



# ОСОБЕННОСТИ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ РЕАКЦИИ ПИРАМИДНОЙ СИСТЕМЫ НА ХИРУРГИЧЕСКУЮ КОРРЕКЦИЮ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА РАЗНОЙ ЭТИОЛОГИИ

**М.С. Сайфутдинов, С.О. Рябых, Д.М. Савин, П.В. Очирова, Е.Ю. Филатов**  
Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия»  
им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

**Цель исследования.** Оценка информативности сравнения результатов формализации интраоперационных изменений транскраниально вызванных моторных потенциалов при хирургической коррекции деформации позвоночника разной этиологии.

**Материал и методы.** Дизайн исследования: анализ ретроспективной моноцентральной сплошной когорты за 5 лет, класс доказательности 2b. Хирургическая коррекция деформации позвоночника под нейрофизиологическим контролем проведена 364 пациентам (средний возраст  $12,80 \pm 0,40$  года). По результатам балльной оценки изменений моторных вызванных потенциалов сравнивали реакцию пирамидной системы на хирургическую агрессию у пациентов с врожденными деформациями позвоночника, идиопатическим сколиозом и системными заболеваниями скелета.

**Результаты.** У пациентов с системными заболеваниями осевого скелета базовые моторные ответы в большей степени, чем при врожденной деформации и идиопатическом сколиозе, угнетены и нестабильны. После окончания операции эти различия усугубляются. Выделенные 5 типов реакции проводящих путей спинного мозга на хирургическую коррекцию деформации позвоночника позволяют сравнивать результаты интраоперационного нейромониторинга у разных групп больных. При врожденной и системной патологии наиболее опасные типы реакции наблюдаются чаще, чем при коррекции идиопатических сколиозов.

**Заключение.** Предложенный метод ранговой оценки интраоперационных изменений моторных вызванных потенциалов при хирургической коррекции деформации позвоночника позволяет производить сравнительные исследования реакции пациентов на хирургическое вмешательство в разных этиологических и возрастных группах. Наибольший риск возникновения ятрогенных моторных расстройств в послеоперационном периоде наблюдается у пациентов с системной патологией скелета.

**Ключевые слова:** деформация позвоночника, спинальная хирургия, интраоперационный нейромониторинг, пирамидная система, неврологические осложнения.

**Для цитирования:** Сайфутдинов М.С., Рябых С.О., Савин Д.М., Очирова П.В., Филатов Е.Ю. Особенности интраоперационной реакции пирамидной системы на хирургическую коррекцию деформации позвоночника разной этиологии // Хирургия позвоночника. 2019. Т. 16. № 4. С. 21–28.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.4.21-28>.

## INTRAOPERATIVE RESPONSE OF THE PYRAMIDAL SYSTEM TO SURGICAL CORRECTION OF SPINAL DEFORMITIES OF VARIOUS ETIOLOGIES

M.S. Saifutdinov, S.O. Ryabikh, D.M. Savin, P.V. Ochirova, E.Yu. Filatov

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

**Objective.** To assess the information value of comparing the results of formalizing intraoperative changes in transcranial motor evoked potentials during surgical correction of spinal deformities of various etiologies.

**Material and Methods.** Study design: analysis of monocentric retrospective unselected cohort over 5 years, evidence class 2b. Surgical correction of spinal deformity under neurophysiological control was performed in 364 patients (mean age  $12.80 \pm 0.40$  years). The scores of changes in motor evoked potentials were used to compare the pyramidal system response to surgical aggression in patients with congenital spinal deformities, idiopathic scoliosis, and systemic skeletal diseases.

**Results.** Basic motor responses in patients with systemic diseases of the axial skeleton are to a greater extent depressed and unstable than in those with congenital deformity and idiopathic scoliosis. On surgery completion, these differences are exacerbated. Five identified types of response of the spinal cord conduction pathways to surgical correction of spinal deformity allow comparing intraoperative neuromonitoring results in different groups of patients. The most dangerous types of response are observed more often in patients with congenital and systemic pathologies than in those with idiopathic scoliosis.

**Conclusion.** The proposed method for the rank assessment of intraoperative changes in motor evoked potentials during surgical correction of spinal deformity allows comparative studies of patients' reactions to surgical intervention in different etiological and age groups. The greatest risk of iatrogenic motor disorders in the postoperative period is observed in patients with systemic skeletal pathology.

**Key Words:** spine deformity, spinal surgery, intraoperative neuromonitoring, pyramidal system, neurological complications.

Please cite this paper as: Saifutdinov MS, Ryabykh SO, Savin DM, Ochirova PV, Filatov EYu. Intraoperative response of the pyramidal system to surgical correction of spinal deformities of various etiologies. *Hir. Pozvonoc.* 2019;16(4):21–28. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.4.21-28>.

Развитие деформации позвоночника в процессе роста детского организма происходит на фоне разнообразных вариантов патологии осевого скелета. Это в сочетании с широким возрастным диапазоном пациентов значительно увеличивает вариативность реакции спинного мозга на хирургическое вмешательство и тем самым осложняет интраоперационный нейрофизиологический контроль в ходе операции. Многое в данном случае зависит от субъективных характеристик нейрофизиолога, осуществляющего мониторинг, и затрудняет обобщение накопленного опыта. Маскируется роль возраста и связанной с ним степени созревания нервной системы, этиологии, вида и количественных характеристик деформации позвоночника в определении степени риска возникновения в послеоперационном периоде ятрогенных моторных расстройств.

Цель исследования – оценка информативности сравнения результатов формализации интраоперационных изменений транскраниально вызванных моторных потенциалов при хирургической коррекции деформации позвоночника разной этиологии.

## Материал и методы

Дизайн исследования: анализ ретроспективной моноцентровой сплошной когорты за 5 лет (с февраля 2013 по февраль 2018 г.) с отдаленным результатом более года. Уровень доказательности 2b (UK Oxford, версия 2009). Выборка включала 364 пациента (131 мужского, 233 женского пола) в возрасте  $12,8 \pm 0,4$  года с деформациями позвоночника ( $20\text{--}105^\circ$  по сколиотическому и  $35\text{--}140^\circ$  по кифотическому компоненту) различной этиологии.

Всем пациентам выполняли инструментальную коррекцию деформации

с последующей фиксацией сегментов грудного/груднопоясничного отдела позвоночника с использованием различных вариантов погружных систем [1–4]. Анестезиологическое пособие сочетало тотальную внутривенную анестезию в виде комбинации гипнотика пропофола ( $10\text{--}2$  мг/кг/ч) с наркотическим анальгетиком фентанилом ( $10\text{--}1$  мкг/кг/ч) и искусственную вентиляцию легких и осуществлялось по стандартной схеме, рассчитанной на проведение нейрофизиологического контроля [5–7]. На стадии интубации применяли миорелаксант среднего действия эсмерон. На протяжении всего оперативного вмешательства контролировали температуру тела пациента (поддерживали в пределах  $36,6\text{--}36,8^\circ\text{C}$ ), параметров газообмена и гемодинамики.

Интраоперационный нейрофизиологический контроль (407 протоколов) состояния пирамидных путей спинного мозга методом получения транскраниально вызванных моторных потенциалов (МВП) проводили по описанной ранее схеме [8] с помощью системы «ISIS IOM» (Inomed Medizintechnik GmbH, Германия). Мышцы-индикаторы для получения МВП выбирали в зависимости от уровня хирургического вмешательства на позвоночнике и результатов предоперационного ЭМГ-обследования (тест на максимальное произвольное напряжение) [9]. Регистрацию базовых МВП начинали через 40–60 мин после однократного введения миорелаксанта, чтобы исключить остаточные эффекты его воздействия [10]. Силу тестового стимула подбирали индивидуально, до получения репрезентативного МВП. Последующие тестирования проводили после имплантации опорных элементов конструкции и на различных этапах корригирующих маневров по команде хирурга. При сравнении результатов теку-

щего тестирования с базовыми МВП в качестве диагностически значимых изменений характеристик ответов рассматривали снижение амплитуды более чем на 50 % от исходного уровня и увеличение латентного периода, превышающее 10 % [11], если оно сопровождалось падением амплитуды [12]. Продолжительность мониторинга колебалась от 45 мин до 9 ч 52 мин ( $3,50 \pm 0,08$  ч).

Зафиксированным в процессе интраоперационного нейромониторинга изменениям (относительно базового уровня) характеристик и конфигурации МВП присваивали ранг в соответствии с разработанной шкалой [8] от нулевого ( $R_i = 0$  – сохранение на момент текущего i-тестирования формы и амплитудно-временных параметров МВП близкими к исходным) до седьмого ( $R_i = 7$  – полное исчезновение МВП без признаков его восстановления к моменту завершения хирургического вмешательства). При последующем тестировании ранговая оценка либо сохранялась на том же уровне, либо менялась в сторону повышения или понижения, в зависимости от способности пирамидной системы транслировать волну возбуждения от моторной коры к мышце-индикатору. В случае повышения амплитуды МВП ( $R_i = 1$ ) во всех отведениях, что обычно происходит при снижении глубины наркоза, интенсивность транскраниального стимула корректировали в сторону понижения до восстановления базовых характеристик МВП. При угнетении МВП до уровня ниже критических значений амплитуду транскраниального раздражения увеличивали. Если при этом МВП восстанавливался до базового уровня, время, необходимое для этого, не превышало 15 мин [12], а прирост интенсивности тестового стимула не превышал некоторого критического поро-

га (в нашем исследовании – 50 мА), значение ранга соответствовало позиции  $R_i = 4a$  [13]. Если одно из этих условий не соблюдалось, то ранговой переменной присваивалось значение 46. Совокупность изменений ранговых оценок МВП во время операции характеризовала тип реакции пирамидной системы [8].

При анализе особенностей проведения интраоперационного нейромониторинга пациентов разделили на 3 группы сравнения: 1-я – 216 больных (87 мужчин, 129 женщин)  $11,30 \pm 0,56$  года с деформациями позвоночника врожденного генеза; 2-я – 89 пациентов (32 мужчины, 57 женщин)  $16,90 \pm 0,63$  года с идиопатическим сколиозом; 3-я (основная) – 59 (22 мужчины, 37 женщин)  $12,40 \pm 0,68$  года с деформациями позвоночника, связанными с генетически обусловленными системными заболеваниями скелета.

Математическую обработку полученных данных проводили с помощью программного комплекса Microsoft Excel (2010) и интегрированного с ним пакета анализа данных Attestat [14]. Частоту встречаемости ( $v_i$ ) разных вариантов конфигурации МВП и типов реакции пирамидной системы рассчитывали по формуле (1), ошибку частоты встречаемости ( $S_i$ ) по формуле (2), а ее дисперсию ( $D_i$ ) по формуле (3).

$$v_i = \frac{n_i \cdot 100\%}{N}; \quad (1)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{n_i \cdot (1 - v_i)}{N}}; \quad (2)$$

$$D_i = \frac{v_i \cdot (1 - v_i)}{N}, \quad (3)$$

где  $n_i$  – число наблюдений  $i$ -го типа реакции;  $N$  – общее количество наблюдений в анализируемой выборке.

Значимость различий данной характеристики ( $p < 0,05$ ) в группах сравнения оценивали с помощью непараметрических критериев хи-квадрата и z-критерия разности долей.

Для абсолютного и относительного значения степени изменения амплитуды тестового стимула в ходе операции рассчитывали их среднюю арифметическую ( $M$ ), стандартную ошибку средней ( $m$ ). Статистическую значимость различий данного параметра в группах сравнения оценивали с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни ( $p < 0,05$ ) из-за выраженного асимметричного характера гистограммы его статистического распределения.

Данное исследование проводили в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.) и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Пациенты, достигшие 18 лет, и родители или законные представители детей подписали информированное добровольное согласие на проведение диагностических исследований и публикацию данных без идентификации личности.

## Результаты и их обсуждение

Показатели исходных (базовых) МВП, получаемых до начала хирургического вмешательства, характеризовались значительной вариативностью, связанной с особенностями функционального статуса пирамидной системы, который был обусловлен такими факторами, как возраст, размер тела пациента, особенность протекания основного и сопутствующего заболеваний. В 12 (3,8 %) случаях их вызвать не удалось (0 на рис. 1). Среди многообразия форм, получаемых в процессе тестирования МВП, можно условно выделить две типичные конфигурации: нестабильные по форме и характеристикам, низкоамплитудные (менее 100 мкВ) ответы, имеющие сокращенное количество фаз, до трех и менее (1 на рис. 1). Подобные МВП чаще встречаются у детей младше трех лет и у пациентов с исходно значительно сниженной амплитудой произволь-

ной и вызванной биоэлектрической активности мышц-индикаторов – 53 (17,0 %) случая. Полифазные (четыре и более фаз) высокоамплитудные ответы (2 на рис. 1) со стабильной формой, воспроизводимой при последовательном повторении тестовых стимулов, получены в подавляющем большинстве наблюдений – 79,2 %.

Различия частот встречаемости выделенных вариантов базовых МВП представлены в табл. 1. Несмотря на то что количество наблюдений и процент случаев отсутствия базовых ответов или случаев регистрации низкоамплитудных, нестабильных МВП при идиопатическом сколиозе ощутимо ниже, чем в остальных группах, из-за малого значения  $n$  и разных величин  $N$  в группах сравнения эти различия статистически незначимы ( $p > 0,05$ ). В то же время доля случаев получения стабильных, хорошо выраженных, высокоамплитудных ответов в группе больных с идиопатическим сколиозом статистически значимо выше ( $p < 0,05$ ), чем в группе с системными заболеваниями.

Таким образом, в основной группе отмечается максимальная, относительно групп сравнения, доля случаев полного отсутствия базовых МВП при минимальной частоте встречаемости стабильных, хорошо выраженных ответов. Данная тенденция частично подтверждена статистически. В частности, дисперсия данного признака в основной группе значительно отличается от соответствующих значений в группах сравнения, то есть различия не могут быть обусловлены только случайными колебаниями функционального состояния пирамидной системы под влиянием флуктуации факторов анестезии и гемодинамики.

В процессе оперативного вмешательства регистрировали разнообразные изменения характеристик и конфигурации МВП, которые оценивали по разработанной ранее ранговой шкале [8]. Если на момент тестирования форма и амплитудно-временные параметры МВП сохранялись близкими к базовым, то присваивали нулевой ранг. При нарастании степени дегра-

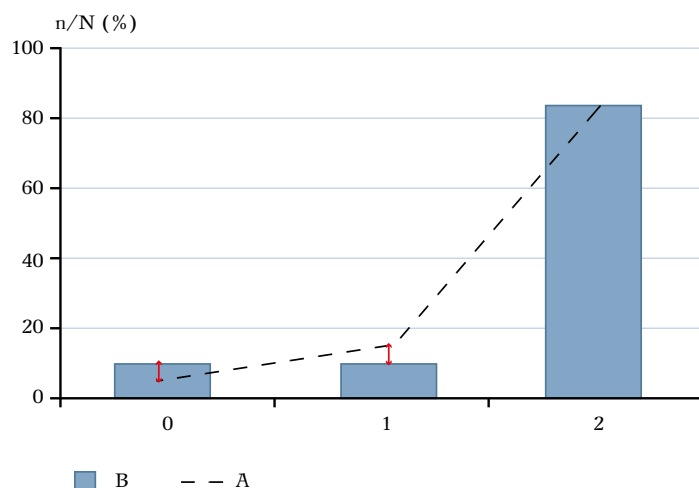
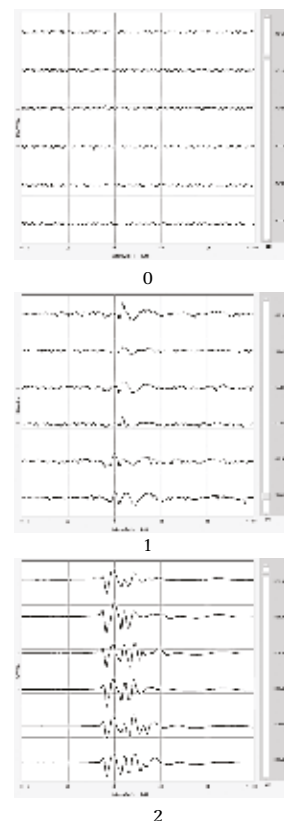


Рис. 1

Предоперационные (базовые) моторные вызванные потенциалы (А): случай полного отсутствия (0), нестабильный низкоамплитудный ответ (1), хорошо выраженный ответ со стабильной конфигурацией (2); состояние моторных ответов после завершения коррекции деформации позвоночника (В) в сравнении с базовым уровнем (А). Красными стрелками выделены статистически значимые различия частоты встречаемости ( $p < 0,05$ )



дации моторных ответов значение ранга увеличивалось, вплоть до 7.

Обобщение накопленных данных по всей анализируемой выборке позволило выделить 5 устойчивых комбинаций рангов МВП (рис. 2),

отражающих типичные варианты интраоперационной динамики функционального состояния пирамидной системы пациентов. По нашему мнению, они представляют собой 5 типов реакции проводящих путей спинного

мозга на хирургическую коррекцию деформации позвоночника [8].

Большая часть оперативных вмешательств (рис. 2) протекала спокойно (типы реакции I, II) или с признаками умеренного беспокойства (тип III).

Таблица 1

Частота встречаемости разных вариантов базовых моторных вызванных потенциалов (МВП) в группах сравнения

Группы	МВП	Начало операции			Конец операции		
		n	$v \pm s$	D	n	$v \pm s$	D
1-я	0	7	$2,90 \pm 1,15$	0,01	22	$9,20 \pm 1,81^*$	0,03
	1	39	$16,30 \pm 2,37$	0,06	28	$11,70 \pm 2,07$	0,04
	2	193	$80,40 \pm 2,55$	0,07	190	$79,20 \pm 2,56$	0,07
2-я	0	1	$1,10 \pm 1,050$	0,01	4	$4,20 \pm 2,06^\dagger$	0,04
	1	8	$8,40 \pm 2,85$	0,08	5	$5,30 \pm 2,29$	0,05
	2	86	$90,50 \pm 3,00^\dagger$	0,09	86	$90,50 \pm 3,15$	0,00
3-я	0	4	$5,60 \pm 2,70$	0,07	12	$16,70 \pm 4,39^\dagger$	0,19
	1	14	$19,40 \pm 4,66$	0,22	4	$5,60 \pm 2,70^*$	0,07
	2	54	$75,00 \pm 5,10^\dagger$	0,26	56	$77,80 \pm 4,90$	0,24

n — количество наблюдений признака в группе сравнения; v — частота встречаемости; s — ошибка; D — дисперсия частоты встречаемости;

† — случаи статистически значимых ( $p < 0,05$ ) межгрупповых различий; \* — случаи статистически значимых изменений частоты встречаемости разных вариантов МВП на момент окончания операции относительно их базового состояния.

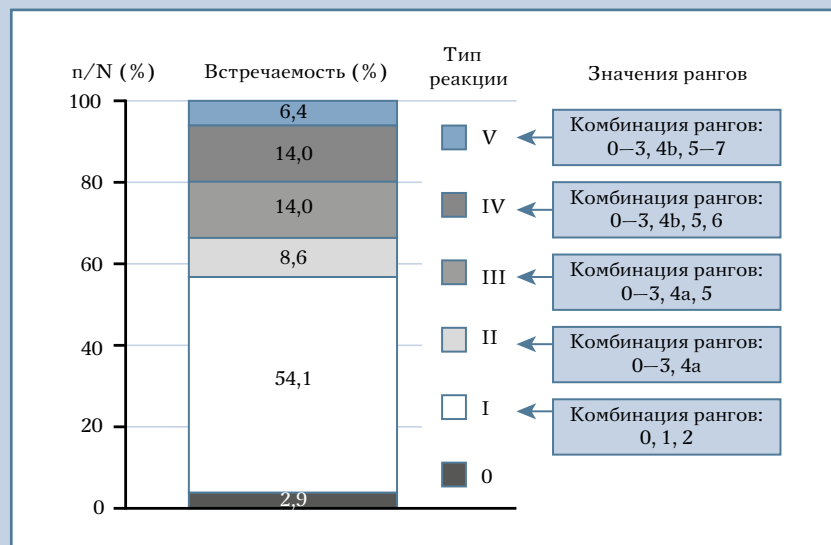


Рис. 2

Представленность в анализируемой выборке типов реакции (I–V) пирамидной системы пациентов на хирургическую коррекцию деформации позвоночника

В совокупности это составило 62,7 % всех наблюдений. В 14,0 % (IV) отмечали существенные изменения характеристик и конфигурации МВП, оцениваемые как нейрофизиологические признаки угрозы для моторных путей спинного мозга. При их появлении принимали соответствующие обстоятельства меры (вводили глюкокортикоиды, регулировали давление крови, сердечный ритм, корректировали действия хирурга). В этих случаях оперативное вмешательство заканчива-

ли на фоне сниженных относительно базового уровня МВП. В послеоперационном периоде у данных пациентов не было клинических признаков нарушения моторной функции. Контрольные ЭМГ-обследования выявляли у них обратимое снижение (в среднем на 10–25 %) амплитуды произвольной ЭМГ-части мышц-индикаторов [15]. В 3 (5,3 % от пациентов с IV типом реакции) наблюдениях имелись сенсорные расстройства в виде парестезий, носивших транзиторный характер.

В 6,4 % случаев отметили полное исчезновение МВП (V тип) в конце оперативного вмешательства при завершении коррекции деформации позвоночника. Однако только у 7 (26,9 %) из 26 пациентов после выхода из наркоза имелись моторные нарушения, которые носили транзиторный характер и были устранены с помощью консервативного лечения.

Различия частоты встречаемости типов реакции пирамидной системы на коррекцию деформации позвоночника в группах сравнения (табл. 2) статистически не значимы ( $p > 0,05$ ). Тем не менее следует отметить, что в группе с системной патологией самые большие значения частоты встречаемости случаев полного отсутствия МВП на протяжении всей операции и V, наиболее опасного типа реакции. Представленность I и II типов реакции в группе врожденных и системных сколиозов имеет близкие значения в сравнении с группой идиопатических сколиозов, где данный показатель выше ( $p > 0,05$ ). Вариативность данных характеристик, отраженная в значениях дисперсии, также различается в группах сравнения. Она более выражена в основной группе.

В процессе выполнения оперативного вмешательства в 30 (7,4 %) наблюдениях отмечено появление спонтанной ЭМГ-активности, которая имела вид либо часто повторяющихся потенциалов действия отдельных

Таблица 2

Частота встречаемости типов реакции пирамидной системы на коррекцию деформации позвоночника в группах сравнения

Типы реакции	1-я			2-я			3-я		
	n	$v \pm s$	D	n	$v \pm s$	D	n	$v \pm s$	D
0	7	$2,90 \pm 1,23$	0,02	2	$1,10 \pm 1,47$	0,02	4	$5,60 \pm 2,70$	0,07
I	124	$51,70 \pm 3,23$	0,10	58	$62,10 \pm 5,00$	0,25	35	$48,60 \pm 5,89$	0,35
II	22	$9,20 \pm 1,86$	0,03	6	$6,30 \pm 2,50$	0,06	7	$9,70 \pm 3,49$	0,12
III	35	$14,60 \pm 2,28$	0,05	13	$13,70 \pm 3,53$	0,12	9	$12,50 \pm 3,90$	0,15
IV	35	$14,60 \pm 2,28$	0,05	13	$13,70 \pm 3,53$	0,12	9	$12,50 \pm 3,90$	0,15
V	15	$6,30 \pm 1,56$	0,02	3	$3,20 \pm 1,79$	0,03	8	$11,10 \pm 3,70$	0,14
ЭМГ	19	$7,90 \pm 1,74$	0,03	4	$4,20 \pm 2,06$	0,04	7	$9,70 \pm 3,49$	0,12

n — количество наблюдений признака в группе сравнения; v — частота встречаемости; s — ошибка; D — дисперсия частоты встречаемости в первом столбце, кроме типов реакции, особо отмечены случаи исходного отсутствия МВП (0, как на рис. 1), количество наблюдений спонтанной ЭМГ (ЭМГ).



двигательных единиц, либо насыщенной интерференционной ЭМГ (свидетельство хирургической активности в опасной близости от корешков спинного мозга), либо ритмических потенциалов действия (патологических автоматизмов), указывающих на реактивные изменения функционального состояния пирамидной системы. В 3-й группе спонтанные ЭМГ-феномены наблюдались чаще (табл. 2), чем в группах сравнения ( $p > 0,05$ ). У пациентов с идиопатическим сколиозом спонтанная ЭМГ-активность была минимальной.

После завершения коррекции деформации позвоночника по-прежнему сохраняется высокая доля (близкая к предоперационной) хорошо выраженных, высокоамплитудных, стабильных МВП (рис. 1В). За счет появления V типа реакции количество наблюдений полного отсутствия (0) МВП в конце операции статистически значимо возросло ( $p < 0,05$ ). В то же время ощутимо снизилось ( $p < 0,05$ ) количество наблюдений нестабильных низкоамплитудных (1) ответов.

В группах сравнения (табл. 1) сохранялся общий характер изменений, аналогичный отображенному на рис. 1В, то есть во всех группах увеличилась доля наблюдений с полным отсутствием МВП на момент окончания операции. В 1-й группе этот прирост статистически значим ( $p < 0,05$ ). Уменьшилась частота встречаемости низкоамплитудных нестабильных ответов. В 3-й группе это уменьшение статистически значимо ( $p < 0,05$ ). Исчезли статистически значимые различия частот встречаемости высокоамплитудных ответов между 2-й и 3-й группами. В то же время стала существенной ( $p < 0,05$ ) разница долей случаев полного отсутствия МВП между теми же группами за счет большего прироста таких наблюдений

при операциях при системном сколиозе, чем при идиопатическом. Обращает на себя внимание, как и до операции, значительное отличие дисперсии данного признака в основной группе от групп сравнения (табл. 1), то есть особенности его вариативности не связаны с эффектами анестезии.

В 56,8 % оперативных вмешательств в процессе интраоперационного нейромониторинга корректировалась интенсивность тестового сигнала, чаще в сторону повышения относительно базового уровня. В среднем по выборке она менялась на  $18,1 \pm 1,53$  мА. В группах сравнения данный параметр имел прирост, близкий к средневыборочному. В 1-й группе он составлял 15,6 % относительно базового уровня ( $18,80 \pm 1,99$  мА), во 2-й – 13,6 % ( $16,50 \pm 3,28$  мА), в 3-й – 14,3 % ( $17,7 \pm 3,67$  мА).

Обобщая полученные результаты, следует отметить, что различия выделенных групп сравнения в основном носят характер статистически не подтвержденных тенденций. Во 2-й группе меньше абсолютное и относительное количество наблюдений полного отсутствия МВП и случаев их регистрации с нестабильной, низкоамплитудной конфигурацией. Группа с врожденными сколиозами более многочисленна, чем группа с системными заболеваниями, но в последней относительно чаще наблюдаются случаи исходного отсутствия МВП или появления нестабильных низкоамплитудных потенциалов. Однако высокий уровень вариативности физиологических характеристик внутри групп сравнения делает различия между ними статистически не значимыми, поскольку другие факторы, помимо этиологии (например, возраст пациента, определяющий степень созревания ЦНС), существенно влияют на функциональное состояние

пирамидной системы, что отражается при проведении интраоперационного нейромониторинга [8, 16].

Частота встречаемости выделенных типов в группах сравнения имела близкие значения, однако в сумме V и VI типы имели минимальную долю в выборке с идиопатическим сколиозом и максимальную – в случае системных заболеваний. Безусловно, это отражает степень повышенного риска возникновения моторных расстройств при коррекции деформации позвоночника у пациентов с системной патологией скелета. Однако такую оценку риска можно считать исключительно качественной.

На момент завершения операции во всех группах ощутимо увеличилось количество наблюдений с полным отсутствием МВП за счет случаев с V типом реакции пирамидной системы. Однако этот прирост статистически значим ( $p < 0,05$ ) только в 1-й группе из-за ее многочисленности. Относительный прирост подобных наблюдений максимален при системных заболеваниях.

## Заключение

Предложенный метод ранговой оценки интраоперационных изменений МВП при хирургической коррекции деформации позвоночника позволяет производить сравнительные исследования реакции пациентов на хирургическое вмешательство в разных этиологических и возрастных группах [8]. Наибольший риск возникновения ятрогенных моторных расстройств в послеоперационном периоде наблюдается в группе больных с системной патологией скелета.

*Исследование выполнено при поддержке РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

## Литература/References

1. **Рябых С.О.** Выбор хирургической тактики при врожденных деформациях позвоночника на фоне множественных пороков позвонков // Хирургия позвоночника. 2014. № 2. С. 21–28. [Riabykh SO. The choice of surgical approach for congenital spinal deformity caused by multiple vertebral malformations. Hir. Pozvonoc. 2014;(2):21–28. In Russian]. DOI: 10.14531/ss2014.2.21-28.
2. **Рябых С.О., Савин Д.М.** Возможности оперативного лечения кифоза III типа методом «Pedicel subtraction osteotomy» // Гений ортопедии. 2013. № 1. С. 120–123. [Riabykh SO, Savin DM. Possibilities of Type III kyphoses surgical treatment using «Pedicel subtraction osteotomy» technique. Genij Ortopedii. 2013;(1):120–123. In Russian].
3. **Рябых С.О., Шушарина В.Л., Очирова П.В., Третьякова А.Н., Рябых Т.В.** Снижение периоперационного риска при вертебрологических операциях у пациентов с наследственными заболеваниями соединительной ткани // Гений ортопедии. 2015. № 4. С. 48–52. [Riabykh SO, Shusharina VL, Ochirova PV, Tret'yakova AN, Riabykh TV. Perioperative risk reduction for vertebrologic surgeries in patients with hereditary diseases of the connective tissue. Genij Orthopedii. 2015;(4):48–52. In Russian]. DOI: 10.18019/1028-4427-2015-4-48-52.
4. **Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropiano P, Ames C, Smith JS, Shaffrey CI, Glassman S, Farcy JP, Lafage V.** The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. Neurosurgery. 2014;74:112–120. DOI: 10.1227/NEU.00000000000001820.
5. **Gibson PR.** Anaesthesia for correction of scoliosis in children. Anaesth Intensive Care. 2004;32:548–559. DOI: 10.1177/0310057X0403200413.
6. **Koruk S, Mizrak A, Kaya Ugur B, Ilhan O, Baspinar O, Oner U.** Propofol/dexmedetomidine and propofol/ketamine combinations for anesthesia in pediatric patients undergoing transcatheter atrial septal defect closure: a prospective randomized study. Clin Ther. 2010;32:701–709. DOI: 10.1016/j.clinthera.2010.04.010.
7. **Lieberman JA, Lyon R, Feiner J, Diab M, Gregory GA.** The effect of age on motor evoked potentials in children under propofol/isoflurane anesthesia. Anesth Analg. 2006;103:316–321. DOI: 10.1213/01.ane.0000226142.15746.b2.
8. **Сайфутдинов М.С., Рябых С.О., Савин Д.М., Третьякова А.Н.** Формализация результатов интраоперационного нейрофизиологического контроля моторных путей спинного мозга при хирургической коррекции деформаций позвоночника // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2018. Т. 177. № 1. С. 49–53. [Saifutdinov MS, Ryabykh SO, Savin DM, Tret'yakova AN. Formalizing the results of intraoperative neurophysiological monitoring of the motor pathways into the spinal cord during the surgical correction of spinal deformities. Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova. 2018;177(1):49–53. In Russian]. DOI:10.24884/0042-4625-2018-177-1-49-53.
9. **Шеин А.П., Криворучко Г.А., Рябых С.О.** Реактивность и резистентность спинно-мозговых структур при выполнении инструментальной коррекции деформаций позвоночника // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2016. Т. 102. № 12. С. 1495–1506. [Shein AP, Krivoruchko GA, Ryabykh SO. Reactivity and resistance of the spinal structures when performing instrumental correction of spinal deformities. Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova. 2016;102(12):1495–1506. In Russian].
10. **Левшанков А.И.** Мониторинг и управление нервно-мышечной проводимостью при хирургических операциях. СПб., 2014. [Levshankov AI. Monitoring and Management of Neuromuscular Conduction During Surgical Operations. St. Petersburg, 2014. In Russian].
11. **Jameson LC.** Transcranial motor evoked potentials. In: Monitoring the Nervous System for Anesthesiologists and Other Health Care Professional, ed. by A. Koht, T.B. Sloan, J.R. Toleikis. New York; London, 2012;27–45. DOI: 10.1007/978-1-4614-0308-1\_2.
12. **Хит М.А., Колесов С.В., Колбовский Д.А., Морозова Н.С.** Роль интраоперационного нейрофизиологического мониторинга в предотвращении развития послеоперационных неврологических осложнений в хирургии сколиотической деформации позвоночника // Нервно-мышечные болезни. 2014. № 2. С. 36–41. [Khit MA, Kolesov SV, Kolbovskiy DA, Morozova NS. The role of the neurophysiological intraoperative monitoring to prevention of postoperative neurological complication in the surgical treatment of scoliosis. Nervno-mysechnye bolezni. 2014;(2):36–41. In Russian]. DOI: 10.17650/2222-8721-2014-0-2-36-41.
13. **Белова А.Н., Балдова С.Н., Казьмин А.В.** Использование интраоперационного нейрофизиологического мониторинга при операциях на позвоночнике и спинном мозге // Вопросы травматологии и ортопедии. 2014. № 2. С. 21–25. [Belova AN, Baldova SN, Kazmin AV. Use of intraoperative neurophysiological monitoring in the case of surgical intervention in spinal column and spinal cord. Voprosy Travmatologii i Ortopedii. 2014;(2):21–25. In Russian].
14. **Гайдышев И.П.** Анализ и обработка данных: специальный справочник СПб., 2001. [Gaidyshev IP. Data Analysis and Processing: A Special Reference Book. St. Petersburg, 2001. In Russian].
15. **Шеин А.П., Сайфутдинов М.С., Скрипников А.А., Криворучко Г.А., Рябых С.О.** Интраоперационный и послеоперационный нейромониторинг моторного дефицита у пациентов с деформациями позвоночника // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2017. № 4. С. 19–23. [Shein AP, Sayphutdinov MS, Skripnikov AA, Krivoruchko GA, Ryabykh SO. Correlation of the intra-operative neuromonitoring data and emg-characteristics of post-operative motor deficit in patients with spinal deformities. Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova. 2017;(4):19–23. In Russian]. DOI:10.17116/hirurgia2017419-23.
16. **Кузьмина В.А., Сюндюков А.Р., Николаев Н.С., Михайлова И.В., Николаева А.В.** Опыт применения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга при оперативных вмешательствах на позвоночнике // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2016. Т. 4. № 4. С. 33–40. [Kuzmina VA, Syundyukov AR, Nikolaev NS, Mikhailova IV, Nikolaeva AV. Effectiveness of intraoperative neurophysiological monitoring during spinal surgery. Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery. 2016;4(4):33–40. In Russian]. DOI: 10.17816/PTORS4433-40.

## Адрес для переписки:

Сайфутдинов Марат Саматович  
640014, Россия, Курган, ул. М. Ульяновой, 6,  
РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия»  
им. акад. Г.А. Илизарова,  
maratsaif@yandex.ru

## Address correspondence to:

Saifutdinov Marat Samatovich  
Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology  
and Orthopaedics, 6,  
M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia,  
maratsaif@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 07.03.2019

Рецензирование пройдено 05.06.2019

Подписано в печать 10.06.2019

Received 07.03.2019

Review completed 05.06.2019

Passed for printing 10.06.2019

Марат Саматович Сайфутдинов, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник группы клинической нейрофизиологии научной клинко-экспериментальной лаборатории патологии осевого скелета и нейрохирургии, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-7477-5250, maratsaif@yandex.ru;

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук, руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0001-6565-70-52, rso@mail.ru;

Дмитрий Михайлович Савин, канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 9, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0001-6284-2850, savindm81@mail.ru;

Полина Вячеславовна Очирова, канд. мед. наук, ортопед-травматолог, вертебролог, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0001-5172-4429, poleen@yandex.ru;

Егор Юрьевич Филатов, аспирант, ортопед-травматолог, вертебролог, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-3390-807X, filatov@ro.ru.

Marat Samatovich Saifutdinov, DSc in Biology, leading researcher in the Group of clinical neurophysiology of the Scientific Clinical and Experimental Laboratory of axial skeleton pathology and neurosurgery, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6, M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-7477-5250, maratsaif@yandex.ru;

Sergey Olegovich Ryabikh, DMSc, Head of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6, Marii Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0001-6565-70-52, rso@mail.ru;

Dmitry Mikhailovich Savin, MD, PhD, Head of traumatologic-orthopedic department No. 9 of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6, Marii Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0001-6284-2850, savindm81@mail.ru;

Polina Vyacheslavovna Ochirova, MD, PhD, orthopaedic and trauma surgeon, vertebrologist, traumatologic-orthopedic department No. 9 of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6, M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0001-5172-4429, poleen@yandex.ru;

Egor Yuryevich Filatov, post-graduate student, orthopedist-traumatologist, vertebrologist, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6, M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-3390-807X, filatov@ro.ru.