничению объема резекции (оставлена капсула опухоли).

ОБСУЖДЕНИЕ

ИОНМ. Первое упоминание о применении ИОНМ в хирургии вестибулярных шванном относится к 1979 г. [6]. Наиболее старой методикой является спонтанная ЭМГ покоя с оценкой прямой электростимуляции [6, 7]. В течение последних 15 лет она была дополнена техникой оценки КБ-МВП [8].

Проведение ИОНМ в любом объеме требует соответствующей предоперационной подготовки,

связанной с планированием анестезиологического пособия. Так, например, использование миорелаксантов длительного действия ввиду их естественных фармакологических эффектов нежелательно [7]. Предпочтительно применение миорелаксантов с ультракоротким действием. Кроме того, предполагается, что ингаляционные анестетики оказывают дозозависимый негативный эффект на КБ-МВП. При невозможности отказаться от последних их доза не должна превышать 0,4 Мас [9].

В идеальной ситуации ИОНМ позволяет решить 3 основные задачи:

- 1) идентификация лицевого нерва и траектории его прохождения в поле операционного доступа;
- 2) интраоперационная оценка функции лицевого нерва;
- 3) выявление потенциально опасных хирургических маневров, способных привести к дисфункции лицевого нерва.

Прямая электростимуляция. Протоколы проведения интраоперационной ЭМГ крайне вариабельны ввиду отсутствия четкой стандартизации данного метода. В литературе представлено множество модификаций методики прямой электростимуляции (прямая моно- и биполярная стимуляция, с постоянной величиной напряжения или постоянной силой тока, с частотой 1–30 Гц, длительностью прямоугольного импульса 50–200 мкс), однако нет данных о значительном превосходстве какой-либо одной из них над всеми другими [6, 7, 10].

Одним из важных параметров, которым часто пренебрегают при описании методики в литературе, является длительность стимула. Она способна оказывать значительное влияние на порог возбудимости и может варьировать от 25 до 1000 мкс. Часто на начальных этапах диссекции опухоли не удается получить ответ на стимул величиной 0,1 мА, однако в ряде случаев увеличение длительности прямоугольного импульса уже до 100 мкс позволяет получить ответ на стимуляцию даже с минимальной силой тока [11].

Для оценки функции лицевого нерва наибольшее значение имеет динамика амплитуды моторного ответа и минимального порога стимуляции. Ухудшение амплитудных характеристик и увеличение порога стимуляции следует рассматривать в качестве предиктора негативного исхода. Другой важный параметр – отношение амплитуд ответа, полученного на стимуляцию дистальной и проксимальной порций лицевого нерва (процент «выпадения» = дистальный ответ/проксимальный ответ × 100). В работе W.R. Schmitt и соавт. на основании наблюдения за 267 пациентами, перенесшими микрохирургическое лечение вестибулярных шванном, показано, что минимальный порог стимуляции являлся менее чувствительным предиктором послеоперационной дисфункции в сравнении с оценкой процента «выпадения» [11]. Несмотря на преимущества оценки указанного выше параметра, его прикладное

значение все же не так велико, поскольку в большинстве случаев доступ одновременно как к дистальной, так и к проксимальной порции лицевого нерва является лишь на заключительных этапах оперативного лечения, когда основная часть опухоли уже удалена.

Спонтанная ЭМГ покоя. В 1986 г. R.L. Prass и H. Luders опубликовали первое описание применения спонтанной ЭМГ покоя для контроля функции лицевого нерва в хирургии вестибулярных шванном [12]. Они описали и классифицировали нейротонические разряды, зарегистрированные во время операции, выделив неповторяющиеся (burst) и повторяющиеся (train) паттерны. Появление последних, по их мнению, наблюдалось в момент латерально-медиальной тракции и ассоциировалось с повреждением невралных структур [13].

Использование осциллографов позволило более детально изучить характеристики спонтанных нейротонических разрядов. Так, был выделен A-train-паттерн, являющийся наиболее патогномичным для невралного повреждения. Он представляет собой серию одинаковых по геометрии монофазных (≥ 4) или трехфазных разрядов низкой амплитуды (от 100 до 200 мкВ) с высокой межпиковой частотой. Продолжительность серии обычно сравнительно короткая и может варьировать от миллисекунд до нескольких секунд. Дополнительной характеристикой данного паттерна является его внезапное начало и прекращение [14].

Регистрация КБ-МВП. КБ-МВП регистрируются в ответ на электрическую стимуляцию первичной двигательной коры и отражают состояние пирамидной системы. Преимуществом данной методики является ее способность оценивать функцию лицевого нерва, прежде чем он будет визуализирован в поле операционного доступа. По причине полисинаптической кортиконуклеарного тракта для стимуляции моторной коры используют не одиночные стимулы, а серии из нескольких импульсов длительностью 200–500 мкс (обычно серия из 5 импульсов (train of five)) высокой частоты (333, 500, 1000 Гц) [8, 15, 16].

Несмотря на широкое применение, методика регистрации КБ-МВП также не является четко стандартизированной и не лишена недостатков. С одной стороны, снижение амплитуды ответов в ходе оперативного вмешательства указывает на ухудшение проведения вдоль кортиконуклеарного тракта, с другой стороны, это не может быть основанием для однозначных выводов об интраоперационном повреждении лицевого нерва, поскольку на амплитуду ответа способны оказывать влияние различные факторы, такие как степень релаксации пациента, а развитие пневмоцефалии способно и вовсе изолировать кору для стимуляции, сделав регистрацию КБ-МВП невозможной.

Ряд авторов также указывают на еще один менее очевидный недостаток методики, связанный с длительностью артефакта стимула. Принимая во внимание сравнительно короткую латентность при регистра-

ции потенциалов с мимической мускулатуры (около 12 мс), часто наблюдается наложение первого пика регистрируемого ответа и последнего импульса серии из 5 стимулов частотой 333 Гц ($1000/333 = 3,003$ мс; $3 \text{ мс} \times 4$ (импульса) + $0,5 \text{ мс} = 12,5 \text{ мс}$ – длительность артефакта стимула) [17]. Кроме того, близкое расположение стимулирующих и регистрирующих электродов также создает ряд технических трудностей за счет «шунтирования» электрического тока и активации периферической части лицевого нерва. В настоящее время для дифференциации центрального и периферического ответов все чаще используют методику, когда после серии из 5 импульсов через 40–90 мс подается дополнительный одиночный импульс [16].

Собственный опыт. Отделение нейрохирургии ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в его настоящем составе было сформировано только в 2018 г., в силу чего на момент первых попыток внедрения в практику ИОНМ отсутствовал как достаточный опыт, так и четкое понимание сильных и слабых сторон различных нейрофизиологических модальностей. На первых этапах освоения методики проведение ИОНМ в основном сводилось к прямой стимуляции с целью первичной идентификации лицевого нерва и траектории его прохождения. Несмотря на распространенное мнение о преимуществах биполярных зондов с более фокусированным электрическим полем, в своей работе мы чаще отдавали предпочтение монополярной методике, так как обычно не наблюдали явного превосходства первой над последней. Кроме того, структура монополярного пуговчатого зонда отлично подходила для деликатной диссекции опухоли, таким образом, дополнительно позволяя проводить непрерывное мониторингирование в ходе отделения опухоли от невралных структур. По мере накопления опыта и знакомства с литературой мы стали больше обращать внимание на спонтанную ЭМГ покоя, поскольку одно из главных свойств прямой стимуляции, а именно ее дискретность во времени, обычно не позволяло своевременно информировать хирурга о тракции, а следовательно, предупреждать избыточную хирургическую агрессию. На сегодняшний день мы также активно используем методику КБ-МВП. В ряде случаев регистрация КБ-МВП может помочь избежать ложноположительного прогностического значения (false positive predictive value), однако чаще регистрация КБ-МВП сопряжена с техническими трудностями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании накопленного опыта мы полагаем, что применение мультимодального ИОНМ при удалении больших вестибулярных шванном (≥ 30 мм, T3a по классификации Samii, grade 4 по классификации Koos) позволило сделать оперативное лечение более контролируемым и тем самым косвенно повлияло на функциональные исходы.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Anderson D.E., Leonetti J., Wind J.J. et al. Resection of large vestibular schwannomas: facial nerve preservation in the context of surgical approach and patient-assessed outcome. *J Neurosurg* 2005;102(4):643–9. DOI: 10.3171/jns.2005.102.4.0643
- Wiet R.J., Mamikoglu B., Odom L., Hoistad D.L. Long-term results of the first 500 cases of acoustic neuroma surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;124(6):645–51. DOI: 10.1177/019459980112400609
- House J.W., Brackmann D.E. Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1985;93(2):146–7. DOI: 10.1177/019459988509300202
- Rahman I., Sadiq S.A. Ophthalmic management of facial nerve palsy: a review. *Surv Ophthalmol* 2007;52(2):121–44. DOI: 10.1016/j.survophthal.2006.12.009
- Samii M., Gerganov V.M., Samii A. Functional outcome after complete surgical removal of giant vestibular schwannomas. *J Neurosurg* 2010;112(4):860–7. DOI: 10.3171/2009.7.JNS0989
- Delgado T.E., Bucheit W.A., Rosenholtz H.R., Chrissian S. Intraoperative monitoring of facial muscle evoked responses obtained by intracranial stimulation of the facial nerve. *Neurosurgery* 1979;4(5):418–21. DOI: 10.1227/00006123-197905000-00007
- Moller A.R., Jannetta P.J. Preservation of facial function during removal of acoustic neuromas. Use of monopolar constant-voltage stimulation and EMG. *J Neurosurg* 1984;61(4):757–60. DOI: 10.3171/jns.1984.61.4.0757
- Akagami R., Dong C.C.J., Westerberg B.D. Localized transcranial electrical motor evoked potentials for monitoring cranial nerves in cranial base surgery. *Neurosurgery* 2005;57(1 Suppl):78–85. DOI: 10.1227/01.neu.0000163486.93702.95
- Morota N., Deletis V., Constantini S. et al. The role of motor evoked potentials during surgery for intramedullary spinal cord tumors. *Neurosurgery* 1997;41(6):1327–36. DOI: 10.1097/00006123-199712000-00017
- Kartush J.M., Niparko J.K., Bledsoe S.C. et al. Intraoperative facial nerve monitoring: a comparison of stimulating electrodes. *Laryngoscope* 1985;95(12):1536–40. DOI: 10.1288/00005537-198512000-00015.
- Schmitt W.R., Daube J.R., Carlson M.L. et al. Use of supramaximal stimulation to predict facial nerve outcomes following vestibular schwannoma microsurgery: results from a decade of experience. *J Neurosurg* 2013;118(1):206–12. DOI: 10.3171/2012.10.JNS12915.
- Prass R.L., Luders H. Acoustic (loudspeaker) facial electromyographic monitoring: Part I. Evoked electromyographic activity during acoustic neuroma resection. *Neurosurgery* 1986;19(3):392–400. DOI: 10.1097/00006123-198609000-00010
- Prass R.L., Kinney S.E., Hardy Jr. R.W. et al. Acoustic (loudspeaker) facial EMG monitoring: II. Use of evoked EMG activity during acoustic neuroma resection. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1987;97(6):541–51. DOI: 10.1177/019459988709700605
- Prell J., Rächinger J., Scheller C. et al. A Real-time monitoring system for the facial nerve. *Neurosurgery* 2010;66(6):1064–73. DOI: 10.1227/01.neu.0000369605.79765.3e
- Matthies C., Raslan F., Schweitzer T. et al. Facial motor evoked potentials in cerebellopontine angle surgery: technique, pitfalls and predictive value. *Clin Neurol Neurosurg* 2011;113(10):872–9. DOI: 10.1016/j.clineuro.2011.06.011
- Лаптева К.Н., Суфианов Р.А., Огурцова А.А. и др. Кортико-бульбарные моторные вызванные потенциалы в хирургии объемных образований ствола головного мозга и четвертого желудочка (обзор литературы и клиническое наблюдение). *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова* 2022;14(4):117–21. DOI: 10.56618/20712693_2022_14_4_117
- Лаптева К.Н., Суфианов Р.А., Огурцова А.А. et al. Corticobulbar motor evoked potentials in brainstem and 4th ventricle surgery (a case report and literature review). *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal im. prof. A.L. Polenova = Russian Neurosurgical Journal n. a. Professor A.L. Polenov* 2022;14(4):117–21. DOI: 10.56618/20712693_2022_14_4_117
- Prell J., Strauss C., Plontke S.K. et al. [Intraoperative monitoring of the facial nerve Vestibular schwannoma surgery (In German)]. *HNO* 2017;65(5):404–12. DOI: 10.1007/s00106-017-0340-1

Вклад авторов

В.В. Ковалев: разработка концепции и дизайна исследования, монтаж и проведение интраоперационного нейрофизиологического мониторинга, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста статьи;

М.С. Семенов: разработка концепции и дизайна исследования, выполнение хирургического этапа лечения пациентов, редактирование, утверждение итогового варианта статьи;

И.В. Цымбал: выполнение хирургического этапа лечения, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста статьи;

Е.В. Бриль: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование, утверждение итогового варианта статьи;

Л.Т. Лепсверидзе: выполнение хирургического этапа лечения пациентов, редактирование текста статьи;

К.О. Исаев: обеспечение анестезиологического пособия, редактирование текста статьи.

Authors' contributions

V.V. Kovalev: development of the concept and design of the study, installation and conduct of intraoperative neurophysiological monitoring, collection and processing of materials, analysis of the data obtained, article writing;

M.S. Semenov: development of the concept and design of the study, performing the surgical stage of treatment, editing of the article, approval of the final version of the article;

I.V. Tsybmal: performing the surgical stage of treatment, collecting and processing materials, analysis of the data obtained, article writing;

E.V. Bril': development of the concept and design of the study, editing of the article, approval of the final version of the article;

L.T. Lepsveridze: performing the surgical stage of treatment, editing of the article;

K.O. Isaev: providing anesthesiological aids, editing of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

В.В. Ковалев / V.V. Kovalev: <https://orcid.org/0009-0007-0458-2596>

М.С. Семенов / M.S. Semenov: <https://orcid.org/0000-0001-9810-9300>

И.В. Цымбал / I.V. Tsymbal: <https://orcid.org/0009-0004-4876-1551>

Е.В. Бриль / E.V. Bril': <https://orcid.org/0000-0002-6524-4490>

Л.Т. Лепсверидзе / L.T. Lepsveridze: <https://orcid.org/0000-0003-2692-6277>

К.О. Исаев / K.O. Isaev: <https://orcid.org/0000-0002-6265-2608>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Финансирование работы (в частности закупка расходного материала: монополярные и биполярные стимуляторы, парные игольчатые электроды, вкручивающиеся электроды, заземление) осуществлялось за счет средств, выделенных для оказания высокотехнологичной медицинской помощи на отделение нейрохирургии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Funding. Funding (in particular, the purchase of consumables: monopolar and bipolar stimulants, paired needle electrodes, screw-in electrodes, grounding) at the expense of funds allocated for the provision of high-tech medical care to the Department of Neurosurgery of the A.I. Burnasian Federal Medical Biophysical Center, Federal Medical Biological Agency.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию своих данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study was approved by the local ethics committee of the A.I. Burnasian Federal Medical Biophysical Center, Federal Medical Biological Agency. All patients gave written informed consent to participate in the study and to publications of their data.