

Идентификация и визуальный мониторинг нервов и мышц методом полипрограммной электростимуляции в ходе операций на лице и шее

А.И. Неробеев¹, М.М. Сомова¹, В.Л. Доманский²

¹ ФГБУ Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии МЗ РФ, Москва, Россия

² ФГБУН Научно-технологический Центр уникального приборостроения РАН, Москва, Россия

Контакты: Сомова Марина Михайловна – e-mail: somplast@mail.ru

Identification and visual monitoring of nerves and muscles by poly-program electrical stimulation during operations on the face and neck

A.I. Nerobeyev¹, M.M. Somova¹, V.L. Domanskiy²

¹ Central Scientific Institute of Stomatology and Maxillo-Facial Surgery, Moscow, Russian Federation

² Scientific and Technological Centre of Unique Instruments of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Контакты: Somova Marina – e-mail: somplast@mail.ru

Doi: 10.25792/HN.2018.6.4.28-31

Хирургическое удаление опухоли, сросшейся с периневральной оболочкой нервных стволов и их ветвей на лице и шее, нередко приводит к их повреждению. С целью снижения риска повреждения нервов применяют интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ). **Цель настоящих исследований** состоит в разработке более простой технологии идентификации и визуального мониторинга, не требующей использования большого числа игольчатых электродов и позволяющей применять ее без обращения за помощью к электрофизиологам. **Материал и методы.** У 120 пациентов с параличом мимических мышц после удаления невринома мостомозжечкового угла и повреждения лицевого нерва выполнены операции нейропластики с целью восстановления иннервации. В операциях использована оригинальная технология идентификации и мониторинга функционального состояния нервов и мышц, основанная на применении электростимуляционных тестов и визуального наблюдения мышечных сокращений – интраоперационный визуальный нейромониторинг (ИОВНМ). Для ИОВНМ применяли специально разработанный полипрограммный электростимулятор. Управление электростимулятором, выбор тестовых программ, их запуск, визуальное наблюдение реакций и ИОВНМ в целом осуществлял сам хирург. **Результаты.** Применение технологии ИОВНМ на всем этапе оперативного вмешательства существенно облегчило оценку состояния оперируемых нервов и ускорило принятие верного решения по выбору схемы реиннервации. Продолжительность операций, в которых использовали ИОВНМ, сократилось на 50–70 минут по сравнению с продолжительностью аналогичных операций без его применения. **Заключение.** Использование ИОВНМ позволяет оптимизировать схему операции и сократить ее продолжительность.

Ключевые слова: интраоперационная идентификация, визуальный мониторинг, электростимуляция, лицевой нерв, мимические мышцы, паралич, реиннервация реконструктивная нейропластика

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Не указан.

Для цитирования: Неробеев А.И., Сомова М.М., Доманский В.Л. Идентификация и визуальный мониторинг нервов и мышц методом полипрограммной электростимуляции в ходе операций на лице и шее. *Голова и шея* = *Head and neck. Russian Journal.* 2018;6(4):28–31

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

ABSTRACT

Background: Surgical removal of a tumor that has grown together with the perineural membrane of the nerves and their smaller branches in the face and neck region often leads to their damage. In order to reduce the risk of nerve damage, intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) can be used. **Purpose:** to develop a simple identification technology and visual monitoring that does not need a large number of needle electrodes providing its use without regular electrophysiologist's control and help. **Material and methods:** neuroplastic surgery was performed in 120 patients with facial muscles paralysis after removal of the bridge-cerebellar corner neuroma with subsequent facial nerve damage, in order to restore innervation. The original technology of identification and monitoring of nerves and muscles functional state was used during operations. It was based on the electrical stimulation tests and visual observation of muscle contractions - intraoperative visual neuromonitoring (IOVNM), with polyprogram electrostimulator specially developed for that. The entire procedure - the control over the electrostimulator, testing programs choice, their launch, visual observation and the IOVNM - was carried

out just by the operating surgeon. **Results:** The application of the IOVNM technology on all stages of surgical intervention significantly facilitated the assessment of nerves condition and fastened the choice of reinnervation method. The duration of such operation was reduced by 50–70 minutes compared to the one without its use.

Conclusion: The use of IOVNM can optimize the operation scheme and reduce its duration.

Keywords: intraoperative identification, visual monitoring, electrostimulation, facial nerve, facial muscles, paralysis, reinnervation reconstructive neuroplasty

The authors declare no conflict of interest.

Source of financing: not specified.

For citation: Nerobeyev A.I., Somova M.M., Domanskiy V.L. Identification and visual monitoring of nerves and muscles by poly-program electrical stimulation during operations on the face and neck.. *Head and neck = Head and neck. Russian Journal.* 2018;6(4):28–31 (in Russian).

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, figures, photographs of patients.

Введение

Хирургическое удаление опухоли, сросшейся с периневральной оболочкой нервных стволов и их ветвей на лице и шее, нередко приводит к их повреждению. С целью снижения риска повреждения нервов применяют интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ) [1–4]. Для этого используют специализированный аппаратно-программный комплекс – операционный нейромонитор [5]. Метод ИОНМ основан на непрерывной регистрации спонтанной биоэлектрической активности (БЭА) мышц, иннервированных нервами, расположенными в зоне операционного риска. При этом ведется контроль функциональной сохранности нервов путем их периодической электростимуляции (ЭС) и регистрации вызванных М-ответов. Недостаток стандартной технологии ИОНМ состоит в необходимости фиксации в операционном поле или в непосредственной близости от него нескольких (от 2 до 8) игольчатых электродов, отводящих БЭА, а также стимулирующих электродов. Их присутствие осложняет работу хирургов. Кроме того, необходимо наличие в составе операционной бригады квалифицированного электрофизиолога, управляющего нейромонитором и анализирующего получаемую информацию.

Цель настоящих исследований состоит в разработке более простой технологии идентификации и визуального мониторинга, не требующей использования большого числа игольчатых электродов и позволяющей применять ее без обращения за помощью к электрофизиологам.

Материал и методы

На начальном этапе исследований был разработан электро-стимулятор с открытой архитектурой и сформирован набор стимуляционных тестов. Затем была реализована технология ЭС нервов в пределах операционного поля и визуального наблюдения вызванных мышечных сокращений без необходимости приборной регистрации биоэлектрических или биомеханических ответов.

Проведено лечение 120 пациентов (40 мужчин, 80 женщин) с параличом мимической мускулатуры, которым выполнено 126 операций. Возраст пациентов составил от 9 до 67 лет, длительность заболевания – от 3 до 36 месяцев.

В ходе предоперационной подготовки проводили электромиографические (ЭМГ) исследования для определения уровня повреждения лицевого нерва (ЛН) и степени атрофии мимических мышц.

Исследовали возбудимость отдельных ветвей ЛН и сократимость мимических и жевательных мышц как на «здоровой» стороне лица, так и на стороне поражения. Регистрировали интерференционную ЭМГ симметричных мышц и сравнивали интегральные показатели на обеих сторонах: среднюю амплитуду и интенсивность. Результаты исследования БЭА разделяли на три категории: «нормальная БЭА», «ослабленная БЭА» и «отсутствие БЭА» (табл. 1).

В дополнение к исследованиям БЭА проводили ЭС ствола ЛН и его ветвей, используя тесты «Порог» и «Супрамакс». На основе результатов исследований БЭА и стимуляционных тестов определяли исходный диагноз. Результаты исследований представлены в табл. 1.

На основе этих данных делали выбор схемы оперативного вмешательства и способа реиннервации. В зависимости от типа поражения черепно-мозговых нервов (ЧМН) выбирали тип анастомоза (табл. 2.)

В начальной фазе операции, учитывая возможность угнетения моторной реакции мимических мышц под действием миорелаксантов, перед использованием идентификационных тестов проверяли состояние синаптической передачи, применяя стимуляционные тесты T1 (Twitch One), TOF (Train of Four), DBS (Double Burst Stimuli) [6, 7], стимулируя заведомо интактные нервы. Упомянутые тесты содержатся в программном меню стимулятора и активируются при необходимости.

Убедившись, что глубина блока позволяет получить достоверные результаты, стимулировали ствол и отдельные ветви ЛН, используя тесты T1, T5 и T50 и визуально оценивая реакцию. Получаемые оценки возбудимости нервов и способности мышц к одиночным и тетаническим сокращениям служили основанием для уточнения варианта реконструкции нервов.

Результаты и обсуждение

У 7 пациентов группы 1 стимуляционное тестирование V и VII ЧМН подтверждало полную утрату возбудимости ЛН и ее частичное снижение в тройничном нерве. В этих условиях осуществляли единственно возможный вариант реиннервации по схеме «конец в бок» с подъязычным нервом, используя вставку из икроножного или большого ушного нервов.

Были прооперированы по стандартной методике с использованием икроножного нерва и жевательной ветви тройничного нерва 63 пациента группы 2 с нарушением функции ЛН и положительным результатом ЭМГ-исследования тройничного нерва.

Таблица 1. Распределение пациентов по результатам исследований
Table 1. Distribution of patients according to study results

БЭА мимических мышц BEA of mimic muscles	Ответ на тест «Супрамакс» "Supramax" test response	Исходный диагноз Primary diagnosis	Число пациентов Number of pts	Процентная доля, % Percentage, %
Ослабленная Hypothenic	Есть Present	Парез Paresis	51	42,5
Отсутствие Absence	Нет Absent	Паралич Paralysis	59	49,2
Отсутствие Absence	Есть Present	Парез Paresis	10	8,3
Общее число In total			120	100

В ходе операции проводили идентификацию нервов и определяли значения амплитуды стимулов, вызывающих пороговые и максимальные моторные реакции в ответ на тесты «Порог» и «Супрамакс». Отсутствие мышечных сокращений в ответ на эти тесты указывает на паралич мышц, отсюда – необходимость нейропластики по схеме «конец в конец». В этих случаях выделяли и пересекали ствол ЛН с последующим сопоставлением его с периферическим концом жевательного нерва-донора.

У пациентов группы 3 стимуляционное тестирование выявило снижение функции ЛН и тройничного нервов, а также частичную атрофию мимических и жевательных мышц. При таких условиях анастомоз с жевательной ветвью тройничного нерва был признан неэффективным, поэтому в качестве донора использовали подъязычный нерв и накладывали анастомоз по схеме «бок в бок».

В группе 4 у 37 пациентов из 47 на предварительном этапе было выявлено ослабление БЭА. У 10 пациентов этой группы БЭА отсутствовала вовсе, но в ответ на тест «Супрамакс» у них визуально была отмечена моторная реакция мимических мышц, что указывает на частичную сохранность проводимости в аксонах ЛН. Этот факт позволяет сформировать анастомоз с жевательной ветвью тройничного нерва по типу «конец в бок» без пересечения ствола ЛН и сохранения связи анастомоза с ядром ЛН.

Применение технологии ИОВНМ на всем этапе оперативно-вмешательства существенно облегчает оценку состояния оперируемых нервов и ускоряет принятие верного решения по выбору схемы реиннервации. Продолжительность операций, в которых использовали ИОВНМ, сокращалась на 50–70 минут по сравнению с продолжительностью аналогичных операций без его применения.

Заключение

Использование электростимуляционной технологии идентификации и визуального мониторинга функционального состояния нервов и мышц челюстно-лицевой области позволяет уточнить степень сохранения возбудимости ветвей ЛН и при необходимости скорректировать схему реиннервации. Помимо этого описанная технология снижает риск травмирования нервов во время операции и частоту послеоперационных осложнений. Важным фактором оказывается и существенное сокращение продолжительности оперативного вмешательства.

Наши результаты, как и результаты работ наших предшественников, использовавших различные варианты нейромониторинга [3, 6, 8], свидетельствуют об эффективности и необходимости его использования. Развитие нейромониторинга нуждается в дальнейших исследованиях, в разработке новых методических подходов и создании аппаратно-программного обеспечения нового поколения.

Таблица 2. Распределение больных по типу поражения ЧМН
Table 2. patients distribution according to cerebral nerve damage type

Группа Group	Тип поражения Damage type	Тип анастомоза Anastomosis type	Число пациентов Number of pts
1	VII ЧМН – паралич VII CN paralysis V ЧМН – парез V CN paresis XII ЧМН – норма XII CN norm	Анастомоз XII–VII ЧМН «конец в бок» End-to-side anastomosis XII–VII CNs	7
2	VII ЧМН – паралич VII CN paralysis V ЧМН – норма V CN norm XII ЧМН – норма XII CN norm	Анастомоз VII–V ЧМН «конец в конец» End-to-end anastomosis VII–V CNs	63
3	VII ЧМН – парез VII CN paresis V ЧМН – парез V CN paresis XII ЧМН – норма XII CN norm	Анастомоз XII–VII ЧМН «бок в бок» Side-to-side anastomosis XII–VII CNs	3
4	VII ЧМН – парез VII CN paresis V ЧМН – норма V CN norm XII ЧМН – норма XII CN norm	Анастомоз VII–V ЧМН «конец в бок» End-to-side anastomosis VII–V CNs	47

ЛИТЕРАТУРА

1. Румянцев П.О. Интраоперационный нейромониторинг как метод функциональной визуализации двигательных нервов. *Опухоли головы и шеи.* 2012;(4):49–52.
2. Yingling C.D., Gardi J. N. Intraoperative monitoring of facial and cochlear nerves during acoustic neuroma surgery. *Neurosurg. Clin. N. Am.* 2008;(19):289–315.
3. O'Malley M.R., Moore B.A., Haynes D.S. Neurophysiologic intraoperative monitoring. //In: B.J. Bailey & J.T. Johnson (Eds.). *Head and neck surgery. Otolaryngology.* Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2006. pp. 1943–60.
4. Черкаев В.А., Щекунев Г.А., Огурцова А.А., Гольбин Д.А., Смирнов Р.А. Интраоперационная идентификация глазодвигательного, блокового и отводящего нервов в хирургии инфильтративных краниоорбитальных опухолей (новая методика). *Журн. Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.* 2010;(3):31–7.
5. Kutz J.W., Meyers A.D. Facial nerve monitors. 2014. URL: <http://emedicine.medscape.com/article/883778-overview#a2> (дата обращения 27.02.2017).
6. Cai Y.R., Xu J., Chen L.H., Chi F.L. Electromyographic monitoring of facial nerve under different levels of neuromuscular blockade during middle ear microsurgery. *Chin. Med. J. (Engl).* 2009;122(3):311–4.

7. Choe W.J., Kim J.H., Park S.Y., Kim J. Electromyographic response of facial nerve stimulation under different levels of neuromuscular blockade during middle-ear surgery. *J. Int. Med. Res.* 2013;41(3):762–80.
8. Chan K.M., Curran M.W.T., Gordon T. The use of brief post-surgical low frequency electrical stimulation to enhance nerve regeneration in clinical practice. *J. Physiology.* 2016;594(313):3553–9.
9. Willand M.P., Nguyen M.-A., Borschel G.H., Gordon T. Electrical Stimulation to Promote Peripheral Nerve Regeneration. *Neurorehabilit. Neural Repair.* 2016;30(5):490–6.
7. Choe W.J., Kim J.H., Park S.Y., Kim J. Electromyographic response of facial nerve stimulation under different levels of neuromuscular blockade during middle-ear surgery. *J. Int. Med. Res.* 2013;41(3):762–80.
8. Chan K.M., Curran M.W.T., Gordon T. The use of brief post-surgical low frequency electrical stimulation to enhance nerve regeneration in clinical practice. *J. Physiology.* 2016;594(313):3553–9.
9. Willand M.P., Nguyen M.-A., Borschel G.H., Gordon T. Electrical Stimulation to Promote Peripheral Nerve Regeneration. *Neurorehabilit. Neural Repair.* 2016;30(5):490–6.

Поступила 20.09.18

Принята в печать 20.11.18

Received 20.09.18

Accepted 20.11.18

REFERENCES

1. Rumyantsev P.O. Intraoperative neuromonitoring as a method of functional visualization of the motor nerves. *Head and neck tumors.* 2012; (4): 49–52 (In Russ.).
2. Yingling C.D., Gardi J.N. Intraoperative monitoring of facial and cochlear nerves during acoustic neuroma surgery. *Neurourg. Clin. N. Am.* 2008;1(19):289–315.
3. O'Malley M.R., Moore B.A., Haynes D.S. Neurophysiologic intraoperative monitoring. //In: B.J. Bailey & J.T. Johnson (Eds.). *Head and neck surgery. Otolaryngology.* Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2006. pp. 1943–60.
4. Cherekaev V.A., Schekutev G.A., Ogurtsova A.A., Golbin D.A., Smirnov R.A. Intraoperative identification of the oculomotor, block and abducent nerves in surgery of infiltrative crani-orbital tumors (new technique). *Questions of neurosurgery.* 2010; (3): 31–7 (In Russ.).
5. Kutz J.W., Meyers A.D. Facial nerve monitors. 2014. URL: <http://emedicine.medscape.com/article/883778-overview#a2> (дата обращения 27.02.2017).
6. Cai Y.R., Xu J., Chen L.H., Chi F.L. Electromyographic monitoring of facial nerve under different levels of neuromuscular blockade during middle ear microsurgery. *Chin. Med. J. (Engl).* 2009;122(3):311–4.

Информация об авторах:

А.И. Неробеев — д.м.н., профессор, научный руководитель отдела разработки высокотехнологических методов реконструктивной челюстно-лицевой хирургии ЦНИИС и ЧЛХ, Москва, Россия

М.М. Сомова — мл. науч. сотр. ЦНИИС и ЧЛХ, Москва, Россия; e-mail: somplast@mail.ru

В.Л. Доманский — к.биол.н., ведущ. науч. сотр. лаборатории биомедицинских приборов Научно-технологического центра уникального приборостроения РАН, Москва, Россия; e-mail: domanski@ntcup.ru

About the authors:

A.I. Nerobeev — MD, professor, scientific director of the department of development of high-tech methods of reconstructive maxillofacial surgery, CSRID and MFS, Moscow, Russia

M.M. Somova — junior scientist of CSRID and MFS, Moscow, Russia; e-mail: somplast@mail.ru

V.L. Domansky — Ph.D., Leading researcher of Biomedical Instruments Lab, Scientific and Technological Center for Unique Instrument-Making RAS, Moscow, Russia; e-mail: domanski@ntcup.ru

Рецензия на статью

Статья посвящена разработке технологии идентификации и визуального мониторинга функционального состояния нервов и мышц лица и шеи при ятрогенных нарушениях иннервации мимической мускулатуры.

Актуальность данной статьи не вызывает сомнения, поскольку методика интраоперационного нейромониторинга находит все большее применение в хирургической практике, а оценка состояния ранее поврежденных нервов, мышц и нервов-доноров, а также определение возможности их использования при восстановительной операции являются основополагающими для проведения успешной реконструктивной нейропластики.

Авторами проведена серьезная работа по разработке технологии хирургического лечения пациентов с нарушением иннервации мимической мускулатуры на различных этапах лечения с использованием предложенной технологии. Немаловажным является упрощение проведения исследования без привлечения специалистов других профилей на этапе операции.

Большинство данных, полученных при интраоперационном исследовании, подтвердили результаты дооперационного обследования, что согласуется с концепцией предложенной технологии.

Review on the article

The article is dedicated to the identification and visual monitoring technology development for the patients with facial nerves and muscles iatrogenic disorders.

The significance of this article is apparent, since the intraoperative neuromonitoring is increasingly used in surgical practice, and assessing the condition of previously damaged nerves, muscles and donor nerves, as well as determining the possibility of their use in reconstructive surgery are fundamental for successful reconstructive neuroplasty.

The authors have carried out rather serious work on the development of surgical treatment technology for patients with impaired innervation of the facial muscles. It also seems to be important to simplify the examination without the involvement of the other specialists during the operation. Most of the data obtained during the intraoperative study confirmed the results of the pre-operative examination, which is consistent with the proposed technology concept.