

<https://doi.org/10.17116/neiro201882122-32>

Эффективность интраоперационного мониторинга моторных вызванных потенциалов при прогнозировании динамики неврологического статуса в раннем послеоперационном периоде у пациентов с опухолями шейного отдела спинного мозга

К.м.н. В.С. КЛИМОВ, В.В. КЕЛЬМАКОВ*, Н.В. ЧИШИНА, к.м.н. А.В. ЕВСЮКОВ

ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России, ул. Немировича-Данченко, 132/1, Новосибирск, Россия, 630087

Цель исследования — оценить эффективность интраоперационного мониторинга моторных вызванных потенциалов при прогнозировании динамики неврологического статуса в раннем послеоперационном периоде у пациентов с опухолями шейного отдела спинного мозга.

Материал и методы. Обследованы 74 пациента: 29 (39%) мужчин и 46 (61%) женщин с интрадуральными опухолями шейного отдела спинного мозга, оперированных с использованием мониторинга двигательных вызванных потенциалов с 2013 по 2016 г. В 1-ю группу интрадуральными опухолями включили 26 (35%) пациентов; во 2-ю группу — 48 пациентов с (65%) — интрадуральными, экстрадуральными опухолями. Неврологический статус оценивали по шестибальной шкале мышечной силы (MRC-scale), для определения функционального статуса применяли модифицированную шкалу McCormick. Проводилась транскраниальная электрическая стимуляция прецентральных извилин. Регистрирующие электроды располагали в периферических мышцах-мишенях рук и ног. Проводилась тотальная внутривенная анестезия пропофолом и фентанилом.

Результаты. В 1-ю группу: снижение моторных вызванных потенциалов (МВП) 19 (73%) из 26 пациентов, без изменений МВП — 7 (27%). Среди больных со снижением МВП у 14 (74%) ухудшение неврологического статуса после операции, у 6 (32%) из них грубый неврологический дефицит до операции, у 4 (21%) — без изменения неврологического статуса. Чувствительность и специфичность МВП с мышц рук оказалась выше, чем с мышц ног. Во 2-й группе: улучшение неврологического статуса выявили у всех 48 пациентов. Не зарегистрировано ни одного случая истинно положительного снижения амплитуды МВП.

Выводы. 1. Регистрация МВП является высокочувствительным и высокоспецифичным методом диагностики нарушения функции кортикоспинального тракта у больных с интрадуральными опухолями шейного отдела спинного мозга. Чувствительность и специфичность МВП, зарегистрированных с верхних конечностей, выше данных показателей МВП с мышц нижних конечностей. 2. Чувствительность МВП у пациентов с экстрадуральными интрадуральными опухолями соответствует 0%, диагностическая эффективность с мышц рук составила 86%, с мышц ног — 93%. 3. При снижении амплитуды МВП у больных экстра- и интрадуральными опухолями шейного отдела спинного мозга изменение тактики хирурга обеспечивает возможность уменьшить или полностью нивелировать хирургически индуцированное повреждение спинного мозга.

Ключевые слова: шейный отдел спинного мозга, моторные вызванные потенциалы, интрадуральные экстрадуральные опухоли, интрадуральные опухоли.

Effectiveness of intraoperative monitoring of motor evoked potentials for predicting changes in the neurological status of patients with cervical spinal cord tumors in the early postoperative period

V.S. KLIMOV, V.V. KEL'MAKOV, N.V. CHISHCHINA, A.V. EVSYUKOV

Federal Center of Neurosurgery, Nemirovich-Danchenko Str., 132/1, Novosibirsk, Russia, 630087

Aim. The study aim was to evaluate the effectiveness of intraoperative monitoring of motor evoked potentials (MEPs) for predicting changes in the neurological status of patients with cervical spinal cord tumors in the early postoperative period.

Material and methods. The study included 74 patients with intradural cervical spinal cord tumors who were operated on using motor evoked potential monitoring in the period from 2013 to 2016. There were 29 (39%) males and 46 (61%) females. Group 1 included 26 (35%) patients with intramedullary tumors; group 2 included 48 (65%) patients with intradural extramedullary tumors. The neurological status was assessed by using a six-grade muscle power MRC scale; a modified McCormick scale was used to evaluate the functional status. Transcranial electrical stimulation of the precentral gyri was performed. Recording electrodes were located in the peripheral target muscles of the upper and lower limbs. Total intravenous anesthesia with propofol and fentanyl was used.

Results. In Group 1, MEPs decreased in 19 (73%) of 26 patients; MEPs remained unchanged in 7 (27%) patients. Among the patients with decreased MEPs, 14 (74%) patients had postoperative deterioration of the neurological status; 6 (32%) patients had a preoperative severe neurological deficit; 4 (21%) patients had no changes in the neurological status. The sensitivity and specificity

of MEPs from the upper limb muscles were higher than those from the lower limb muscles. In Group 2, improvement of the neurological status occurred in all 48 patients. There was no case of a true positive decrease in the MEP amplitude.

Conclusions. 1. Registration of MEPs is a highly sensitive and highly specific method for diagnosing corticospinal tract dysfunction in patients with intramedullary tumors of the cervical spinal cord. The sensitivity and specificity of MEPs recorded from the upper limbs are higher than those from the lower limb muscles.

2. The sensitivity of MEPs in patients with extramedullary intradural tumors was 0%, the diagnostic effectiveness of MEPs amounted to 86% from the upper limb muscles and 93% from the lower limb muscles.

3. When the MEP amplitude in patients with extra- and intramedullary tumors of the cervical spinal cord decreases, a change in the surgeon's approach may reduce or completely eliminate surgically-induced damage to the spinal cord.

Keywords: cervical spinal cord, motor evoked potentials, intradural extramedullary tumors, intramedullary tumors.

Интрамедуллярные опухоли встречаются редко и составляют около 2—8,5% всех опухолей центральной нервной системы (ЦНС) и 15% всех первичных интрадуральных опухолей спинного мозга [1—4]. Экстрамедуллярные опухоли выявляются в 10—12% случаев среди всех опухолей ЦНС и превосходят по численности интрамедуллярные в соотношении 4:1 [4—7].

Основным методом лечения опухолей спинного мозга является хирургический. Интрамедуллярные опухоли наименее благоприятны, с точки зрения возможности их хирургического удаления, хотя чаще всего они доброкачественные и растут медленно [8]. Лечение злокачественных опухолей, как правило, ограничивается биопсией и лучевой терапией [1, 9].

Существует несколько методов нейрофизиологического контроля функций спинного мозга во время оперативного вмешательства: метод соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), метод моторных вызванных потенциалов (МВП) — получение мышечного ответа (собственно МВП) и получение ответов с поверхности спинного мозга (D-волна). Изменение ССВП в настоящее время не является критерием, определяющим необходимость прекращения хирургических манипуляций при удалении интрамедуллярных опухолей [10]. Метод МВП позволяет оценить функциональное состояние кортикоспинального тракта и зафиксировать первые признаки хирургически индуцированного повреждения спинного мозга, что дает возможность провести соответствующие мероприятия с целью предупреждения или уменьшения послеоперационных неврологических нарушений [10, 11].

Цель работы — оценить эффективность интраоперационного мониторинга (ИОМ) МВП для прогнозирования динамики неврологического статуса в раннем послеоперационном периоде у пациентов с опухолями шейного отдела спинного мозга.

Материал и методы

Выполнен анализ результатов лечения 74 пациентов: (28 (38%) мужчин и 46 (62%) женщин) среднего возраста больных 49 ± 12 лет), оперированных в Федеральном центре нейрохирургии (Новосибирск) по поводу интрадуральных опухолей и других объемных образований шейного отдела спинного мозга

с использованием МВП, за период с 2013 по 2016 г. Гистологический диагноз устанавливали на основании критериев классификации опухолей ЦНС ВОЗ 2007 г. [12]. Шваннома выявлена в 24 (33%) случаях, менингиома — в 18 (24%), эпендимома — в 15 (20%), нейрофиброма — в 6 (8%), астроцитомы — в 1 (1%), гемангиобластома — в 4 (6%), кавернозная ангиома — в 4 (6%), зрелая тератома — в 1 (1%), дермоидная киста — в 1 (1%).

Оценка неврологического статуса проводилась по 6-балльной шкале мышечной силы (MRC-scale), для определения функционального статуса больного применяли модифицированную шкалу McCormick [13—15].

Всем пациентам проводилась магнитно-резонансная томография (МРТ) с контрастным усилением до оперативного лечения для оценки размеров и расположения объемного образования и в первые сутки после операции для оценки радикальности удаления опухоли.

Хирургический доступ, объем необходимой костной резекции, положение пациента на операционном столе планировали с учетом расположения солидного компонента опухоли по данным МРТ с контрастным усилением. Все пациенты были оперированы с жесткой фиксацией головы в скобе Mayfield. Удаление интрадурального объемного образования сопровождалось регистрацией МВП.

Для получения МВП проводилась транскраниальная электрическая стимуляция прецентральных извилин, регистрирующие электроды были расположены в периферических мышцах-мишенях. В качестве мышц-мишеней были выбраны трехглавая и двуглавая мышцы плеча, мышцы тенара и гипотенара, четырехглавая мышца бедра, передняя большеберцовая мышца и икроножная мышца. У всех пациентов все мышцы исследовались билатерально. Параметры стимуляции варьировали: сила стимула составила 400—800 В, длительность стимула — 0,5—0,75 мс, число стимулов — от 4 до 9, межстимульный интервал — 2 мс. Стимулирующие электроды располагались в точках C3/C'1 и C4/C'2 (по международной системе 10—20) [16].

Исходные значения транскраниальных МВП регистрировались после окончания действия миорелаксантов до разреза кожи, до и после вскрытия твердой мозговой оболочки (ТМО). В дальнейшем

во время удаления опухоли стимуляция продолжалась регулярно, настолько часто, насколько позволяла хирургическая ситуация в области оперативного вмешательства. Чаще всего ответы регистрировались с частотой 1 раз в 2–10 мин. Регистрировалось любое значимое (на 50% и больше от исходного значения) снижение амплитуды вызванных моторных ответов (ВМО), эти данные сообщали хирургу.

Для мониторинга использовали системы Nicolet Viking и Cadwell Cascade Elite. Во всех случаях проводилась общая внутривенная анестезия пропофолом и фентанилом.

Для оценки эффективности метода МВП определялись его чувствительность, специфичность, прогностическая значимость положительного и отрицательного результата, диагностическая эффективность. Вышеуказанные показатели оценивались отдельно для мышц рук и ног. Чувствительность определялась как доля истинно положительных результатов среди пациентов со снижением МВП, специфичность — как доля истинно отрицательных результатов среди пациентов с неизменившимся послеоперационным неврологическим статусом. Прогностическая значимость положительного результата рассчитывалась по вероятности неврологических изменений при снижении амплитуд МВП, прогностическая значимость отрицательного результата — по вероятности отсутствия неврологических изменений при отсутствии снижения амплитуды МВП. Диагностическая эффективность определялась как количество истинных результатов, полученных с помощью метода МВП. Истинно положительный (true positive — TP) результат определялся как послеоперационное ухудшение неврологического статуса при интраоперационном снижении вызванного моторного ответа (ВМО), истинно отрицательный (true negative — TN) — как отсутствие изменений неврологического статуса после операции при неизменных ВМО. Под ложно положительным результатом (false positive — FP) подразумевали неизменный послеоперационный неврологический статус при снижении ВМО во время операции, под ложно отрицательным (false negative — FN) — ухудшение неврологического статуса после операции при отсутствии снижения амплитуды ВМО. Для расчета перечисленных показателей применяли следующие формулы:

чувствительность = $[\text{TP}/(\text{TP} + \text{FN})] \cdot 100$; специфичность = $[\text{TN}/(\text{TN} + \text{FP})] \cdot 100$; положительная прогностическая ценность (positive predictive value — PPV) = $[\text{TP}/(\text{TP} + \text{FP})] \cdot 100$; отрицательная прогностическая ценность (negative predictive value — NPV) = $[\text{TN}/(\text{TN} + \text{FN})] \cdot 100$; диагностическая эффективность (diagnostic effectiveness — DE) = $[(\text{TP} + \text{TN})/(\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN})] \cdot 100$ [16].

Все пациенты были разделены на две группы: 1-я — с интрамедуллярными объемными образова-

ниями: 26 (35%) пациентов, средний возраст 45 ± 11 лет, мужчин — 12 (46%), женщин — 14 (54%); 2-я — с экстрамедуллярными объемными образованиями: 48 (65%) пациентов, средний возраст 50 ± 12 лет, мужчин — 15 (31%), женщин — 33 (69%).

Результаты

У пациентов 1-й группы средний поперечный размер опухоли составил 12 ± 4 мм, в длину опухоль распространялась на 1–2 позвонка у 10 пациентов, на 3–4 позвонка — у 7 и на 6–7 позвонков — у 5. По гистологической структуре выявлены следующие образования: эпендимомы — 15 (58%) случаев, гемангиобластома — 4 (15%), кавернозная ангиома — 4 (15%), астроцитомы — 1 (4%), зрелая тератома — 1 (4%), дермоидная киста — 1 (4%). По MRC-scale средний балл до операции составил $4,5 \pm 0,2$. Среднее значение по модифицированной шкале McCormick на дооперационном этапе составило $2,5 \pm 0,9$.

Положение больного на операционном столе зависело от расположения объемного образования: сидя оперированы 19 (73%) пациентов, в положении на боку (park bench) — 5 (19%), лежа на животе (Concorde) — 2 (8%). Средняя длительность операции составила 240 ± 53 мин; средняя кровопотеря — 115 ± 57 мл.

После оперативного лечения средний балл по MRC-scale составил $3,6 \pm 0,1$. По этой шкале ухудшение неврологического статуса отмечено у 15 (58%) пациентов, у которых поперечный размер опухоли достигал 4–23 мм. В дальнейшем улучшение неврологического статуса отмечено у 3 (8%) пациентов, у них поперечный размер опухоли составила 9–18 мм. Неврологический статус оставался на дооперационном уровне у 6 (27%) пациентов (поперечный размер опухоли — от 5 до 12 мм). По модифицированной шкале McCormick среднее значение в послеоперационном периоде составило $2,9 \pm 1$. Ухудшение функционального статуса отмечено у 12 (46%) больных, неизменный результат — у 11 (42%) и улучшение — у 3 (12%).

Снижение амплитуды МВП отмечено у 19 (73%) из 26 пациентов, отсутствие изменений МВП — у 7 (27%). Среди больных со снижением МВП у 14 (54%) отмечено ухудшение неврологического статуса после операции, у 6 (23%) из них наблюдался грубый неврологический дефицит до операции, и у 4 (15%) изменения неврологического статуса не было. По гистологической структуре у этих больных большую часть опухолей составили эпендимомы — 14 случаев. Гемангиобластома выявлена у 3 пациентов, кавернозная ангиома — у 1 и диффузная астроцитомы Grade II — у 1.

Во время удаления интрамедуллярной опухоли нейрохирург корректировал хирургическую тактику, дожидаясь восстановления МВП при их сниже-

Таблица 1. Показатели информативности интраоперационной регистрации МВП при интрамедуллярных опухолях

Метод	Чувствительность, %	Специфичность, %	Положительная прогностическая ценность, PPV, %	Отрицательная прогностическая ценность, NPV, %	Диагностическая эффективность, DE, %
МВП руки	89	100	100	80	92
МВП ноги	83	14	45	50	46

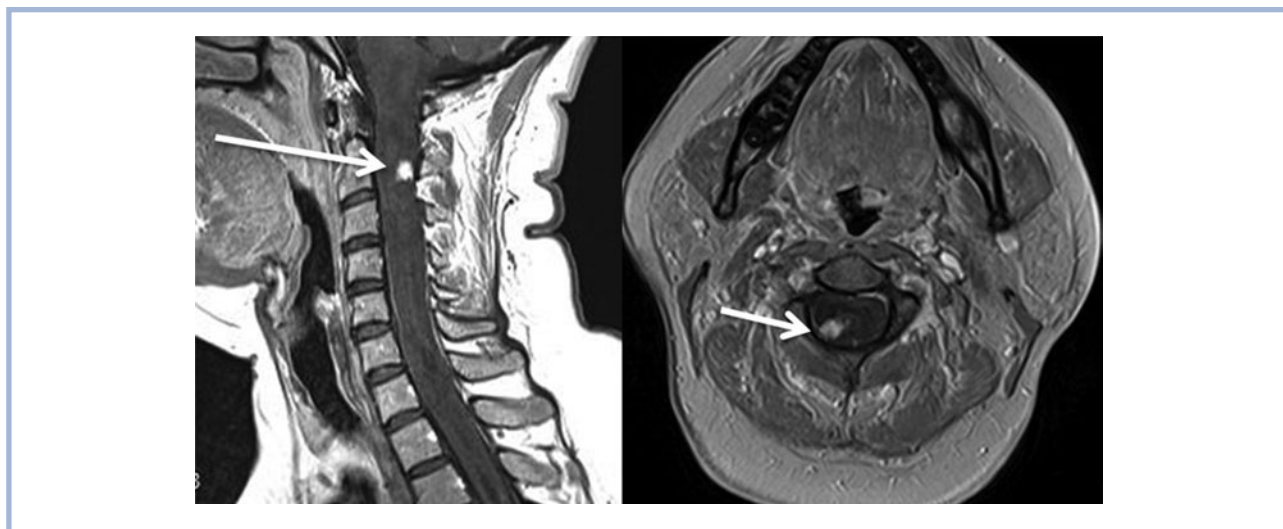


Рис. 1. МРТ-томограмма шейного отдела позвоночника с контрастным усилением больного Ш, сагиттальная и аксиальная проекции.

На уровне С2 позвонка визуализируется интрамедуллярное объемное образование (указано стрелками), расположенное в задних отделах с латерализацией вправо. Сагиттальный размер опухоли — 6,5 мм, фронтальный — 8 мм.

нии, или меняя сторону отделения опухоли, производя орошение теплым физиологическим раствором области диссекции, уменьшение объема новообразования, введение метилпреднизолон. В результате ухудшение неврологического статуса отмечалось не более чем на 1–2 балла.

Показатели информативности МВП у пациентов 1-й группы представлены в **табл. 1**. Чувствительность и специфичность МВП, зарегистрированных с мышц рук, оказалась выше, чем с мышц ног.

Во всех случаях по результатам МРТ шейного отдела позвоночника с контрастным усилением, проведенной в 1-е сутки после операции, не выявлено патологического накопления контраста — объемные образования удалены радикально.

Клинический пример

Пациент Ш., 35 лет, поступил в отделение нейрохирургии №2 ФЦН с диагнозом «интрамедуллярная опухоль на уровне С2 позвонка», с жалобами на слабость и чувство онемения в правой руке.

В неврологическом статусе отмечались: парез сгибателей и разгибателей правой кисти (3 балла); сгибателей и разгибателей правого предплечья (4 балла).

По шкале McCormick — 2 балла. По данным МРТ шейного отдела с контрастным усилением выявлено интрамедуллярное объемное образование

заднелатерального расположения на уровне С2 позвонка (**рис. 1**).

Проведено оперативное лечение: ламинэктомия С2 позвонка, удаление интрамедуллярного объемного образования под нейрофизиологическим контролем. Положение пациента на операционном столе — сидя, голова фиксирована в скобе Mayfield. До и после вскрытия ТМО получены ВМО со всех мышц-мишеней с сохраненными амплитудно-временными параметрами.

Через 7 мин после начала удаления опухоли (в 19:10) зарегистрировано выраженное снижение амплитуды ВМО с мышц правой кисти (до 90% от исходной) и исчезновение ВМО с мышц правой голени (**рис. 2**). Эти данные могли свидетельствовать о нарушении функции моторного проведения по передним и боковым столбам спинного мозга справа вследствие хирургически индуцированного повреждения кортикоспинального тракта. В 19:15 производилось орошение операционной раны теплым физиологическим раствором, введение метилпреднизолон (1000 мг), смена стороны выделения опухоли.

В 19:30 (на этапе гемостаза после удаления опухоли) зарегистрировано восстановление амплитуды ВМО с мышц правой голени до исходного уровня, в 19:39 — восстановление амплитуды ВМО с мышц правой кисти до исходного уровня. На этапе окончания гемостаза получены ВМО со всех мышц-

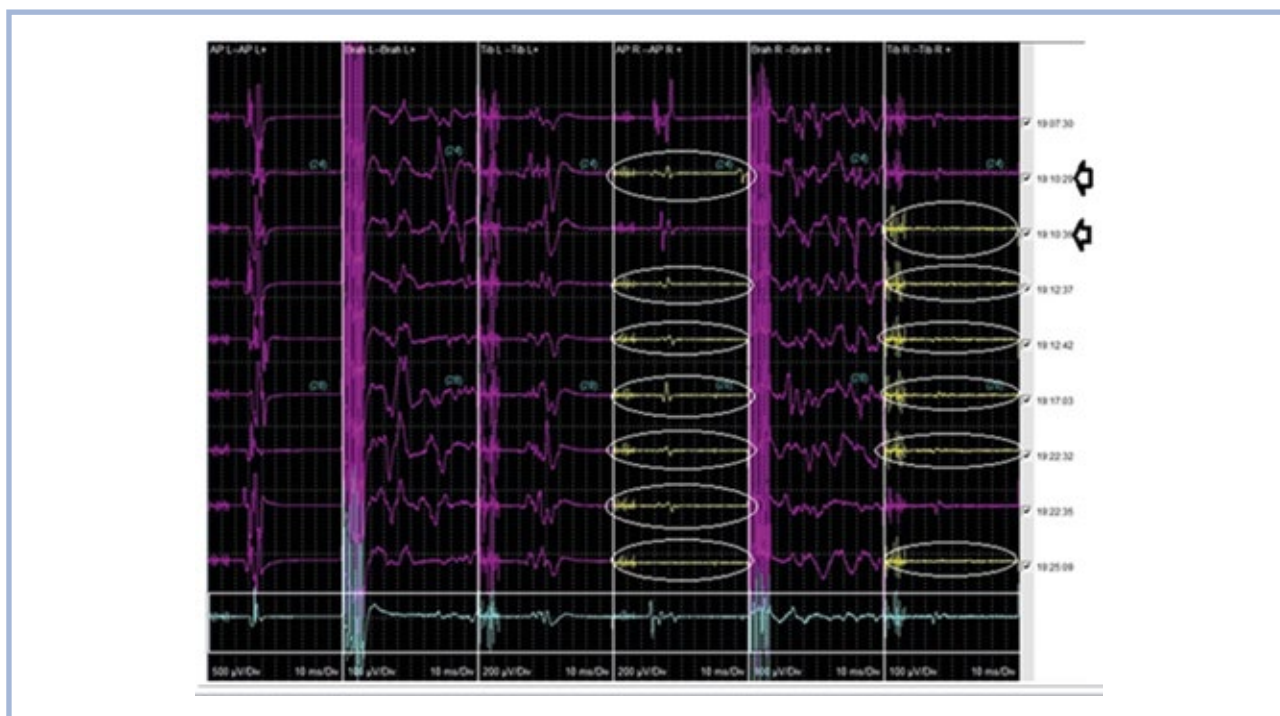


Рис. 2. Параметры ВМО с мышц-мишенью и параметры стимуляции при проведении транскраниальной электрической стимуляции моторной зоны коры головного мозга во время операции больного Ш.

Здесь и на рис. 3, 6, 7: овалом выделены трассы со сниженным или исчезающим ответом. Подписи каналов (сверху в столбцах): AP L — левая кисть: тенар и гипотенар; AP R — правая кисть: тенар и гипотенар; Brah L — левое плечо: бицепс и трицепс; Brah R — правое плечо: бицепс и трицепс; Tib L — левая голень: передняя большеберцовая и икроножная мышцы; Tib R — правая голень: передняя большеберцовая и икроножная мышцы. Справа от каждой трассы указывается время регистрации ответов — они идут в хронологическом порядке. Под всеми трассами выделены исходные амплитуды ответов МВП до удаления опухоли на этапе вскрытия ТМО. Стрелками указано время ухудшения ответа.

мишенью с относительно сохранными амплитудно-временными параметрами (на дооперационном уровне) (рис. 3).

Таким образом, во время удаления опухоли произошло выраженное транзитное снижение амплитуды ответов с правой кисти и правой голени, что может являться признаком хирургически индуцированного повреждения спинного мозга.

В раннем послеоперационном периоде отмечено нарастание пареза правой кисти — снижение мышечной силы в правой кисти до 2 баллов, легкий парез левой кисти — снижение мышечной силы до 4 баллов (исходно 5 баллов), по шкале McCormick — 3.

МРТ с контрастным усилением в 1-е сутки после операции свидетельствует о радикальном удалении объемного образования (рис. 4).

За время нахождения в отделении наблюдалась положительная динамика в неврологическом статусе: восстановление силы в левой кисти до 5 баллов, в правой кисти до 3 баллов, по шкале McCormick — 2 балла. Пациент выписан на 8-е сутки после операции. Гистологическое заключение: гемангиобластома, Grade I.

Во 2-й группе средний поперечный размер образований составил 17 ± 6 мм, опухоль распространялась на 1—2 позвонка у 31 пациента, на 3 позвонка — у 9 и на 6—7 позвонков — у 7. По гистологической структуре выявлены опухоли: шваннома — 24

(50%) случая, менингиома — 18 (38%), нейрофиброма — 6 (12%). По MRC-scale средний балл до операции составил $4,6 \pm 0,1$. До проведения операции по шкале McCormick среднее значение функционального статуса составило $2,15 \pm 0,9$. Положение пациента на операционном столе зависело от латерализации объемного образования: в положении лежа на боку (park bench) оперированы 37 (77%) больных, сидя — 5 (11%), лежа на животе (concorde) — 6 (12%). Средняя длительность операции составила 296 ± 113 мин; средняя кровопотеря — 417 ± 350 мл.

В послеоперационном периоде по MRC-scale отмечено улучшение неврологического статуса у всех 48 пациентов, средний балл мышечной силы — $4,8 \pm 0,1$. После удаления опухоли функциональный статус по модифицированной шкале McCormick составил в среднем $2 \pm 0,8$ балла. Неизменный функциональный статус имели 38 (79%) больных, у 8 (17%) отмечено улучшение и у 2 (4%) — ухудшение, что было связано со снижением чувствительности в конечностях. Снижение амплитуды МВП с мышц рук было зарегистрировано во время удаления объемного образования только у 6 (13%) пациентов, с ног — у 3 (6%). В других случаях амплитуда МВП не снижалась. По гистологической структуре среди пациентов со снижением МВП в 5 случаях выявлена шваннома, Grade 1 (поперечный размер опухоли —

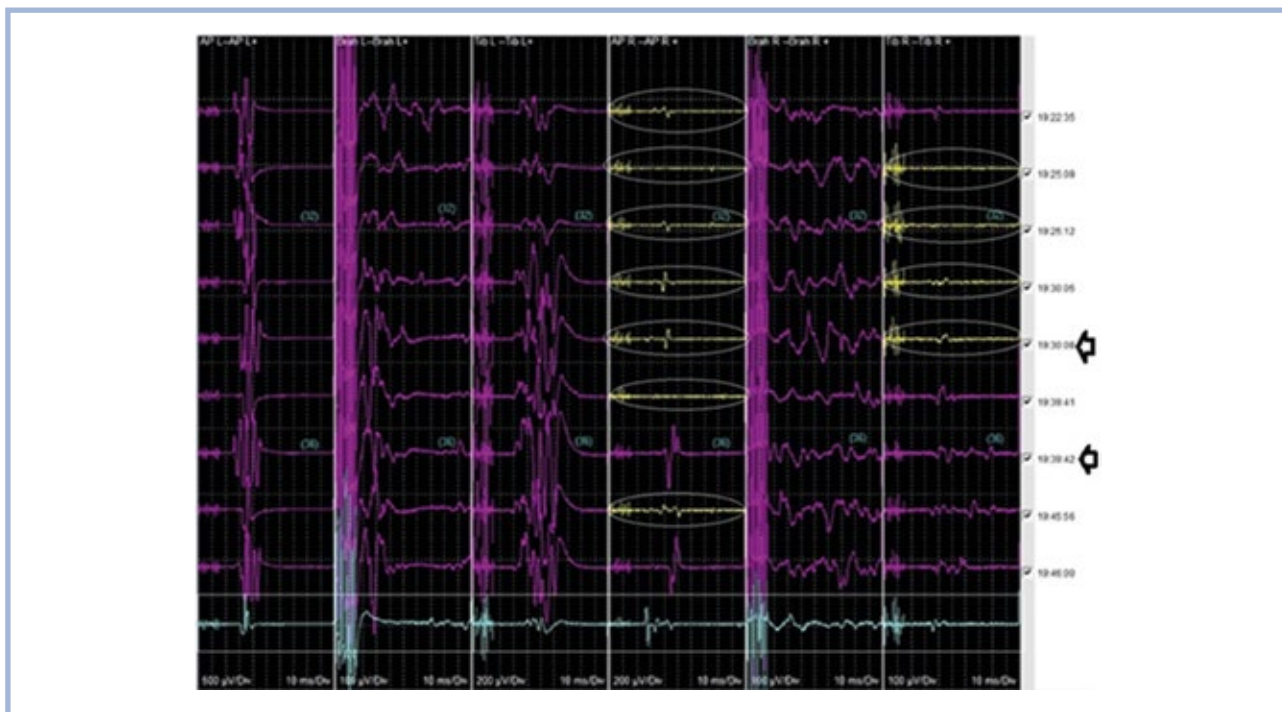


Рис. 3. Параметры ВМО с мышци-мишенью и параметры стимуляции при проведении транскраниальной электрической стимуляции моторной зоны коры головного мозга после операции больного Ш.

Под всеми трассами выделены исходные амплитуды ответов МВП до удаления опухоли на этапе вскрытия ТМО. Стрелками указано время ухудшения ответа.

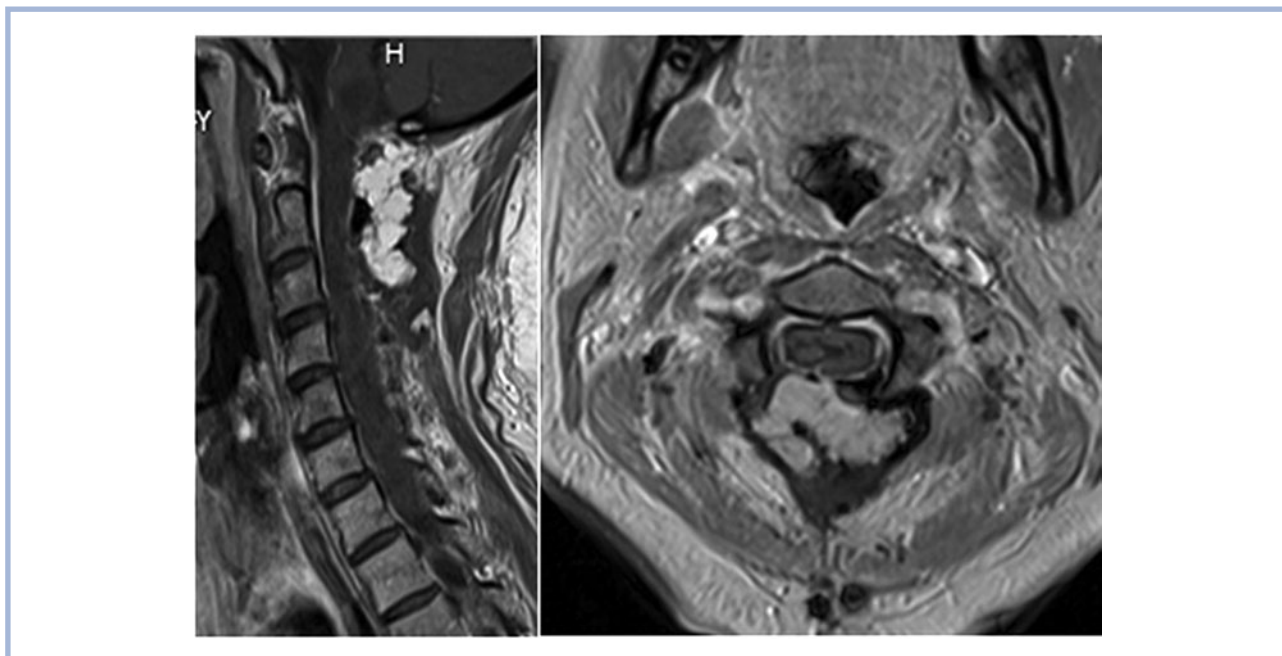


Рис. 4. МРТ-томограмма шейного отдела позвоночника больного Ш. после операции с контрастным усилением, сагиттальная и аксиальная проекции.

Опухоль не визуализируется.

5, 16, 20, 21 мм), в 3 — менингиома, Grade I (поперечный размер опухоли — 8, 12 мм) и в 1 — нейрофиброма (поперечный размер опухоли 10 мм).

При удалении интрадуральной экстремедулярной опухоли действия хирурга были направлены на

уменьшение тракции спинного мозга путем расширения костного доступа, с помощью ультразвукового деструктора проводилось уменьшение объема опухоли (debulking), введение метилпреднизолона, орошение теплым физиологическим раствором.

Таблица 2. Показатели информативности интраоперационной регистрации МВП при экстрадуральных опухолях

Метод	Чувствительность, %	Специфичность, %	Положительная прогностическая ценность, PPV, %	Отрицательная прогностическая ценность, NPV, %	Диагностическая эффективность, DE, %
МВП, ИОМ руки	0	87	0	100	87
МВП, ИОМ ноги	0	93	0	100	93

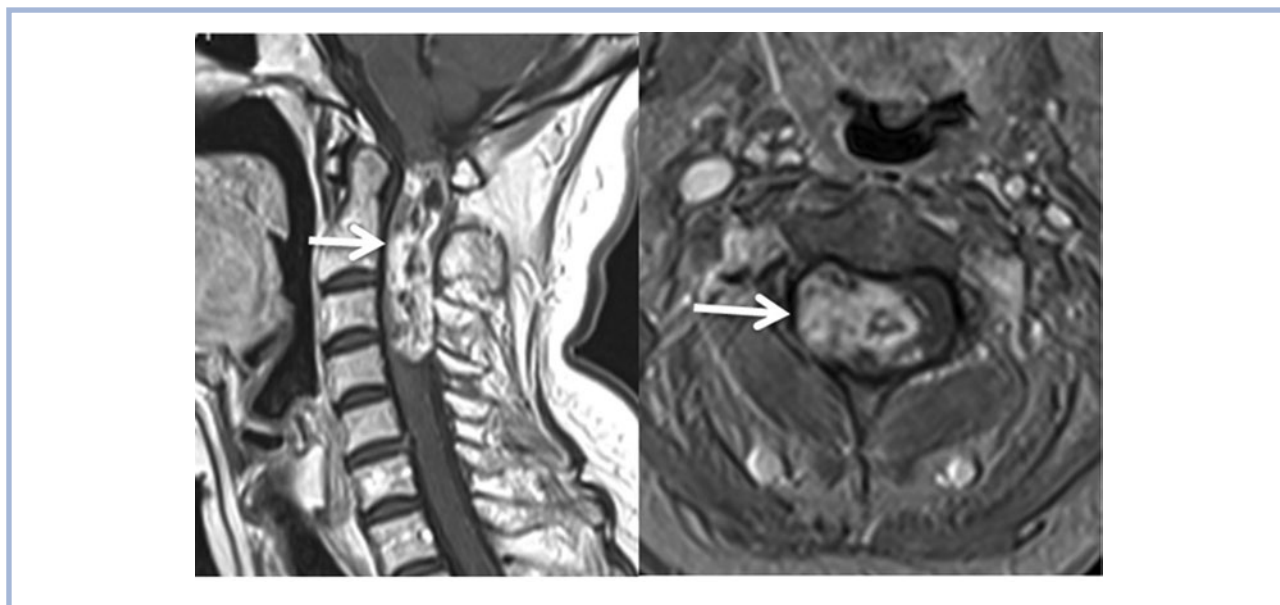


Рис. 5. МРТ-томограмма шейного отдела позвоночника больного Т. с контрастным усилением, аксиальная и сагиттальная проекции.

Визуализируется интрадуральная экстрадуральная опухоль, занимающая большую часть позвоночного канала, с латерализацией вправо (указано стрелками). Сагиттальный размер опухоли — 49 мм, поперечный — 22 мм.

Во 2-й группе не зарегистрировано ни одного случая истинно положительного снижения амплитуды МВП. У 9 (19%) пациентов со снижением амплитуды МВП не отмечено снижения мышечной силы в послеоперационном периоде, что расценено как ложноположительный результат, в связи с этим чувствительность метода МВП равна 0%. Показатели информативности интраоперационной регистрации МВП представлены в табл. 2.

МРТ с контрастным усилением в первые сутки после операции показало радикальное удаление объемного образования у всех пациентов этой группы.

Клинический пример

Пациент Т., 60 лет, поступил в отделение нейрохирургии №2 ФЦН с диагнозом «интрадуральное экстрадуральное объемное образование на уровне С1—С4 позвонков, тип II (по классификации К. Sridhar и соавт., [17]).

При поступлении: жалобы на боль в шейном отделе позвоночника, слабость и онемение в руках и ногах.

В неврологическом статусе — спастический тетрапарез (3 балла), гипестезия по проводниковому

типу с уровня С3 сегмента. По шкале McCormick до операции — 4 балла. По данным МРТ шейного отдела с контрастным усилением выявлено интрадуральное, экстрадуральное объемное образование на уровне С1—С4 позвонков, занимающее большую часть позвоночного канала, с латерализацией вправо (рис. 5).

Проведено оперативное лечение: ламинэктомия С1—С4 позвонков, удаление интрадурального объемного образования под нейрофизиологическим контролем. Положение пациента во время операции — на левом боку (park bench), голова фиксирована в скобе Mayfield. До и после вскрытия ТМО получены ВМО со всех мышц-мишеней с сохраненными амплитудно-временными параметрами.

В 19:07 зарегистрировано выраженное снижение амплитуды ВМО с мышц правой кисти (на 90% от исходной амплитуды ВМО) (рис. 6), что могло свидетельствовать о нарушении функции моторного проведения по передним и боковым столбам спинного мозга справа вследствие хирургически индуцированного повреждения кортико-спинального тракта. В 19:08 хирургом производилось орошение раны теплым физиологическим раствором, введе-

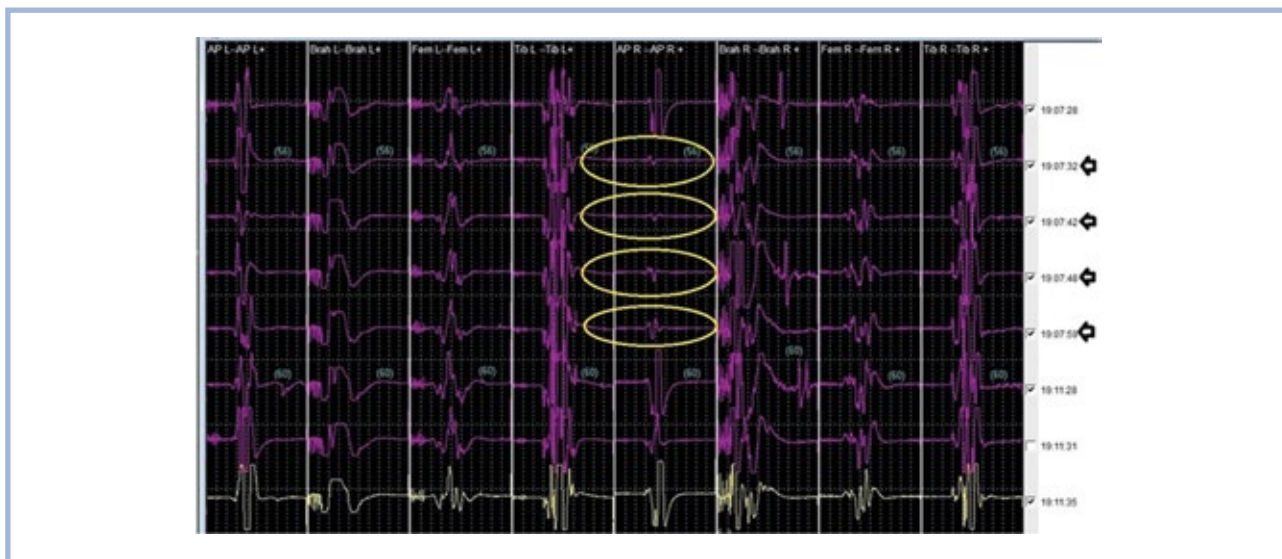


Рис. 6. Параметры ВМО с мышц-мишеней больного Т. и параметры стимуляции при проведении транскраниальной электрической стимуляции моторной зоны коры головного мозга во время операции.

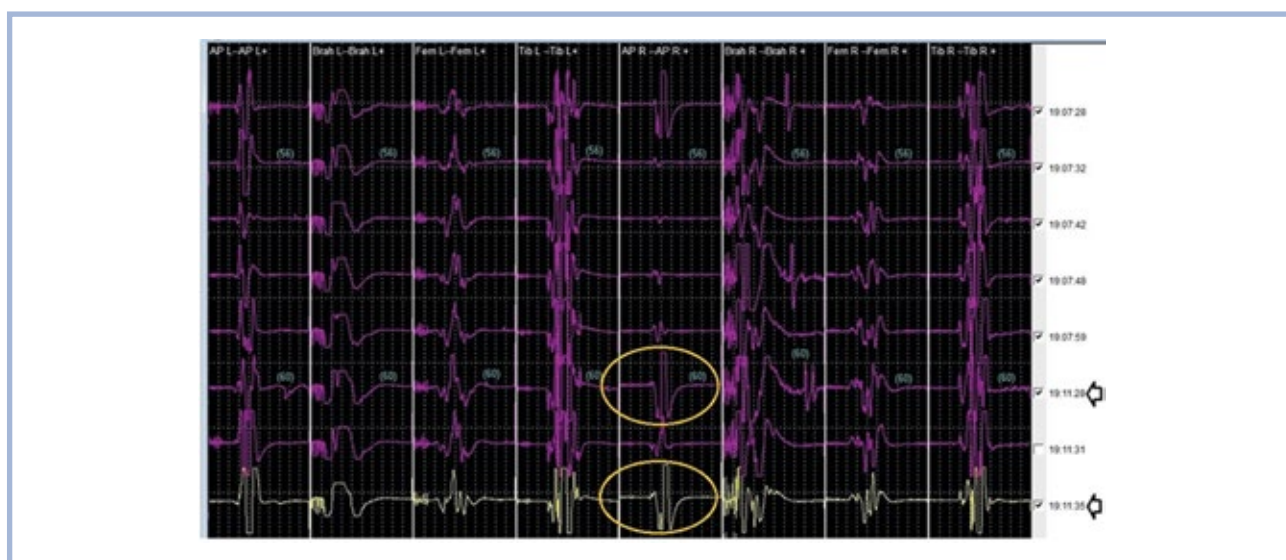


Рис. 7. Параметры ВМО с мышц-мишеней больного Т. и параметры стимуляции при проведении транскраниальной электрической стимуляции моторной зоны коры головного мозга при окончании операции.

ние метилпреднизолона (1000 мг), смена стороны выделения опухоли.

В 19:11 зарегистрировано восстановление амплитуды ВМО с мышц правой кисти до исходного уровня. На этапе окончания гемостаза получены ВМО со всех мышц-мишеней с сохраняемыми амплитудно-временными параметрами (рис. 7).

МРТ с контрастным усилением в первые сутки после операции свидетельствует о радикальном удалении объемного образования (рис. 8).

В раннем послеоперационном периоде отмечено улучшение неврологического статуса: тетрапарез до 4 баллов (исходно — 3 балла), по шкале McCormick — 3 балла. Пациент выписан на 7-е сут-

ки после операции. Гистологическое заключение: шваннома, Grade I.

Обсуждение

По мнению V. Deletis и F. Sala [18], неблагоприятный исход операции на спинном мозге наблюдается вследствие ишемических нарушений, продолжительной тракции во время манипуляций. МВП отражают сохранность двигательной функции, позволяя интраоперационно оценить состояние проводящих путей спинного мозга и определить возможность дальнейших хирургических манипуляций во время выделения и удаления объемного образо-

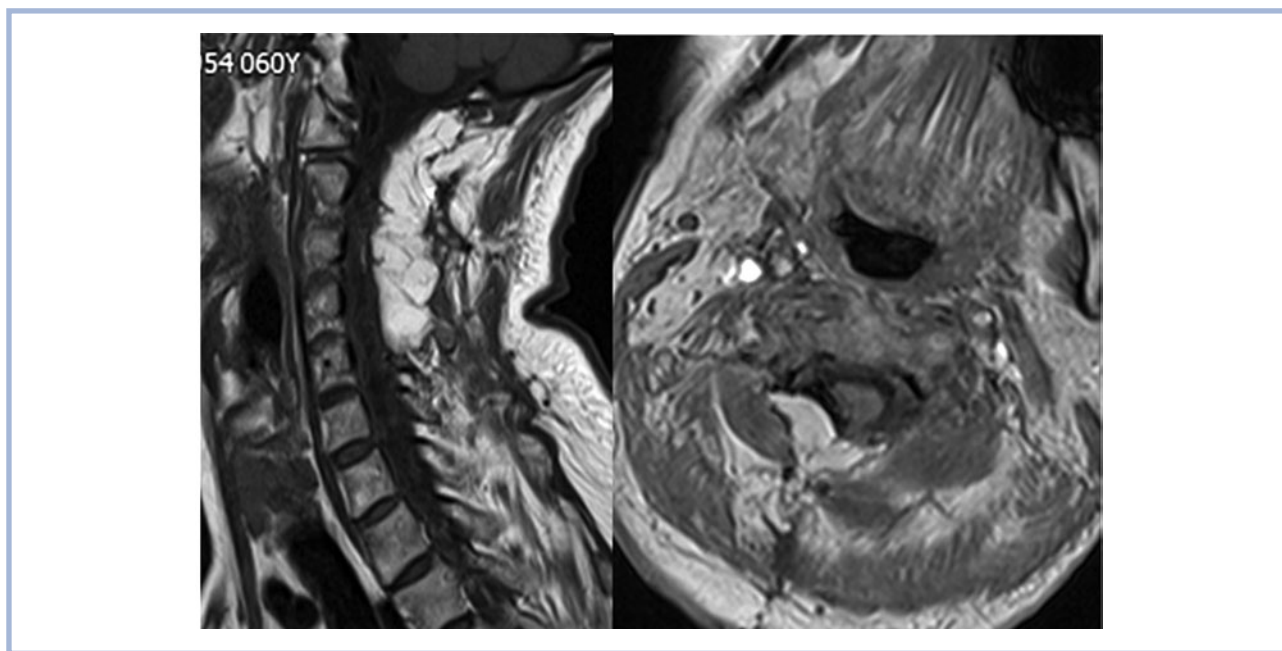


Рис. 8. МРТ-томограмма шейного отдела позвоночника больного Т. с контрастным усилением в первые сутки после операции, аксиальная и сагиттальная проекции.

Опухоль не визуализируется.

вания. В нашем исследовании при снижении МВП хирург менял хирургическую тактику в процессе удаления опухоли: смена стороны выделения опухоли, ожидание восстановления МВП, орошение раны теплым физиологическим раствором, уменьшение объема опухоли (debulking), введение метилпреднизолон. По данным F. Sala и соавт. [18–23], временное прекращение оперативного вмешательства при значительном снижении или исчезновении МВП часто приводит к восстановлению потенциалов и позволяет продолжить удаление новообразования. Если не сменить тактику при снижении МВП и продолжить удаление опухоли, то обратимые изменения могут перейти в необратимые. В нашем исследовании в обеих группах такая тактика приводила к восстановлению МВП, что позволило радикально удалить опухоль с сохранением движений в конечностях. Это показывает высокую диагностическую эффективность метода при выполнении операций как в 1-й группе (МВП руки — 92%; МВП ноги — 46%), так и во 2-й группе (МВП руки — 86%; МВП ноги — 93%).

F. Sala и соавт. [19] в публикации 2006 г. также показали, что при сопоставлении двух групп пациентов, которым выполнено одинаковое хирургическое лечение, но в одной из групп применяли интраоперационный мониторинг, а в другой этот метод не использовался, в раннем послеоперационном периоде не было различий между функциональными исходами. В раннем послеоперационном периоде ухудшение функционального статуса отмечено у

10 пациентов с выраженным неврологическим дефицитом до операции (McCormick 3 и 4). Однако в отдаленном периоде (через 3 мес и более) функциональный исход у пациентов, которым проводили интраоперационный мониторинг, оказался значительно лучше. В нашем исследовании ухудшение неврологического статуса в раннем послеоперационном периоде отмечено в группе пациентов с интрамедуллярными опухолями (14 пациентов из 26), у которых наблюдалось снижение МВП во время операции. Оценка неврологического статуса в более поздние сроки у этих больных не проводилась. По гистологической структуре среди этих больных большую часть составили эпендимомы (9 случаев), реже встречались гемангиобластомы (3), кавернозная ангиома (1) и астроцитомы (1). У больных с интрадуральными экстрамедуллярными опухолями ухудшения неврологического статуса не выявлено ни в одном случае.

В исследовании S. Peker и соавт. [24] показано, что поперечный размер опухоли является предиктором неврологического дефицита в до- и послеоперационном периоде. Длина опухоли влияет на развитие послеоперационной дизестезии. У пациентов с большими опухолями неврологический статус в до- и послеоперационном периоде был тяжелее. P. Velautham и соавт. [25] показали, что расположение опухоли в спинном мозге не оказывало влияния на динамику функционального статуса в послеоперационном периоде. В нашем исследовании у пациентов с ухудшением неврологического статуса попе-

речный размер опухоли составлял от 4 до 23 мм, что может указывать на отсутствие зависимости исхода от этой величины, однако такие данные могут быть связаны с небольшим числом больных и разнородностью группы.

В своей работе Е.А. Буркова [26] сделала вывод, что метод оценки МВП при интраоперационном мониторинге у 41 пациента с интрамедуллярными опухолями является высокочувствительным методом диагностики нарушений двигательной активности. Проведенное нами исследование также показывает высокую чувствительность и специфичность этого метода, что позволяет с большей уверенностью ориентироваться на изменения ВМО во время операции.

Р. Velayutham и соавт. [25] утверждали, что ранние интраоперационные корректирующие действия хирурга, при снижении МВП в одной мышце или более, предупреждают выраженное послеоперационное ухудшение двигательных функций в конечностях. Авторы наблюдали послеоперационный неврологический дефицит в мышцах, в которых было снижение МВП во время операции. У пациентов с полным исчезновением МВП ухудшение неврологического статуса выявлялось в 3 раза чаще, при этом местоположение опухоли (интрамедуллярно, экстрамедуллярно) не оказывало влияния на прогностическую ценность МВП, а изменения МВП показали высокую чувствительность (100%) и специфичность (98,1%) у пациентов как с интра-, так и с экстрамедуллярными опухолями.

Показатели МВП во время удаления интрадуральных опухолей обеспечивают возможность своевременно изменить хирургическую тактику в соответствии с интраоперационной ситуацией, а оценка неврологического статуса в раннем послеоперационном периоде — определить, насколько объективна для хирурга получаемая интраоперационно информация.

Выводы

1. Регистрация МВП является высокочувствительным и высокоспецифичным методом диагностики нарушения функции кортикоспинального тракта у больных с интрамедуллярными опухолями шейного отдела спинного мозга. Чувствительность и специфичность МВП, зарегистрированных с верхних конечностей, выше аналогичных показателей с мышц нижних конечностей.

2. Чувствительность МВП у пациентов с экстрамедуллярными интрадуральными опухолями соответствует 0%, диагностическая эффективность с мышц рук — 86%, с мышц ног — 93%.

3. При снижении амплитуды МВП у больных с интрамедуллярными и экстрамедуллярными опухолями шейного отдела спинного мозга изменение тактики хирурга обеспечивает возможность уменьшить или полностью нивелировать хирургически индуцированное повреждение спинного мозга.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bruneau M, Fischer G, Mahla K, Brotschi J, Quiñones-Hinojosa A. Surgical management of intramedullary spinal cord tumors in adults. *Schmidke and sweet operative neurosurgical techniques: indications, methods, and techniques.* 2012;6.
2. Constantini S, Miller DC, Allen JC, Rorke LB, Freed D, Epstein FJ. Radical excision of intramedullary spinal cord tumors: surgical morbidity and long-term follow-up evaluation in 164 children and young adults. *J. Neurosurg.* 2000;93(2 Suppl):183-193.
3. Sharma M, Sonig A, Ambekar S, Nanda A. Discharge dispositions, complications, and costs of hospitalization in spinal cord tumor surgery: analysis of data from the United States Nationwide Inpatient Sample, 2003—2010: clinical article. *Journal of Neurosurgery: Spine.* 2014;20:2:125-141.
4. Van Goethem JWM, Van den Hauwe L, Özsarlak Ö, De Schepper AMA, Parizel PM. Spinal tumors. *European journal of radiology.* 2004;50:2:159-176.
5. Angevine PD, Kellner C, Haque RM, McCormick PC. Surgical management of ventral intradural spinal lesions: clinical article. *Journal of Neurosurgery: Spine.* 2011;15:1:28-37.
6. Chamberlain MC, Tredway TL. Adult primary intradural spinal cord tumors: a review. *Current neurology and neuroscience reports.* 2011;11:3:320-328.
7. Beall DP, Googe DJ, Emery RL, Thompson DB, Campbell SE, Ly JQ, DeLone D, Smirniotopoulos J, Lisanti C, Currie TJ. Extramedullary intradural spinal tumors: a pictorial review. *Current problems in diagnostic radiology.* 2007;36:5:185-198.
8. Кушель Ю.В. Интрамедуллярные опухоли спинного мозга. Ч. I. (эпидемиология, диагностика, принципы лечения). *Нейрохирургия.* 2008;3:10. [Kushel' YuV. Intramedullary tumors of the spinal cord. Part I. (epidemiology, diagnosis, principles of treatment). *Neurosurgery.* 2008;3:10. (In Russ.).]
9. Isaacson SR. Radiation therapy and the management of intramedullary spinal cord tumors. *J Neurooncol.* 2000;47(3):231-238.
10. Sala F, Bricolo A, Faccioli F, Lanteri P, Gerosa M. Surgery for intramedullary spinal cord tumors: the role of intraoperative (neurophysiological) monitoring. *European Spine Journal.* 2007;16:2:130-139.
11. Merton PA, Morton HB. Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature.* 1980.
12. Louis DN, Ohgaki H, Wiestler OD, Cavenee WK, Burger PC, Jouvet A, Scheithauer BW, Kleihues P. The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system. *Acta neuropathologica.* 2007;114:2:97-109.
13. Van der Ploeg RJO, Oosterhuis H, Reuvekamp J. Measuring muscle strength. *Journal of neurology.* 1984;231:4:200-203.
14. McCormick PC, Stein BM. Intramedullary tumors in adults. *Neurosurgery Clinics of North America.* 1990;1:3:609.
15. Epstein FJ, Farmer JP, Freed D. Adult intramedullary astrocytomas of the spinal cord. *Journal of neurosurgery.* 1992;77:3:355-359.
16. Jasper HH. The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and clinical neurophysiology.* 1958;10:371-375.
17. Sridhar K, Ramamurthi R, Vasudevan MC, Ramamurthi B. Giant invasive spinal schwannomas: definition and surgical management. *Journal of Neurosurgery: Spine.* 2001;94:2:210-215.
18. Deletis V, Sala F. Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: a review focus on the cortico-spinal tracts. *Clinical Neurophysiology.* 2008;119:248-264.
19. Sala F, Palandri G, Basso E, Lanteri P, Deletis V, Faccioli F, Bricolo A. Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for in-

- tramedullary spinal cord tumors: a historical control study. *Neurosurgery*. 2006;58:6:1129-1143.
20. Quiñones-Hinojosa A, Lyon R, Zada G, Lamborn KR, Gupta N, Parsa AT, McDermott MW, Weinstein PR. Changes in transcranial motor evoked potentials during intramedullary spinal cord tumor resection correlate with postoperative motor function. *Neurosurgery*. 2005;56:5:982-993.
 21. Pelosi L, Lamb J, Grevitt M, Mehdian SMH, Webb JK, Blumhardt LD. Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery. *Clinical neurophysiology*. 2002;113:7:1082-1091.
 22. MacDonald DB. Safety of intraoperative transcranial electrical stimulation motor evoked potential monitoring. *Journal of clinical neurophysiology*. 2002;19:5:416-429.
 23. Costa P, Bruno A, Bonzanino M, Massaro F, Caruso L, Vincenzo I, Ciaramitaro P, Montalenti E. Somatosensory and motor-evoked potential monitoring during spine and spinal cord surgery. *Spinal cord*. 2007;45:1:86-91.
 24. Peker S, Ozgen S, Ozek MM, Pamir MN. Surgical treatment of intramedullary spinal cord ependymomas: can outcome be predicted by tumor parameters? *Clinical Spine Surgery*. 2004;17:6:516-521.
 25. Velayutham P, Rajshekhar V, Chacko AG, Babu SK. Influence of tumor location and other variables on predictive value of intraoperative myogenic motor-evoked potentials in spinal cord tumor surgery. *World neurosurgery*. 2016;92:264-272.
 26. Буркова Е.А. Методы интраоперационного контроля и послеоперационного восстановления больных с интрамедуллярными опухолями: Дис. ... канд. мед. наук. М. 2015. Доступно по: http://arhiv.neurology.ru/professional/Disser_Burkova.pdf Ссылка активна на 24.05.2016 [Burkova EA. *Methods of intraoperative control and postoperative recovery of patients with intramedullary tumors*. [dissertation]. М. 2015. (In Russ.)] Dostupno po: http://arhiv.neurology.ru/professional/Disser_Burkova.pdf Ssylka aktivna na 24.05.2016
 27. Korn A, Halevi D, Lidar Z, Biron T, Ekstein P, Constantini S. Intraoperative neurophysiological monitoring during resection of intradural extramedullary spinal cord tumors: experience with 100 cases. *Acta neurochirurgica*. 2015;157:5:819-830.

Поступила 15.06.17

Комментарий

Проблема хирургического лечения интрамедуллярных опухолей спинного мозга является крайне важной для современной медицины, так как заболевание в большинстве случаев отличается агрессивным течением, часто поражает людей молодого и среднего возраста и приводит к глубокой инвалидизации больного. В настоящий момент интраоперационный мониторинг (ИОМ) является обязательным условием для проведения операций по удалению интрамедуллярных опухолей. В то же время до сих пор в отечественной литературе нет данных об эффективности этого метода, так же как и четкого алгоритма его проведения, вследствие чего работа авторов настоящей статьи представляется интересной.

Работами Ю.В. Кушеля, J. Klekamp, J. Brotchi было показано, что интрамедуллярные опухоли целесообразно оперировать только в клиниках экспертного уровня, где эти операции выполняются не менее 20—30 раз в год одним хирургом, так как при меньшем количестве вмешательств увеличивается число осложнений, а технические погрешности в операции могут привести к глубокой инвалидности. По данным J. Klekamp, хирурги, которые провели более 70 операций по удалению интрамедуллярных опухолей, произвели тотальное удаление в 95 (88,8%) случаях из 107; а хирургам с меньшим опытом, которые провели менее 20 операций, удалось осуществить тотальное удаление в 19 (61,3%) из 31 случая.

В настоящее время мониторинг двигательных путей при помощи моторных вызванных потенциалов (МВП), возникающих при стимуляции короткой серией импульсов, — один из рутинных методов при мониторинге функций спинного мозга, хотя необходимо помнить и о недостатках этого метода. Один из них — высокая вариабельность амплитуды мышечного ответа от исследования к исследованию, что затрудняет определение критериев различия между ухудшением в проведении и полной потерей ответов. Более того, чувствительность этих потенциалов к ишемии спинного мозга довольно высока. В результате ложнопозитивные случаи будут встречаться чаще, если проводить оценку только по МВП. Следовательно, при оценке результатов теста необходимо обращать внимание не столько на количественные показатели, сколько на их качественные изменения, поэтому при оценке двигательных путей спинного мозга целесообразно

применять МВП совместно со спинальной D-волной. D-волна (direct wave), отражает прямую аксональную активацию спинного мозга и функциональную целостность быстропроводящих нейронов кортико-спинального тракта. По данным Morota (1997), D-волна является одним из лучших предикторов хорошего функционального исхода, наравне с предоперационным статусом пациента. При этом использование МВП в значительной степени улучшает отдаленные результаты и позволяет предсказать двигательный дефицит по данным ИОМ в конце операции, что также отмечено авторами статьи.

На наш взгляд, заявление авторов о неэффективности применения соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) для ИОМ выглядит необоснованным. Имеются подтверждения, что МВП и ССВП нужно использовать совместно. Так, S. Hyun и S. Rhim приводят данные о том, что совместное применение этих методов обеспечивает большую чувствительность и большую положительную предсказательную способность, чем их раздельное использование.

Таким образом, нельзя не согласиться с авторами, что использование нейрофизиологического ИОМ способствует сохранению прежнего неврологического статуса в раннем послеоперационном периоде при удалении интрамедуллярной опухоли шейного отдела спинного мозга, особенно при исходном легком и умеренном неврологическом дефиците.

По нашим данным, сохранение амплитуды M-ответа до 50% от исходной в конце операции является предиктором сохранения мышечной силы на дооперационном уровне, порог M-ответа 65—70% в предоперационном периоде является предиктором неблагоприятного отдаленного исхода. При этом целесообразна комбинация методов мониторинга (МВП, ССВП, D-волна). Применение ИОМ при операциях у пациентов с экстрамедуллярными новообразованиями шейного отдела позвоночника, на наш взгляд, может служить лишь для констатации избыточной компрессии спинного мозга при удалении опухоли. Правильность выбора хирургического доступа и адекватная хирургическая техника удаления должны обеспечить отсутствие нарастания неврологического дефицита при удалении образований экстрамедуллярной локализации.

А.О. Гуца (Москва)