

ВАРИАНТ ФОРМАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА

Сайфутдинов М.С., Скрипников А.А., Савин Д.М., Очирова П.В., Третьякова А.Н.

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения России», Курган, Россия (640014 г. Курган-14, ул. М. Ульяновой, 6), e-mail: sayfujin@gmail.com

Оценка результатов интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (транскраниальные моторные вызванные потенциалы) 165 пациентов в возрасте от 1 года 4 месяцев до 66 лет в процессе хирургической коррекции деформации позвоночника показала, что формализация наблюдаемых в процессе тестирования кортикоспинальных трактов реактивных изменений конфигурации и параметров вызванных моторных ответов мышц-индикаторов позволяет количественно оценить вероятность возникновения двигательных нарушений у пациентов в послеоперационном периоде. Предложена балльная шкала изменений транскраниальных моторных вызванных потенциалов в условиях хирургического воздействия. Использование в спинальной хирургии метода интраоперационного нейрофизиологического мониторинга направлено на снижение риска неблагоприятных воздействий на спинной мозг.

Ключевые слова: деформация позвоночника, интраоперационный нейромониторинг, моторные вызванные потенциалы, неврологические осложнения

VERSION OF FORMALIZATION OF THE RESULTS OF INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING DURING SURGICAL CORRECTION OF SPINAL DEFORMITIES

Saifutdinov M.S., Skripnikov A.A., Savin D.M., Ochirova P.V., Tretiakova A.N.

Federal State Budgetary Institution «Russian Ilizarov Center for 'Restorative Traumatology and Orthopedics» Ministry of Healthcare, Kurgan, Russia, (640014 g. Kurgan -14, M. Ulyanova street, 6), e-mail: maratsaif@yandex.ru

Evaluation results of intraoperative neurophysiological monitoring (transcranial motor evoked potentials) of 165 patients aged 1 year and 4 month to 66 years during spine correction surgery of spinal deformity, showed that formalization of the reactive changes of configuration and parameters of induced motor responses of the muscle-indicators, observed during corticospinal tracts testing, allows to quantify the probability of movement disorders in patients in the postoperative period. The mark scale of changes of transcranial motor evoked potentials in the conditions of surgical influence is offered. The use of the method of intraoperative neurophysiological monitoring in spinal surgery is aimed at reducing the risk of adverse effects on the spinal cord.

Keywords: spinal deformity, intraoperative neuromonitoring, motor evoked potentials, neurological complications

В процессе широкого внедрения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ИОМН) в систему сопровождения оперативной коррекции деформаций позвоночника накопились данные о наличии ложноотрицательных реакций при использовании в качестве инструмента контроля соматосенсорных вызванных потенциалов [6; 9] и ложноположительных реакций [5] со стороны моторных вызванных потенциалов (МВП). Значительная вариабельность последних в ходе выполнения оперативного вмешательства, вызванная их высокой чувствительностью к компонентам анестезии [5] и ишемии [8], затрудняет выработку единого мнения относительно сигнальных значений наблюдаемых явлений [10]. Существуют различные мнения относительно критических значений характеристик МВП, свидетельствующих о наличии опасности ятрогенного

повреждения нервных структур [8] и относительно объема и характера сведений, которые нейрофизиолог должен сообщать хирургу в процессе ИОМН [5]. В связи с вышесказанным мы полагаем, что перспективным путем решения накопившихся вопросов, в особенности проблемы ложноположительных реакций, является формализация получаемой в процессе ИОМН информации, что создаст возможности для более строгого ее сравнения с количественными характеристиками комплекса факторов, действующих во время оперативного вмешательства.

Целью настоящей работы является систематизация интраоперационных изменений МВП, основанная на их взаимосвязи со степенью риска развития неврологических осложнений.

Материалы и методы

Анализируемая выборка состояла из 165 больных (59 мужского, 106 женского пола), в возрасте от 1 года 4 месяцев до 66 лет (средний возраст $14,1 \pm 0,7$ лет) с деформациями позвоночника разной этиологии. Величина деформации варьировала от 20° до 105° по сколиотическому компоненту и от 15° до 134° — по кифотическому. Всем пациентам была произведена инструментальная коррекция деформации и последующая фиксация грудного / грудопоясничного отдела позвоночника с использованием различных вариантов погружных систем транспедикулярной фиксации [1, 2, 3, 4].

Интраоперационный нейромониторинг осуществлялся с помощью цифрового комплекса «ISIS» (Inomed Medizintechnik GmbH, Германия).

МВП получали посредством транскраниальной электростимуляции моторной коры головного мозга с помощью субдермальных спиралевидных электродов, установленных на скальпе в проекции корковых представительств мышц-индикаторов, что соответствовало отведениям C₃–C₄ по международной системе отведения ЭЭГ (10-20). В качестве мышц-индикаторов использовались *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius (cap. lateralis)*. МВП регистрировали монополярно (отведение типа «belly-tendon») с помощью игольчатых электродов. Стимуляция осуществлялась сериями из пяти разнополярных стимулов (режим «alternative»), длительностью 1 мс с межстимульным интервалом 4 мс и частотой 1 Гц, интенсивностью порядка 150 мА.

Первое тестирование (регистрация так называемых базовых МВП) проводилось через 40–60 мин после введения миорелаксанта, используемого при интубации. Последующие тестирования проводились после выполнения имплантации опорных элементов конструкции и на этапах корригирующих маневров. Продолжительность мониторинга варьировала от 75 мин до 9 ч 48 мин (средняя длительность 3 ч 40 мин $\pm 0,1$ ч).

В процессе каждой посылки стимулирующих воздействий оценивались отсутствие / наличие и характер реакции со стороны моторных трактов спинного мозга в ответ на хирургические манипуляции.

Текущим реактивным изменениям формы и параметров МВП на момент тестирования присваивался ранг в соответствии с разработанной нами шкалой (табл. 1).

На основании совокупности изменений ранговой оценки МВП всех мышц-индикаторов на протяжении всего оперативного вмешательства выявленному типу реакции моторной системы на коррекцию деформации присваивался соответствующий балл (табл. 2).

Определялась частота встречаемости (v) выделенных типов реакции по формуле:

$$v_i = \frac{n_i * 100\%}{N} , \quad (1)$$

где n_i – число наблюдений i -ого типа реакции, N – общее количество наблюдений в анализируемой выборке.

Результаты исследования

Параметры и форма МВП у пациентов до начала оперативного вмешательства варьировали в широких пределах в зависимости от исходного состояния моторной системы пациента.

Обобщая текущие изменения значений ранговой оценки МВП в процессе оперативного вмешательства (табл. 1), мы выделили пять устойчивых комбинаций рангов, которые, по нашему мнению, соответствуют основным типам реакции моторной системы пациента на оперативную коррекцию деформаций позвоночника. Они представлены в таблице 2. Выделенные типы реакции отражают уровень риска развития неврологических осложнений (и соответствующего снижения моторных функций) в результате хирургического воздействия.

Как видно из таблицы 2, использование современных высокотехнологичных методов оперативной коррекции деформаций позвоночника сопровождается минимальным риском развития неврологических осложнений. Риск повышен в небольшом числе случаев (в пределах 10%), связанных с особенностями заболевания конкретных пациентов.

Таблица 1

Ранговая оценка реакции характеристик моторных вызванных потенциалов (МВП) в ответ на текущее оперативное воздействие

Оценка	Электрофизиологический феномен
0	Сохранение на момент тестирования формы и амплитудно-временных характеристик МВП, близких к исходным
1	Повышение амплитуды МВП относительно исходного уровня, зачастую сопровождаемое появлением дополнительных фаз
2	Умеренное снижение амплитуды МВП, не сопровождаемое существенным

	изменением его формы
3	Нестабильность амплитудно-временных характеристик и формы (значительные колебания количества и выраженности фаз) ответа
4а	Значительное снижение амплитуды МВП (более чем на 50% от исходного уровня), сопровождаемое колебаниями значений его латентности и обеднением (редукцией) формы с последующим восстановлением характеристик МВП до уровня, близкого к исходному
4б	Значительное снижение амплитуды МВП (более чем на 50% от исходного уровня), сопровождаемое колебаниями значений его латентности и обеднением формы с последующим сохранением угнетенных ответов и/или дальнейшим угнетением МВП, вплоть до полного исчезновения
5	Полное исчезновение МВП (длительностью до 15 мин) с последующим восстановлением до уровня, близкого к исходному
6	Полное исчезновение МВП с последующим частичным восстановлением
7	Полное исчезновение МВП без признаков восстановления к моменту завершения хирургического вмешательства

Таблица 2

Типы реакции моторной системы больных на оперативную коррекцию деформации позвоночника

Тип	Комбинации рангов	Частота встречаемости		Уровень риска
		n	%	
I	0, 1, 2	n=100	53,5%	Отсутствие риска
II	0, 1, 2, 3, 4а	n=19	10,2%	Минимальный уровень
III	0, 1, 2, 3, 4а, 5	n=28	15,0%	Низкий уровень
IV	0, 1, 2, 3, 4б, 5, 6	n=26	13,9%	Средний уровень
V	0, 1, 2, 3, 4б, 5, 6, 7	n=14	7,5%	Высокий уровень

При выявлении IV и V типов реакции благодаря своевременно принятым мерам (введению гормональных, вазоактивных препаратов, снижению уровня дистракционных усилий, пролонгированной тракции) моторные функции пациента сохранились на уровне, соответствующем дооперационному.

Обсуждение результатов

Номер, определяющий положение типа реакции в таблице 2, фактически является количеством баллов, пропорциональных степени риска возникновения ятрогенного повреждения нервной ткани. Их совокупность образует порядковую шкалу, отражающую уровень недостаточности адаптивных физиологических механизмов, т.е. меру их неспособности справиться с напряжением систем жизнеобеспечения в условиях хирургической агрессии. Поэтому наряду с реализацией текущего контроля предложенная нами шкала типов реактивности моторной системы интересна еще и тем, что отражает действие физиологических механизмов, обеспечивающих функцию пирамидных трактов в условиях экстремального воздействия. К ним относятся неспецифические регуляторные системы ЦНС, обеспечивающие баланс между активацией и торможением корковых и проводниковых элементов пирамидного тракта в условиях анестезии и повышенной interoцептивной (в том числе и ноцицептивной) афферентации из зоны оперативного

вмешательства. При этом за рамками внимания остаются индивидуальные особенности взаимодействия ЦНС пациента с компонентами анестезии, если их эффекты не превышают физиологически допустимых пределов. Например, повышенная чувствительность к пропофолу у некоторых детей не является препятствием для его использования, но способствует угнетению МВП, затрудняя проведение нейромониторинга. В этом случае необходимо поддерживать его концентрацию в крови таким образом, чтобы она не превышала 0,6–0,8 нг/мл [7]. Эффективным способом контроля повышенной чувствительности к пропофолу у детей может служить использование дополнительных отведений МВП от мышц верхних конечностей (mm. thenar, mm. hypothenar).

Другим фактором, влияющим на тип реакций моторных структур ЦНС в ходе операции, является состояние интрамедуллярной сосудистой системы. Перепады давления в интрамедуллярных артериях, вызванные повышенной interoцептивной активностью, могут быть причиной транзиторных ишемических атак, приводящих к появлению эффекта нестабильности и временному снижению МВП.

Исходя из вышесказанного, негативные изменения МВП (IV–V типы реакции), не связанные с непосредственными действиями хирурга и трактуемые как ложноположительные реакции, обусловлены угнетением возбудимости моторной коры, флуктуацией возбудимости волокон кортикоспинального тракта, спинальных корешков, периферических нервов и развиваются в процессе реализации перечисленных выше физиологических механизмов.

Вышесказанное позволяет считать, что наблюдаемый при нейрофизиологическом тестировании тип реакции моторной системы отражает состояние механизмов адаптации и связан с реабилитационным потенциалом пациента. Предложенная нами формализация динамики характеристик моторных потенциалов, регистрируемых во время проведения оперативного вмешательства, дает важную информацию о состоянии общих неспецифических регуляторных систем организма. В дальнейшем необходимо определить возможность и способы ее использования в качестве вспомогательного инструмента при выработке тактики послеоперационного ведения больного, в частности для повышения эффективности соответствующих реабилитационных мероприятий.

Если коррекция деформации позвоночника проводится в несколько этапов, безусловно, тип реакции, выявленный при первом вмешательстве, должен учитываться и при последующих. Повторение эпизодов негативных изменений характеристик МВП (IV–V типы реакции), если хирург своевременно информирован о возможности их возникновения у данного пациента и при наличии высокого уровня взаимодействия между хирургом, нейрофизиологом и анестезиологом, не вызовет излишнего эмоционального напряжения в

хирургической бригаде и не спровоцирует применение избыточных интраоперационных реабилитационных мероприятий.

Заключение

Таким образом, предложенная нами систематизация выявленных в процессе интраоперационного нейромониторинга электрофизиологических феноменов в виде шкалы из пяти типов реакции моторной системы на оперативное вмешательство отражает не только уровень риска развития неврологических осложнений, но и степень напряжения адаптивных механизмов, обеспечивающих компенсацию избыточной нагрузки на нервные и гуморальные регуляторные системы в условиях хирургической агрессии. В перспективе данная информация может быть использована в качестве вспомогательного инструмента при определении тактики послеоперационного ведения больного и при разработке комплекса соответствующих реабилитационных мероприятий.

Список литературы

1. Рябых С.О. Применение двойного деротационного маневра для коррекции сколиозов тяжелой степени // Гений ортопедии. — № 4. — 2013. — С. 71–75.
2. Рябых С.О. Алгоритм выбора хирургической тактики при врожденных деформациях позвоночника на фоне множественных пороков позвонков // Хирургия позвоночника. — № 2. — 2014. — С. 21–28.
3. Рябых С.О., Опыт лечения нейрогенных деформаций позвоночника / С.О. Рябых [и др.] // Гений ортопедии. — № 1. — 2013. — С. 87–92.
4. Рябых С.О., Савин Д.М., Третьякова А.Н. Хирургия тяжелых комбинированных кифозов на фоне миелоцеле: первый отечественный опыт // Хирургия позвоночника. — № 1. — 2014. — С. 65–70.
5. Gonzalez A.A., Intraoperative Neurophysiological Monitoring during Spine Surgery: A Review / A.A. Gonzalez [et al.] // Neurosurg. Focus. — 2009. — Vol. 27(4). - www.medscape.com - E6. DOI: 10.3171/2009.8.FOCUS09150.
6. Jameson L.C. Transcranial Motor Evoked Potentials (Chapter 2) // Monitoring the Nervous System for Anesthesiologists and Other Health Care Professionals /Eds. A. Koht, T.B. Sloan, J.R. Toleikis. — 2012., XXXVI. — P. 27–45.
7. Jones S.J., Buonamassa S., Crockard H.A. Two cases of quadriplegia following anterior cervical discectomy, with normal perioperative somatosensory evoked potentials. // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. — 2003. — Vol. 74. — P. 273–276.

8. Koruk S., Propofol/dexmedetomidine and propofol/ketamine combinations for anesthesia in pediatric patients undergoing transcatheter atrial septal defect closure: a prospective randomized study. / S. Koruk [et al.] // Clin. Ther. — 2010. — Vol. 32. — № 4. — P. 701–709.
9. Padberg A.M., Validity and reliability of spinal cord monitoring in neuromuscular spinal deformity surgery / A.M. Padberg [et al.] // J. Spinal Disord. – 1996. — Vol. 9. — № 2. — P. 150–158.
10. Wassermann E. Variation in the response to transcranial magnetic brain stimulation in the general population // Clin. Neurophysiol. – 2002. — Vol. 113. — Issue 7. — P. 1165–1171.

Рецензенты:

Валеева И.Х., д.б.н., старший научный сотрудник ЦНИЛ ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань;

Теплов А.Ю., д.б.н., доцент кафедры Патологии ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань.