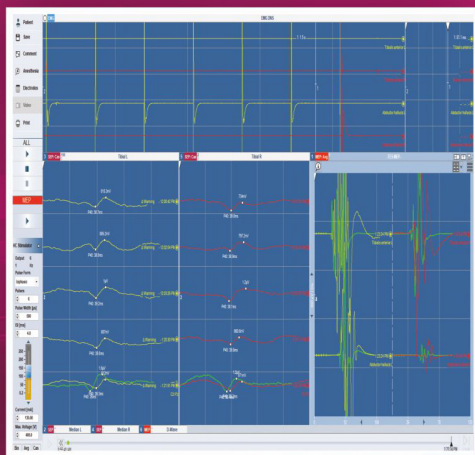


А.В. Бузунов, А.С. Васюра, В.В. Новиков,
Д.В. Жуков, А.А. Иванова, М.Н. Лебедева

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ХИРУРГИИ СКОЛИОЗА

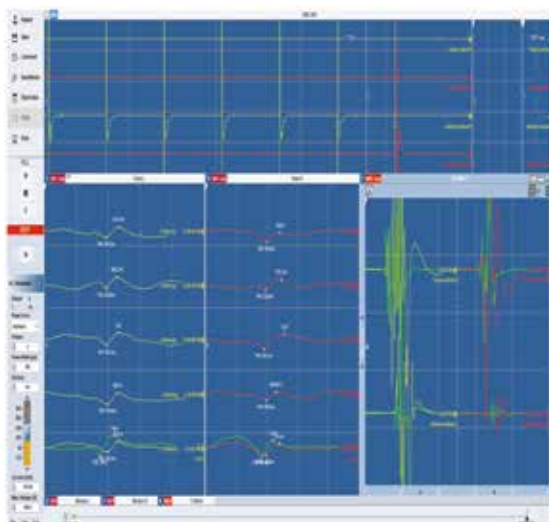


Учебное пособие

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ХИРУРГИИ СКОЛИОЗА

Учебное пособие



Новосибирск
2024

УДК 616.711-077.55-089(07)

ББК 54.18я7

И73

Издается по решению Ученого совета
ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России
(протокол от 13.10.2023 г. № 16)

Рецензент:

Бондаренко Анатолий Васильевич – заведующий Краевым центром тяжелой сочетанной травмы КГБУЗ «Краевая клиническая больница скорой медицинской помощи», г. Барнаул, профессор, доктор медицинских наук, заслуженный врач РФ.

Авторы – сотрудники ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России:

Бузунов Алексей Владимирович – ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, кандидат медицинских наук, e-mail: alekseibuzunov@mail.ru

Васюра Александр Сергеевич – старший научный сотрудник отделения детской и подростковой вертебрологии ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, кандидат медицинских наук, e-mail: awasera@mail.ru

Новиков Вячеслав Викторович – начальник научно-исследовательского отделения детской и подростковой вертебрологии ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, доктор медицинских наук, e-mail: pribou_novikov@mail.ru

Жуков Дмитрий Викторович – доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, доктор медицинских наук, zhukdvdzhikov@yandex.ru

Иванова Анастасия Александровна – ученый секретарь ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, кандидат медицинских наук, A Ivanova@niito.r

Лебедева Майя Николаевна – начальник научно-исследовательского отделения анестезиологии и реаниматологии ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, доктор медицинских наук, MLebedeva@niito.ru

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг в хирургии сколиоза: учебное пособие / А.В. Бузунов, А.С. Васюра, В.В. Новиков, Д.В. Жуков, А.А. Иванова, М.Н. Лебедева. – Новосибирск, ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, 2024. 40 с.

Учебное пособие включает в себя технические аспекты интраоперационного нейрофизиологического мониторинга, описание методики интраоперационных исследований соматосенсорных и моторных вызванных потенциалов, изложение интерпретации получаемых результатов.

Учебное пособие предназначено врачам-травматологам-ортопедам, нейрохирургам, анестезиологам-реаниматологам, специалистам по функциональной диагностике, аспирантам и ординаторам по данным специальностям. Распространяется бесплатно.

УДК 616.711-077.55-089(07)

ISBN 978-5-6045748-1

ББК 54.18я7

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ХИРУРГИИ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА	8
АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	10
ОЦЕНКА ВЫРАЖЕННОСТИ МИОРЕЛАКСАЦИИ. ТЕСТ ЧЕТЫРЁХРАЗЯДНОЙ СТИМУЛЯЦИИ	12
СОМАТОСЕНСОРНЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ	13
МОТОРНЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ	16
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ УСТАНОВКЕ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНЫХ ВИНТОВ	20
КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА С ИОНМ	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	34
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	35

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Истинно отрицательный результат – во время проведения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга регистрируются нарушения проведения потенциалов и в раннем послеоперационном периоде клинически выявляется развитие или углубление неврологического дефицита.

Истинно положительный результат – во время проведения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга не регистрируются нарушения функции нервной системы и клинически также нет неврологического дефицита в раннем послеоперационном периоде.

Ложноотрицательный результат – во время проведения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга не зафиксировано никаких изменений потенциалов, однако в раннем послеоперационном периоде отмечается клинически выявляемый послеоперационный дефицит.

Ложноположительный результат – при проведении интраоперационного нейрофизиологического мониторинга регистрируются значительные и стойкие изменения потенциалов, однако в раннем послеоперационном периоде клинически нарушения не выявляются.

Мальпозиция винта – неправильное положение транспедикулярного винта.

Тест Стагнара – пробуждение пациента во время операции для выполнения просьбы пошевелить руками и ногами.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВП – вызванные потенциалы

ГОП – грудной отдел позвоночника

ИОНМ – интраоперационный нейрофизиологический мониторинг

ИС – идиопатический сколиоз

МВП – моторные вызванные потенциалы

МРТ – магнитно-резонансная томография

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

О-Арм – мобильный интраоперационный компьютерный томограф

ПОП – поясничный отдел позвоночника

СМК – спинномозговой корешок

ССВП – соматосенсорные вызванные потенциалы

ТВА – тотальная внутривенная анестезия

ТПФ – транспедикулярная фиксация

ТЭС – транскраниальная электростимуляция

ЦНС – центральная нервная система

ЭВЛ – эндотрахеальная вентиляция легких

ЭМГ – электромиография

ЭЭГ – электроэнцефалография

ТОФ – train of four (тест четырёхразрядной стимуляции)

ВВЕДЕНИЕ

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ) – исследование, которое проводится с использованием современных мультимодальных многоканальных систем, включающих: электроэнцефалографию (ЭЭГ), вызванные потенциалы (ВП), электромиографию (ЭМГ), транскраниальную электрическую стимуляцию, чтобы не допустить или снизить риск повреждения нервных структур, оптимизируя хирургические результаты. Нейрофизиологический мониторинг помогает определить безопасный объем удаления пораженной ткани, не вызывая при этом дополнительного неврологического дефицита. Используется не только при нейрохирургических операциях на головном, спинном мозге, позвоночнике и периферических нервах, но и при операциях на сосудах (сонных артериях, аорте и др.), когда есть риск развития ишемии головного или спинного мозга. Успешное применение ИОНМ возможно при командной работе оперирующего хирурга, анестезиолога и нейрофизиолога.

Это направление клинической физиологии динамично развивается. Совсем недавно ИОНМ выполнялся только в крупных многопрофильных учреждениях. В настоящее время происходит широкое внедрение ИОНМ в городских клиниках и всё большее внимание уделяется доказательной базе эффективности ИОНМ, растёт понимание необходимости избегать чрезмерно упрощённых подходов к оперативному лечению пациента.

При лечении деформаций позвоночника, в том числе идиопатического сколиоза у детей, актуальна проблема своевременной хирургической коррекции для предотвращения прогрессирования и влияния на дальнейший рост. Хирургия деформаций позвоночника – это высокие риски с малым правом на ошибку. По литературным данным риски неврологических осложнений во время коррекции деформаций позвоночника за последние тридцать лет снизились с 17% до 0,5–1,6% [1].

Неврологический дефицит, особенно в форме пареза или паралича, – это потенциально грозное осложнение хирургического лечения сколиоза; спинной мозг (СМ) и спинномозговые корешки

(СМК) подвержены риску механического повреждения при проведении винтов металлоконструкции через корни дужек позвонков. Причем при сколиотической деформации вероятность повреждения в разы выше, так как тела и другие костные структуры позвонков деформированы и развернуты, СМ занимает положение ближе к вогнутой части деформации позвоночника, что в свою очередь повышает риски его повреждения. СМ и СМК могут травмироваться и при осуществлении distraction позвоночника. Во время растяжения или сдавления СМ, передней спинномозговой артерии, сосудов СМК происходит развитие ишемии и как следствие – инфаркт СМ.

Для достижения благоприятного исхода хирургического лечения сколиотической деформации позвоночника врач должен иметь не только колоссальный клинический опыт, современный хирургический инструментарий, полный спектр методов лучевой диагностики, но и точный интраоперационный контроль функционального состояния нервной ткани у пациента, находящегося под наркозом.

Данный подход к оперативному лечению сколиоза считается обязательным, так как применение ИОНМ сенсорной и моторной систем СМ повышает чувствительность и специфичность регистрации предикторов развития неврологических осложнений, что в свою очередь помогает вовремя их предотвратить, гарантировать уверенность в отсутствии повреждающего действия после рискованных моментов операции.

Использование ИОНМ также позволяет обнаружить начало повреждения нейронов от неблагоприятных системных или нехирургических воздействий (гипоксия, гипотония или другие нарушения, возникающих из-за факторов, не связанных с хирургическим полем) и своевременно предотвратить необратимые нарушения.

Используя ИОНМ, оперирующие врачи совершенствуют хирургическую технику, приобретают необходимые навыки проведения, казалось бы, безобидных, но чреватых негативными последствиями, хирургических манипуляций.

Основная функция ИОНМ – указать, на каком этапе операции начинается повреждение, в идеале до того, как оно станет необратимым. Сочетание картирования и мониторинга не только позволи-

ло хирургу чувствовать себя в большей безопасности, но и сделало возможными минимизировать побочные эффекты и делать более сложные и обширные резекции. Предоставление немедленной и непрерывной информации хирургу имеет решающее значение для расширения диапазона вмешательств, которые раньше считались слишком опасными и невозможными.

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ХИРУРГИИ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

Создание Харрингтоном дистракционного стержня в 1962 году положило начало революционному применению металлических конструкций внутренней фиксации при устранении деформаций позвоночника.

В 1982 году Luque E.R., показал, как можно исправить сколиоз с помощью сегментарной фиксации и приложения поперечных сил. Вначале использовались в груднопоясничном отделе позвоночника крючки и стержни. Транспедикулярные винты впервые использовал в 1959 году Boucher H.H., а впоследствии они популяризированы в 1970-х годах Roy-Camille R. и его коллегами.

Рост количества операций по поводу деформаций позвоночника [1] обусловлен несколькими причинами: увеличение качества и продолжительности жизни, технические достижения в анестезиологии и лучевой визуализации. Совершенствование транспедикулярных конструкций позволило проводить более агрессивные операции пациентам, которые ранее не рассматривались для хирургического лечения из-за грубой деформации позвоночника.

С усложнением хирургии деформаций позвоночника разрабатывались сопряженные технологические ресурсы, такие как компьютерная томография (КТ) или магнитно-резонансная томография (МРТ), интраоперационные устройства трехмерной визуализации – мобильный интраоперационный компьютерный томограф (О-Арт), виртуальная навигация, робототехника, ИОНМ и другие [2].

Маневры с транспедикулярными винтами позволяют проводить сегментарные манипуляции с позвонками, придавая им нужное положение, что может привести к нежелательному воздействию на СМ и СМК. Применение 3D-изображений с помощью О-Арм, навигации и робототехники значительно повысило точность установки транспедикулярных винтов, резко сократив частоту повреждения СМ и СМК. Однако есть моменты, когда проблема не очевидна для хирурга и риск ятрогенных повреждений повышается вследствие ишемии и механической травмы СМ и СМК.

Первой попыткой оценить неврологический статус функциональной сохранности СМ и СМК во время операции был тест пробуждения. Данный тест впервые был описан Vauzelle в 1973 году и популяризован Стагнармом. Тест заключается в пробуждении пациента во время операции и проверки движений в конечностях. Однако данный тест сложный и трудоёмкий, чаще всего его можно провести один раз в течение операции, а повреждение СМ и СМК может произойти и будет замечено уже позднее. Поэтому от данного теста многие хирурги отказались, включив в свой арсенал появившийся ИОНМ, отражающий в режиме реального времени проводимость по сенсорным и моторным трактам. Тест с пробуждением выполняется только при сомнительных результатах ИОНМ и в случаях, когда проведение ИОНМ не доступно.

ИОНМ был впервые применён Nash et al. в хирургии позвоночника в 1977 году в объеме соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП). Однако с помощью данной модальности исследовалась лишь часть передних восходящих пучков СМ без данных о состоянии задних нисходящих трактов, что сказывалась на исходах операции. Учитывая это в конце 1990-х годов появился ИОНМ – стали параллельно с ССВП проводить мониторинг МВП, что повысило чувствительность и специфичность [3].

Применение 3D-изображений с помощью О-Арм, навигации и робототехники значительно повысило точность установки транспедикулярных винтов, резко сократив частоту повреждения СМ и СМК. Однако всё же, они полностью не могут заменить ИОНМ.

Непосредственно ИОНМ начинается перед хирургическим вмешательством сразу после начала наркоза. В этот момент проводится полный ИОНМ, записываются базовые данные пациента. Далее во время операции на определённых этапах проводится сравнение текущих данных ИОНМ с базовой записью, что позволяет диагностировать любые нарушения неврологических функций.

При любых изменениях показателей ИОНМ анестезиолог совместно с нейрофизиологом первым делом должны исключить причины, не связанные с действием хирурга, такие как снижение артериального давления, реакция на болюсное введение анестетиков, техническая неисправность оборудования и электродов. Далее обращают внимание на последнее действие хирурга. Хирург останавливается, оценивает ситуацию и определяет воздействие, приведшее к изменению картины ИОНМ. По возможности причина устраняется, ожидается восстановление сигнала ИОНМ.

При полной потере всех вызванных потенциалов следует рассмотреть возможность прекращения операции, сброса коррекции и удаления транспедикулярных винтов, которые могли привести к травме СМ и СМК. Также можно провести тест Стагнара для проверки активных движений в нижних конечностях.

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекарственные препараты, применяемые при анестезиологическом обеспечении, оказывают влияние на показатели ИОНМ [4, 5], поэтому их выбор при хирургической коррекции деформаций позвоночника должен быть запланирован в пользу препаратов, минимально влияющих на проведение ССВП и МВП или даже облегчающих их проведение, ибо некоторые препараты, используемые в анестезии, могут мешать генерации сенсорных и моторных потенциалов, приводя к неправильной интерпретации, ухудшения сигнала [6, 7].

Тотальная венозная анестезия (ТВА) является основным вариантом анестезии при коррекции деформаций позвоночника с использованием ИОНМ. Этот вариант анестезии позволяет проще

титровать лекарственные препараты и регулировать дозозависимый режим введения, облегчая регистрацию вызванных потенциалов, особенно в отношении моторных потенциалов. Дополнением к ТВА при хирургии деформаций позвоночника используют кетамин, так как он минимально влияет на ИОНМ и обладает обезболивающим эффектом даже в небольших дозах. Недавний метаанализ показал, что периоперационное применение кетамина приводит к снижению интенсивности послеоперационной боли и уменьшению дозы наркотических препаратов без увеличения частоты побочных эффектов [8]. Кетамин также может увеличивать амплитуду ответов ССВП и моторных вызванных потенциалов (МВП), что может быть полезным у пациентов с дооперационным неврологическим дефицитом.

Мониторирование глубины наркоза на основе технологии биспектрального индекса (BIS) оценивает уровень седации, позволяет более рационально использовать анестетики в минимальных дозах для желаемого клинического эффекта без больших колебаний концентрации в плазме, что в свою очередь улучшает генерацию и интерпретацию сигналов ИОНМ.

Для регистрации BIS используется специальный датчик (рисунок 1), который закрепляется на лоб пациента и снимает ЭЭГ, а си-



Рисунок 1. Система мониторинга глубины наркоза на основе технологии биспектрального индекса

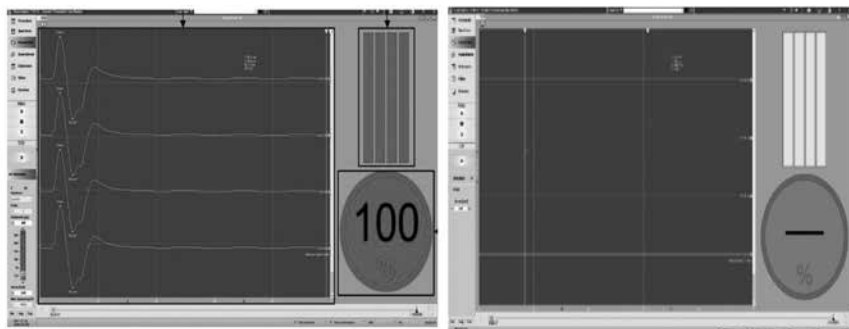
стема BIS в своё время обрабатывает эти сигналы и рассчитывает BIS-индекс от 0 до 100, где 0 – это полное отсутствие мозговой активности, а 100 – бодрствование пациента. Обычно BIS во время операций с использованием ИОНМ поддерживают в диапазоне от 40 до 65.

В Новосибирском НИИТО им. Я.Л. Цивьяна все операции проводятся под внутривенной анестезией гипнотиком пропофолом, анальгетиком фентанилом. Добавляются субанестетические дозы кетамина. Деполяризующие миорелаксанты используются только на этапе интубации.

Анестезиолог проводит оценку общей анестезии и седации головного мозга с помощью данных, получаемых с аппарата BIS, предотвращая риск преждевременного выхода из наркоза. Данный метод ведения анестезии считается золотым стандартом для получения достоверных данных и исключения ложноотрицательных результатов при выполнении ИОНМ [8].

ОЦЕНКА ВЫРАЖЕННОСТИ МИОРЕЛАКСАЦИИ. ТЕСТ ЧЕТЫРЁХРАЗЯДНОЙ СТИМУЛЯЦИИ

При помощи теста четырёхразрядной стимуляции (TOF) проводится объективная оценка выраженности миорелаксации на любом этапе операции. Осуществляется стимуляция малоберцового или срединного нерва четырьмя стимулами, частотой 1–2 Гц, длительностью от 200 до 500 миллисекунд (мс) и интенсивностью от 10 до 50 мА. Далее регистрируют четыре последовательных моторных ответа с мышцы-мишени T1, T2, T3, T4. При регистрации электромиограммы с верхней конечности мышцей-мишенью выбирается *m. abductor pollicis brevis*. При регистрации ЭМГ с нижней конечности мышца-мишень – *m. tibialis anterior*. Аппарат проводит оценку амплитуды моторного ответа T4 по отношению к T1. При TOF = 100% амплитуда всех четырёх ответов одинаковая, при TOF = 25% моторный ответ T4 не регистрируется, при TOF = 20% T3 не регистрируется, при TOF = 10% не регистрируется M-ответ T2, а при TOF = 0% происходит полный блок нервно-мышечной передачи и ни один ответ не регистри-



А

Б

Рисунок 2. Тест четырёхразрядной стимуляции. А. TOF = 100% – без влияния миорелаксантов; можно проводить нейромониторинг. Б. TOF = 0% – после введения миорелаксантов, при этом показателе проведение ИОНМ не возможно

руется (рисунок 2).

СОМАТОСЕНСОРНЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

ССВП были впервые описаны Ларсоном и Сансесом в 1960-х годах и на данный момент являются наиболее широко используемыми вызванными потенциалами.

Мониторинг ССВП используется для проверки функционального состояния соматосенсорного пути СМ в режиме реального времени на различных этапах оперативного лечения деформации позвоночника; стимулируется дистальная часть периферического нерва.

ССВП регистрируют непрерывно в режиме реального времени с момента кожного разреза и до конечного гемостаза и ушивания раны, данная модальность наиболее эффективна и помогает своевременно предпринять меры по устранению ятрогенного повреждения, связанного с компрессией, тракцией, ишемией, термическим и другими воздействиями.

Стимуляция малоберцовых нервов на обеих конечностях осуществляется игольчатыми электродами, во время установки которых

нужно придерживаться правил размещения катода и анода (рисунок 3) во избежание проблем с потенциалом действия или так называемым анодным блоком. В случаях, когда катод и анод расположены в непосредственной близости друг от друга или анод расположен проксимальнее катода, развивается из-за гиперполяризации аксона, расположенного под анодом развивается анодный блок.

Анод размещается между медиальной лодыжкой и ахилловым сухожилием на 3 см дистальнее катода. Также можно стимулировать малоберцовый нерв в области головки малоберцовой кости или в области подколенной ямки. Длительность стимула составляет 200 мс, частота стимуляции от 3,7 до 5,1 Гц. Интенсивность надпорогового стимула выбирается индивидуально от 15 до 25 мА в каждом конкретном случае. Границы фильтра высоких частот – 30 Гц, низких частот 600 Гц, эпоха анализа – 100 мс, количество усреднений – 200.

Регистрация корковых ответов ССВП проводится штипорными электродами, располагаемыми подкожно на скальпе в точках Cz'-Fz по международной системе 10–20 (рисунок 4). В результате регистрируется корковый ответ P40 (рисунок 5). Амплитуда коркового ответа показывает вызванный волной потенциал разности пикового напряжения, а латентность – это время от стимула до пика реакции.

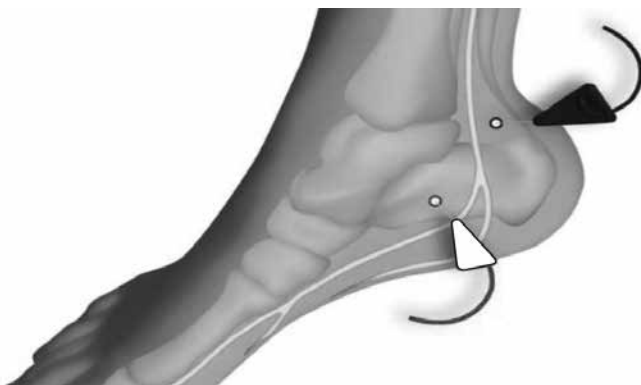


Рисунок 3. Постановка анода и катода при стимуляции малоберцового нерва. Белая стрелка указывает место постановки анодного электрода (+), черная – катодного (-)

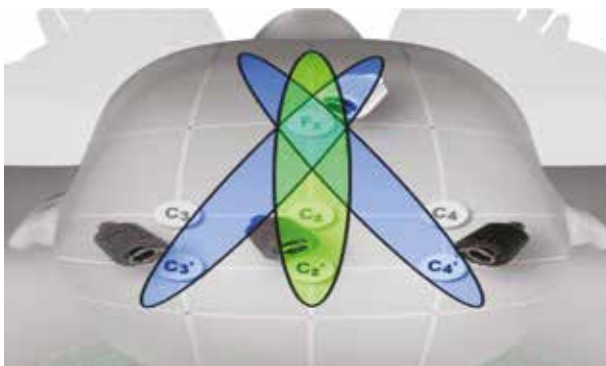


Рисунок 4. Установка регистрирующих штопорных электродов ИОНМ на голове в точках Cz'-Fz по Международной системе 10–20. Зеленым цветом выделена локация электродов для регистрации ССВП с нижних конечностей. Голубым цветом выделены коммуникации штопорных электродов при записи ССВП с верхних конечностей (C3'-Fz – правая рука, C4'-Fz – левая рука)

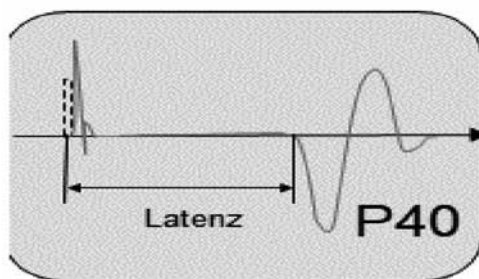


Рисунок 5. Кортиковый ответ P40, при стимуляции п. Tibialis – базовая (нормальная) картина на мониторе

Изменения амплитуды или задержка корковых сигналов, которые представлены сотнями суммированных сигналов, служат показателем целостности СМ. Оперирующий хирург предупреждается об изменении мониторинга ССВП при снижении пиковой амплитуды на 50% и увеличении латентности более 10% относительно базовой линии, записанной ранее до кожного разреза [9]. К уменьшению ам-

плитуды ССВП в основном приводят интраоперационные воздействия. Хронические состояния, такие как демиелинизация, оказывают большее влияние на латентный период. Влияние артериального давления на ССВП варьирует в зависимости от индивидуума, однако систолическое давление > 80 мм обычно достаточно для стабильных ССВП [10].

ССВП могут регистрироваться без изменений при повреждении СМ, не затрагивающем спиноталамический тракт, то есть его вентральную часть, что приведёт к развитию моторного дефицита, поэтому необходимо одновременно мониторировать МВП. ССВП менее чувствительны к ишемии СМ чем МВП, так как белому веществу нужно меньше притока крови, чем серому веществу.

МОТОРНЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

Исследования мозга, проведенные Пенфилдом с помощью интраоперационной стимуляции, положили основу интраоперационной нейрофизиологии в целом.

К концу 1970 годов активно использовали ССВП, однако оказалось, что использование одной этой модальности ненадёжно, так как часто дает ложные результаты; при получении ССВП в послеоперационном периоде присутствовал моторный дефицит. Поэтому был начат поиск более надёжных методов оценки двигательной системы. Мертон и Мортон обнаружили что ток высокого напряжения, приложенный к черепу, может, проникнув в головной мозг, активировать моторную кору и кортикоспинальный тракт. На основе этого исследования были разработаны две методики интраоперационного мониторинга кортикоспинального тракта: одноимпульсная и многоимпульсная стимуляции.

Метод одноимпульсной стимуляции предполагает применение одного электрического стимула транскраниально или непосредственно на моторную кору; при этом одиночный электрический импульс кортикоспинального тракта регистрируется над СМ в виде прямой волны (D-волна). Данный метод впервые зарегистрирован

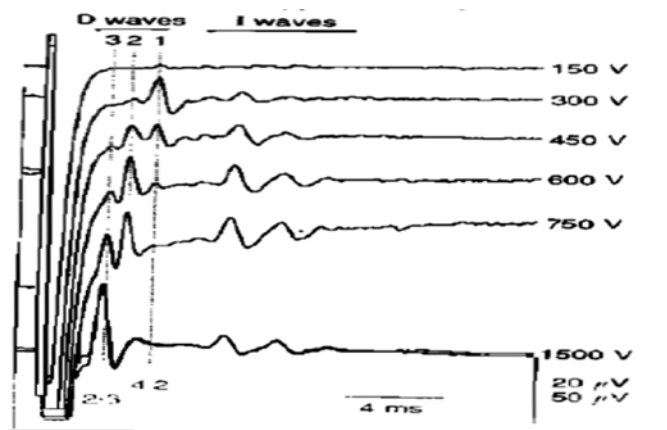


Рисунок 6. Регистрация D и I -волн

в 1950 году, когда Patton H.D. и Amassian V.E. использовали одиночный электрический импульс при стимуляции моторной коры обезьяны и зарегистрировали от кортикоспинального тракта бегущие волны, представленные 2 типами. Первый ответ с короткой латентностью в результате прямой активации кортикоспинального тракта, так называемая D-волна. Сразу за D-волнами следуют I-волны, вызываемые транссинаптической активацией мотонейронов кортикоспинального тракта (рисунок 6).

Второй метод многоимпульсной стимуляции заключался в короткой серии из 5–7 электрических стимулов, применяемых транскраниально или непосредственно при стимуляции моторной коры головного мозга; в результате получается моторный ответ от мышц-мишеней конечностей. Данный метод сильно отличается от метода Пенфилда тем, что требовалось всего 5–7 стимулов с частотой стимуляции до 2 Гц, а метод Пенфилда требовал непрерывной стимуляции в течении нескольких секунд с частотой стимуляции 50–60 Гц и только на открытую моторную кору головного мозга, при этом часто вызывались припадки.

Транскраниальная электрическая стимуляция моторных вызванных потенциалов прецентральных извилин при операциях по поводу деформаций позвоночника осуществляется с помощью штопорных электродов, установленных подкожно в точки C_3 – C_4 по международной системе 10–20 (рисунок 7).

Использование ЭЭГ чашечных электродов не рекомендуется, поскольку они не практичны, и их установка требует много времени. Регистрация осуществляется с мышц-мишеней нижних конечностей с *m. vastus lateralis*, *m. tibialis anterior*, *m. abductor hallucis* с обеих сторон (рисунок. 8).

Для возможности исключения затухания моторных ответов при транскраниальной стимуляции с последующим их отсутствием из-за действия миорелаксантов дополнительно использовались мышцы-мишени с верхних конечностей: *m. abductor pollicis brevis* с 2-х сторон. Сила стимула выбирается индивидуально от 70 до 220 мА, «серией импульсов 5» – после получения моторных ответов со всех периферических мышц-мишеней. Длительность импульса – 200 миллисекунд. Межстимульный интервал – 4 миллисекунды. Границы фильтра высоких частот – 30 Гц, низких частот – 2000 Гц. Так как



Рисунок 7. Установка регистрирующих штопорных электродов на голове в точках C_3 – C_4 по системе 10–20

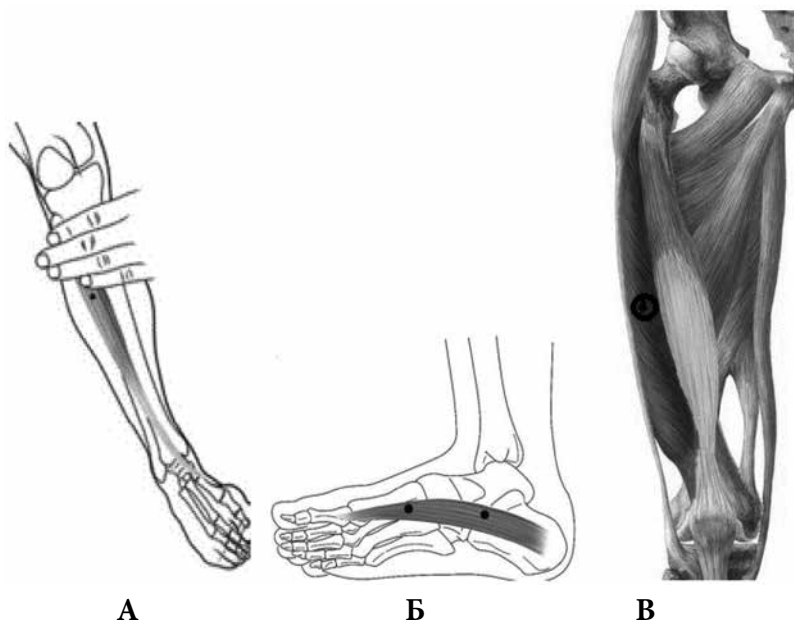


Рисунок 8. Мышцы-мишени на нижней конечности: А) *m. tibialis anterior*, Б) *m. abductor hallucis*, В) *m. vastus lateralis*

моторная кора нижних конечностей расположена в межполушарной щели для получения моторного ответа обычно необходим более интенсивный ток.

Чувствительность МВП к развитию моторного дефицита очень высока, поэтому сохранение МВП почти никогда не связано с двигательным дефицитом. Редкий ложноотрицательный результат более вероятно связан с техническими и интерпретационными ошибками начинающих специалистов, также известно, что амплитуда моторного ответа снижается при нервномышечном утомлении, неизбежно развивающемся при длительной и частой электростимуляции.

Были предложены различные критерии тревоги, основанные на изменениях амплитуды, латентности, пороговой интенсивности стимула. Однако большинство отечественных авторов считают, что

снижение амплитуды более 50% является критическим при операциях на головном мозге. При операциях на СМ или позвоночнике это приведёт к множеству ложных тревог, поэтому следует придерживаться критерия «всё или ничего», который предполагает развитие моторного дефицита только при полном исчезновении (затухании) амплитуды МВП. Чтобы хирург, анестезиолог и нейрофизиолог смогли предпринять все возможные меры для своевременного предупреждения развития стойкого моторного дефицита, вся команда уведомляется о снижении амплитуды моторного ответа уже при 70%, 80% и 90% от базовой линии. Латентность МВП также может быть индикатором надвигающегося моторного дефицита, хотя корреляция с развившимся послеоперационным неврологическим дефицитом слабее, чем с амплитудой. Поэтому мы рассматриваем увеличение латентности без значительного уменьшения амплитуды МВП как незначительное предупреждение и по нашему опыту не несут развития в раннем послеоперационном периоде моторного дефицита. Увеличение латентности без значительного уменьшения амплитуды МВП считается незначительным предупреждением и не приводит к развитию моторного дефицита в раннем послеоперационном периоде. Многие авторы придерживаются мнения, что точность интерпретации полученных данных зависит от опыта нейрофизиолога.

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ УСТАНОВКЕ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНЫХ ВИНТОВ

В настоящее время транспедикулярная фиксация позвоночника с помощью винтов широко и рутинно используется во всём мире, но есть определённые трудности в точной постановке винтов особенно для грудного отдела из-за меньшего размера и более сложной морфологии корней дужки.

Правильное позиционирование и проведение транспедикулярных винтов требует от хирурга большого опыта и знание анатомии всех частей позвоночника. Очень важно правильно провести винты

поскольку нарушение стенки корня дужки или тела позвонка может привести к нарушению фиксации и повреждению СМ, СМК и сосудов. По мнению многих хирургов в идеале винт должен проходить через корень дужки с запасом около 1 мм с медиальной и латеральной сторон стенки. В результате медиального расположения винты с большей вероятностью повреждают СМ, а не СМК. Во многих статьях сообщается о частоте перфораций кортикального слоя корня дужки от 5,4% до 40% даже опытными хирургами, поэтому стали использовать электромиографический мониторинг при установке транспедикулярных винтов с целью снижения данного риска.

На протяжении осуществления доступа к задним структурам позвоночника и дальнейшей операции вплоть до конечного гемостаза и ушивания раны проводится запись спонтанной электромиографии. С её помощью осуществляется контроль действий хирурга в операционной ране с целью оценки механического раздражения, свидетельствующего о работе вблизи нервных структур.

При раздражении СМК регистрируется биоэлектрическая активность в мышцах-мишенях. При незначительном раздражении вблизи СМК или при его смещении, но без риска травмирования СМК, регистрируются короткие (около 30 секунд), низкоамплитудные и низкочастотные вспышки биоэлектрической активности в мышцах-мишенях. Компрессия СМК, либо его перерастяжение и как следствие развитие в нём ишемии на спонтанной ЭМГ, регистрируется длительным биоэлектрическим разрядом в мышцах-мишенях (более 5 секунд), и об этом оповещается хирург, прекращается хирургическая активность в данной области. В настоящее время более информативной считается триггерная ЭМГ, на которой визуально лучше и без артефактов стимула регистрируется ирритативное воздействие на уровне СМК во время оперативных манипуляций хирургом, о чём он незамедлительно ставится в известность при прямой стимуляции винта.

Триггерная ЭМГ заключается в проведении электрического тока через винт и регистрация в М-ответа в контролируемой мышце, что указывает на контакт или непосредственную близость винта к СМК.

Таблица 1. Мышцы, используемые для оценки размещения транспедикулярных винтов

Отдел позвоночника	Иннервация нервных корешков	Группы мышц
Шейный	C2, C3, C4	Trapezius, sternocleidomastoid
	C5, C6	Biceps, deltoid
	C6, C7	Triceps, flexor carpi radialis
	C8, T1	Abductor pollicis brevis, abductor digiti minimi
Грудной	T1, T2, T3, T4	Intercostals
	T5, T6	Upper rectus abdominis, intercostals
	T7, T8	Middle rectus abdominis, intercostals
	T9, T10, T11	Lower rectus abdominis, intercostals
	T12	Inferior rectus abdominis, intercostals
Поясничный	L1	Psoas
	L2, L3	Adductor magnus
	L3, L4	Vastus medialis
	L4, L5	Anterior tibialis
	L5, S1	Peroneus longus
Крестцовый	S1, S2	Medial gastrocnemius
	S2, S3, S4	External anal sphincter

Чем меньше сила тока, проводимая через винт, приводящая к моторному ответу, тем больше вероятность смещения винта и, следовательно, требуется его переустановка.

Выбор группы мышц, подлежащих мониторингу, зависит от уровня СМ и СМК, которые подвергаются воздействию (таблица 1).

Проводится прямая стимуляция винта, погружённого в тело позвонка и проходящего через корень дужки, монополярным зондом с шарообразным наконечником, который является катодом. Анод расположен субдермально, около разреза или в параспинальных мышцах. Через зонд подаётся электрический ток длительностью 0,2 мс, частотой 1–3 Гц, интенсивность которого постепенно увеличивают до тех пор, пока не регистрируют моторный ответ от мышц-мишеней (рисунок 9).

На шейном, грудном и пояснично-крестцовом уровне сила тока

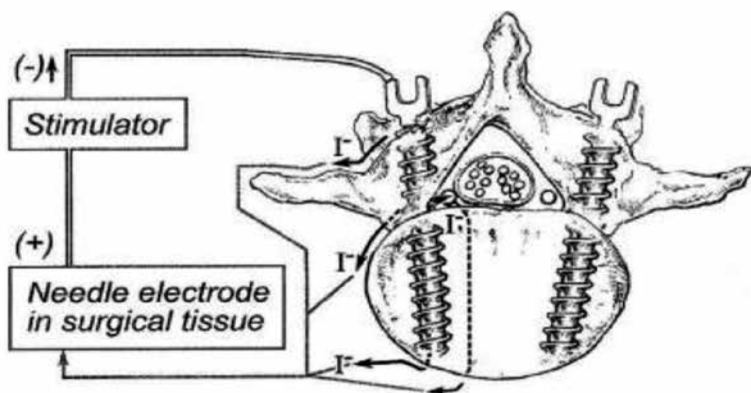


Рисунок 9. Техника стимуляции, используемая для оценки расположения транспедикулярных винтов в телах позвонков на различных уровнях. Источник: Reprinted from Toleikis J. Neurophysiological monitoring during pedicle screw placement. In: Deletis V, Shils J, editors. Neurophysiology in neurosurgery. San Diego: Academic; 2002. p. 231–64

в 15 мА, вызывающая моторный ответ при стимуляции винта, говорит о правильности установки винта, а при наличии какого-то дефекта в корне дужки может вызвать М-ответ уже при 10 мА. Если моторный ответ вызывается на силе тока от 5 до 7 мА – это говорит о высокой вероятности повреждения костной ткани позвонка и прямом контакте со СМК.

Рентгенограмма как метод обнаружения мальпозиции винтов может ввести в заблуждение, наводя на мысль об адекватном расположении винтов, однако, в случае выполнения прямой электростимуляции мог бы быть зафиксирован М-ответ в мышцах-мишенях. В таком случае винт был бы переустановлен. В противном случае мальпозицию винтов (как пример – рисунок 10) можно выявить в раннем послеоперационном периоде только при выполнении МСКТ позвоночника в случае возникновения неврологического дефицита или его углублении.

При использовании триггерной ЭМГ имеются определённые сложности. Например, мониторинг прямых мышц живота менее чувствителен и осуществим при установке транспедикулярных вин-



Рисунок 10. Медиальная мальпозиция транспедикулярных винтов

тов в грудном отделе. В поясничном отделе позвоночника триггерная ЭМГ более информативна. Однако, если транспедикулярный винт полностью повреждает СМК, то моторного ответа не будет.

Считается, что только комбинированное использование спонтанной и триггерной ЭМГ является единственным и оптимально информативным методом для оценки правильности установки транспедикулярных винтов.

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА С ИОНМ

Клинический пример 1

Пациентка Ч., 12 лет. Деформация позвоночника выявлена в 6 лет. Прогрессирование постепенное, несмотря на проводимое консервативное лечение. При плановой госпитализации в 2021 г. жалобы на боли в спине после непродолжительной вертикальной нагрузки, на деформацию позвоночника. При неврологическом осмотре патологии не выявлено.

На спондилограммах угол правосторонней грудной сколиотической дуги стоя 82° / с наклоном в сторону дуги 64° , кифоз грудного

отдела 33°, лордоз поясничного отдела 62°. ПО МРТ со стороны СМ без патологии.

Диагноз: Идиопатический неосложненный прогрессирующий субкомпенсированный ригидный правосторонний грудной сколиоз IV степени (82°). Задний правосторонний реберный горб.

Учитывая возраст пациентки, выраженность и продолжающееся прогрессирование деформации, проведено хирургическое лечение под контролем ИОНМ: коррекция деформации позвоночника инструментарием, задний спондилодез Th₂-L₂ местной аутокостью. Операция прошла без осложнений. Получена выраженная рентгенологическая и почти полная клиническая коррекция деформации позвоночника.

Мониторинг функции СМ на фоне наркоза ТВА+ эндотрахеальная вентиляция легких (ЭВЛ) проводился методом транскраниальных МВП и ССВП. Тестируемыми мышцами выбраны: *m. tibialis anterior*, *m. abductor hallucis* с обеих сторон.

В начале операции до кожного разреза при транскраниальной стимуляции МВП прецентральных извилин силой стимула до 90 мА, серией импульсов 5, получены моторные ответы со всех периферических мышц-мишеней, записана базовая линия. После окончания действия миорелаксантов при установке транспедикулярных винтов по МВП амплитуда М-ответов соответствовала базовой линии. После этапа установки и коррекции обеих стержней стимуляция продолжалась регулярно с частотой примерно 1 раз в минуту, при этом амплитудно-временные данные с мышц-мишеней соответствовали базовой линии. На момент конечного гемостаза и ушивания раны амплитуда М-ответов с мышц-мишеней нижних конечностей также соответствовала базовой линии.

Параллельно проводилась регистрация ССВП с нижних конечностей. Кортиковые ответы с нижних конечностей вызывались с момента начала операции. На этапе завершения оперативного лечения амплитуда коркового ответа Р40 существенно не менялась в течение всей операции и соответствовала базовой линии (рисунок 11).

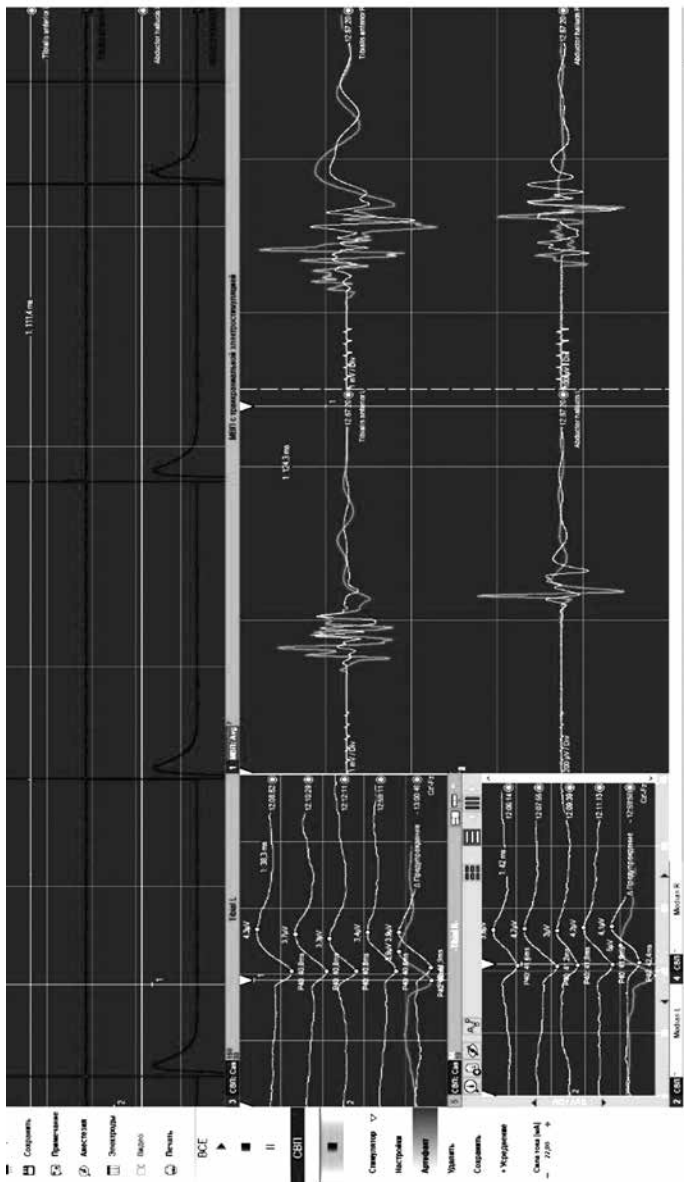


Рисунок 11. Экран отображает все модальности интраоперационного нейробиологического мониторинга

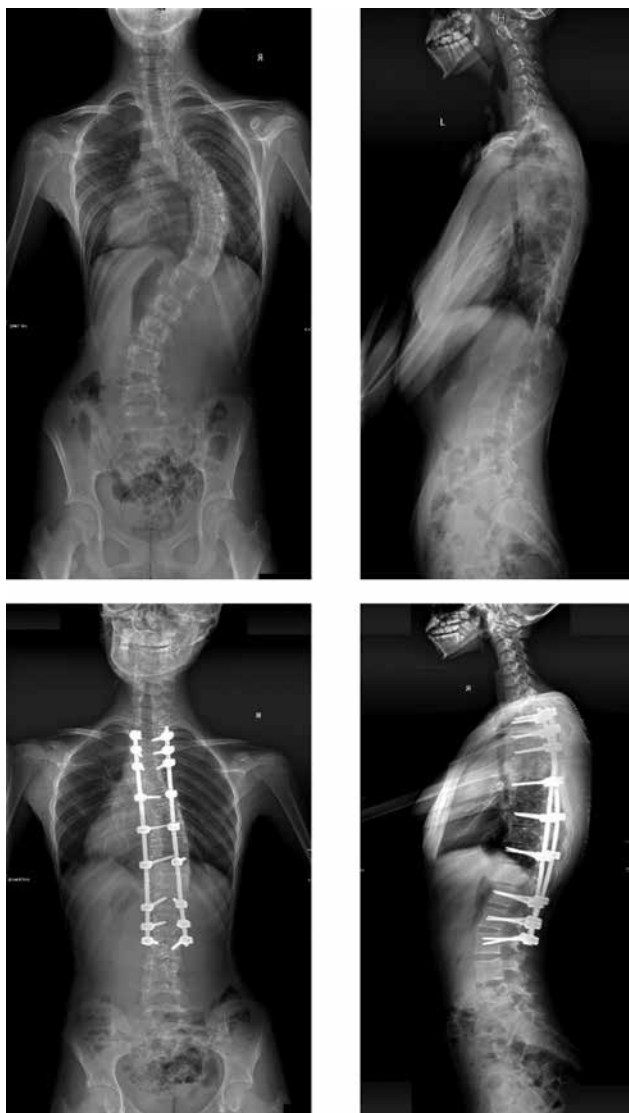


Рисунок 12. Рентгенограммы позвоночника пациентки Ч. 12 лет стоя в 2-х проекциях до и после хирургической коррекции деформации

Послеоперационный период протекал без осложнений. Пациентка вертикализована на 4 сутки, выписана домой на 10 сутки после операции. Неврологического дефицита нет.

Данный случай представляет собой интерес тем, что проведена субтотальная транспедикулярная фиксация на всём протяжении деформации позвоночника от Th₂ до L₂ у подростка 13 лет с продолжающимся ростом. Такая тактика хирургического лечения позволила в дальнейшем избежать дополнительных операций и добиться максимального клинического эффекта с восстановлением сагиттального баланса в ближайшие сроки после операции (рисунок 12).

Клинический пример 2

Пациентка М., 8 лет. Деформация позвоночника выявлена в 6 месяцев. Несмотря на регулярные курсы консервативного лечения (ЛФК, массаж, физиотерапия, плавание в бассейне) деформация прогрессировала. При поступлении в 2022 г. жалобы на деформацию позвоночника, усталость и боли в спине после непродолжительной вертикальной нагрузки. Неврологической патологии не выявлено.

На спондилограммах стоя: правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 70° / при наклоне в сторону – 63°, левосторонняя верхнегрудная сколиотическая дуга – 34° / при наклоне в сторону дуги – 17°, поясничная сколиотическая дуга – 41° / при наклоне в сторону дуги – 0°, кифоз грудного отдела – 45°, лордоз поясничного отдела – 45°. По МРТ патологии со стороны СМ нет. Диагноз: Идиопатический неосложнённый прогрессирующий декомпенсированный ригидный правосторонний грудной сколиоз IV степени (70°) с верхнегрудным (34°) и поясничным (41°) противоискривлениями. Задний правосторонний реберный горб.

Учитывая величину сколиотической дуги позвоночника (её прогрессирование) показано оперативное лечение, однако принимая во внимание возраст и незавершенный костный рост было принято решение начать многоэтапное хирургическое лечение. Выполнен первый этап: первичная коррекция деформации позвоночника ин-

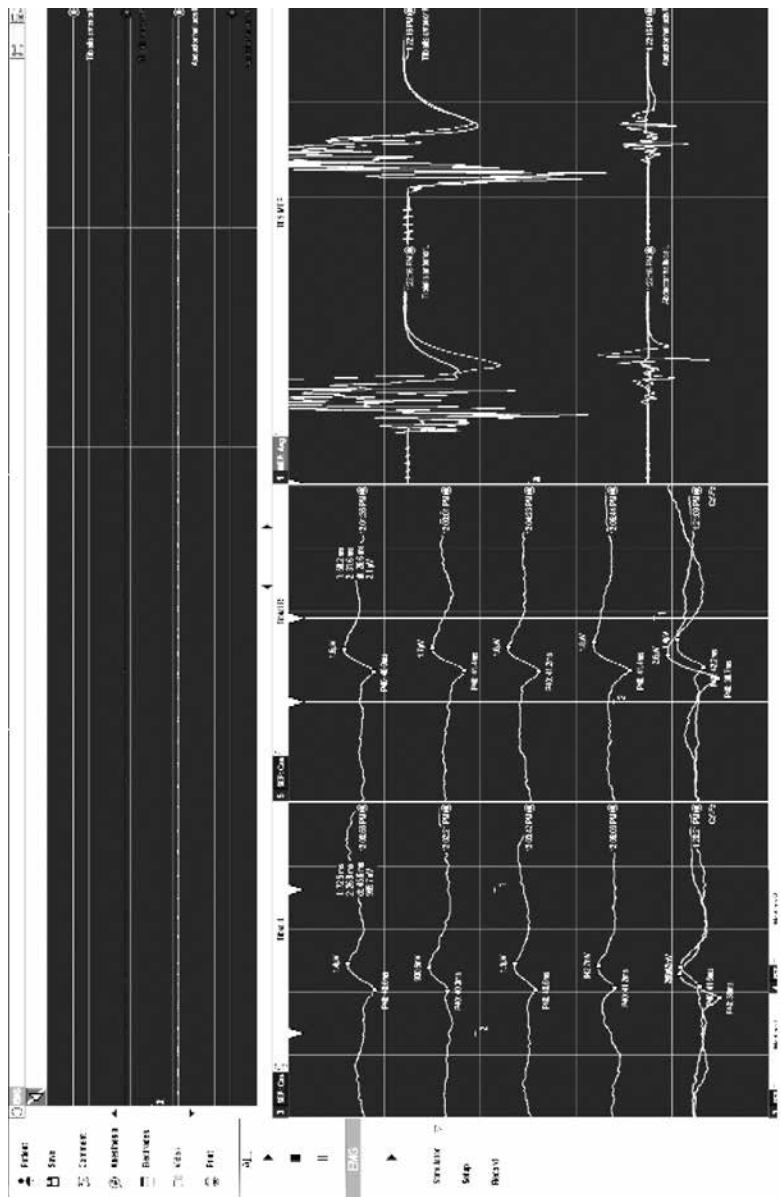


Рисунок 13. Транскраниальные моторные вызванные потенциалы (МВП), соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП)

струментарием в условиях ИОНМ. На уровне Th₃-Th₄ и L₂-L₃ установлены транспедикулярные винты. Стержни введены межмышечно ретроградно от дистальных к проксимальным винтам и изогнуты с учетом деформации и физиологических изгибов позвоночника. Проведена максимальная коррекция деформации позвоночника.

Во время оперативного вмешательства пациентке на фоне наркоза ТВА+ЭВЛ проводился мониторинг функции СМ методом транскраниальных МВП и ССВП при стимуляции нижних конечностей. Также осуществлялась регистрация триггерной ЭМГ с целью предотвращения развития неврологического дефицита во время проведения транспедикулярных винтов и коррекции деформации позвоночника.

Тестируемыми мышцами были выбраны: *m. rectus femoris*, *m. vastus lateralis*, *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius*, *m. abductor hallucis* с обеих сторон. В начале операции до кожного разреза при стимуляции прецентральных извилин силой стимула до 80 мА серией импульсов 6 получены моторные ответы со всех периферических мышц-мишеней, записана базовая линия. После окончания действия миорелаксантов во время и в конце этапа установки транспедикулярных винтов при МВП амплитуда М-ответов соответствовала базовой линии. Электростимуляция проводилась на этапе установки винтов, пачками стимулов с интервалом 0,5 мс, сила стимула до 25 мА; моторные ответы получены не были, что свидетельствовало об отсутствии контакта винтов с двигательными СМК тестируемых уровней. После этапа установки обеих стержней и их коррекции стимуляция продолжалась регулярно с частотой примерно 1 раз в минуту, при этом амплитудно-временные параметры соответствовали базовой линии. На момент конечного гемостаза и ушивания раны амплитуда М-ответов регистрировалась также без отрицательной динамики и соответствовала базовой линии без изменения латентности. Параллельно МВП проводилась регистрация ССВП с нижних конечностей. Корковые ответы с нижних конечностей вызывались с момента начала операции. На этапе завершения оперативного лечения амплитуда коркового ответа Р40 существенно не менялась в течение всей операции и соответствовала базовой линии (рисунки 13, 14).

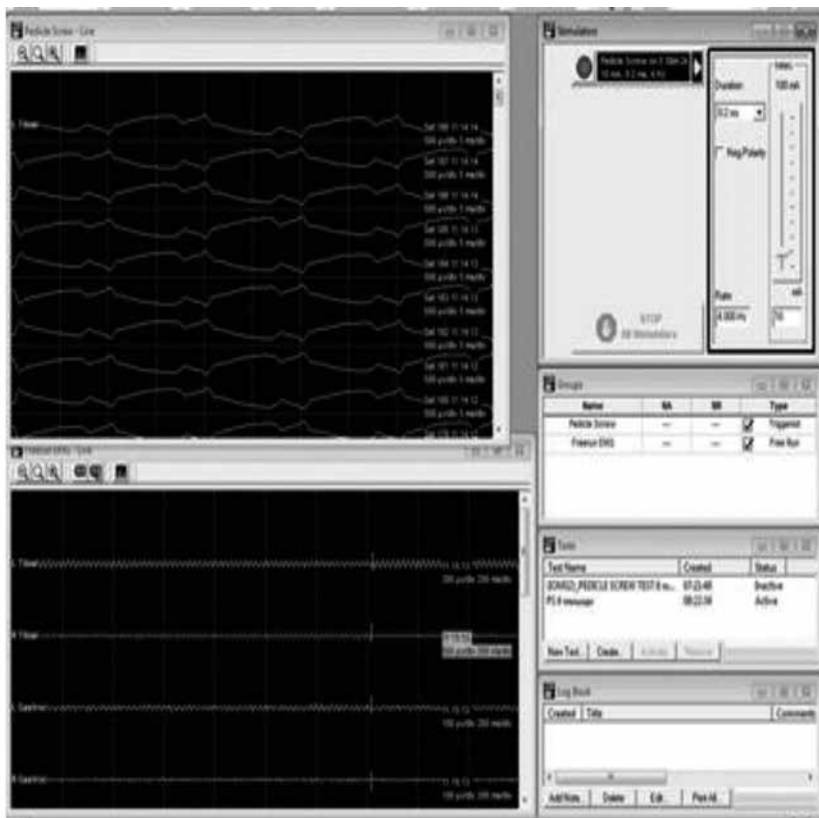


Рисунок 14. Триггерная ЭМГ – для оценки корректности проведения винтов

Операция прошла без осложнений. Достигнута выраженная рентгенологическая и почти полная клиническая коррекция деформации позвоночника (рисунок 15) без развития моторного дефицита. Следующий этап хирургического лечения запланирован не ранее, чем через 12 месяцев.

Представленный случай интересен тем, что операция проведена пациентке 8 лет с несформированными костными структурами и малым диаметром корней дуг в условиях сохраняющегося активного

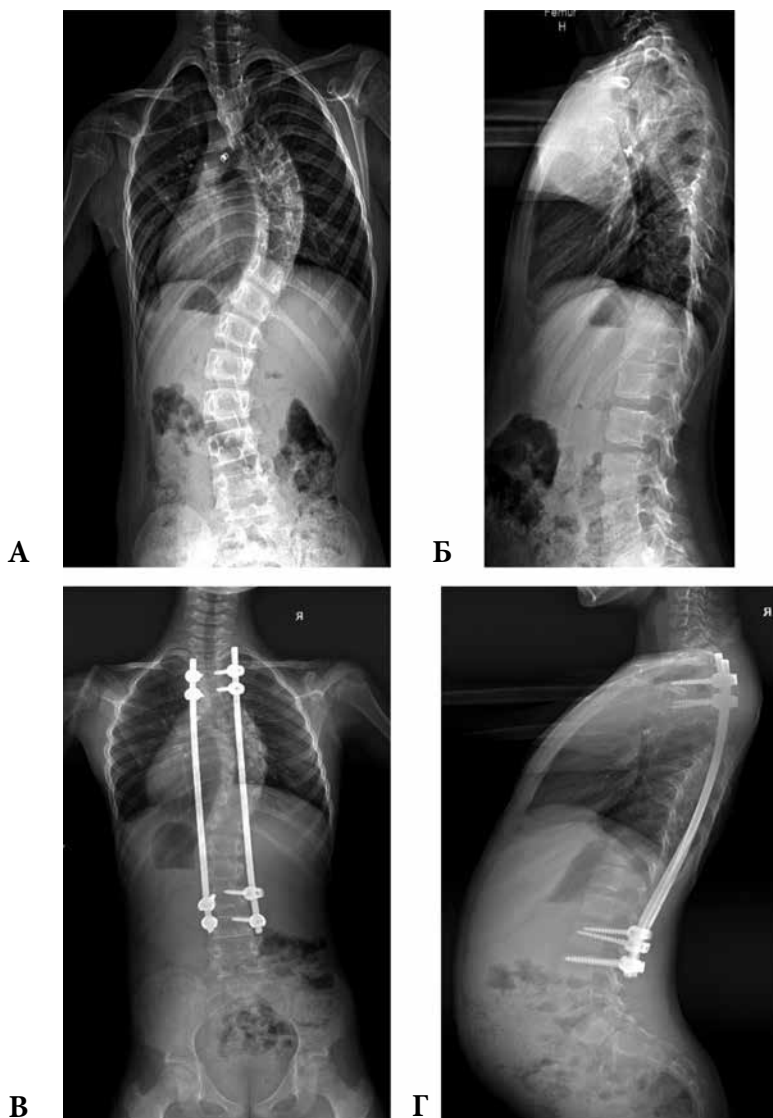


Рисунок 15. Рентгенограммы позвоночника пациентки М. 8 лет в 2-х проекциях стоя до (А-Б) и после (В-Г) хирургического устранения деформации

роста. Применен транспедикулярный винт минимального диаметра – 4,5 мм, который практически равен или незначительно превышает диаметр корней дуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургическая коррекция деформации позвоночника даже самым опытным и квалифицированным хирургом может привести к травмированию СМ и СМК, развитию или углублению неврологического дефицита. Критическими этапами с точки зрения возможного развития неврологических осложнений являются: проведение транспедикулярных винтов, установка крючков, остеотомия, коррекция деформации позвоночника.

В операционной должна быть хорошая коммуникация между хирургом, анестезиологом и клиническим нейрофизиологом. Они совместно должны следить за возможным развитием осложнений, принимать решения о пробуждении пациента (тест Stagnara) и принятии мер по устранениюстораживающих признаков; поэтому в операционной общение между хирургом, анестезиологом и нейрофизиологом должно быть непрерывным и активным.

Анестезиолог отвечает за контроль гемодинамических и физиологических параметров пациента, обеспечивая адекватную перфузию СМ. Нейрофизиолог должен быть не пассивным наблюдателем сигналов на экране, а на каждом этапе операции шаг за шагом помогать хирургу, став так называемой «нейрофизиологической навигацией» в режиме «on-line».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Park P, Wang MY, Nguyen S, Mundis GM, La Marca F, Uribe JS, et al.** Comparison of complications and clinical and radiographic outcomes between nonobese and obese patients with adult spinal deformity undergoing minimally invasive surgery. *World Neurosurg* 2016; 87:55-60
2. **Sethi R, Buchlak QD, Yanamadala V, Anderson ML, Baldwin EA, Mecklenburg RS, et al.** A systematic multidisciplinary initiative for reducing the risk of complications in adult scoliosis surgery. *J Neurosurg Spine* 2017;26(6):744-50
3. **Laratta JL, Ha A, Shillingford JN, Makhni MC, Lombardi JM, Thuet E, et al.** Neuromonitoring in spinal deformity surgery: a multimodality approach. *Global Spine J* 2018;8(1):6877.
4. **De Kock M.** Expanding our horizons: transition of acute postoperative pain to persistent pain and establishment of chronic postsurgical pain services. *Anesthesiology*. 2009;111(3):461-3
5. **Walker CT, et al.** Neuroanesthesia guidelines for optimizing transcranial motor evoked potential neuromonitoring during deformity and complex spinal surgery: a Delphi consensus study. *Spine*. 2020;45(13):911-20
6. **Yang J, Skaggs DL, Chan P, Shah SA, Vitale MG, Neiss G, et al.** Raising mean arterial pressure alone restores 20% of intraoperative neuromonitoring losses. *Spine*. 2018;43(13):890-4.
7. **Walker CT, et al.** Neuroanesthesia guidelines for optimizing transcranial motor evoked potential neuromonitoring during deformity and complex spinal surgery: a Delphi consensus study. *Spine*. 2020;45(13):911-20
8. **Seki H, Ideno S, Ishihara T. et al.** Postoperative pain management in patients undergoing posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review. *Scoliosis* 13, 17 (2018).
9. **Бузунов А.В., Васюра А.С., Долотин Д.Н., Сергунин А.Ю., Новиков В.В.** Мультимодальный подход в интраоперационном нейромониторинге спинного мозга во время коррекции деформаций позвоночника // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 1.
10. **Cui H, Luk KDK, Hu Y.** Effects of physiological parameters on intraoperative somatosensory-evoked potential monitoring: Results of a multi-factor analysis. *Med Sci Monit*. 2009;15(5).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
(Выбрать один правильный ответ)

1. Расшифруйте аббревиатуру ИОНМ?

- А. интраоперационный нейрофизиологический мониторинг
- Б. интраоперационная нейрофизиологическая модуляция
- В. интраоперационный навигационный мониторинг

2. В каком году ИОНМ был впервые применён в хирургии позвоночника?

- А. 1987
- Б. 1997
- В. 1977

3. Какой мозговой ткани требуется больше притока крови?

- А. Серому мозговому веществу
- Б. Белому мозговому веществу
- В. Твердой мозговой оболочке

4. Что такое ТВА?

- А. Тотальная венозная анестезия
- Б. Тепловые индуцированные изменения напряжения
- В. Текст, изображения, видео и аудио

5. Что такое ТОФ?

- А. Трахеопищеводный свищ
- Б. Оценка выраженности миорелаксации на любом этапе операции
- В. Тетрада Фалло

6. Изменения ССВП во время операции могут быть результатом?

- А. Высокой кровопотери
- Б. Низкой температуры пациента
- В. Механического, термического или ишемического повреждения

спинного мозга

7. Как располагать электроды анод и катод, чтобы не развился анодный блок из-за гиперполяризации аксона?

А. Анод расположен проксимальнее катода

Б. Катод и анод располагаются в непосредственной близости друг от друга

В. Анод расположен дистальнее катода

8. Как должен проходить винт через корень дужки, чтобы не контактировать со спинномозговым корешком и/или спинным мозгом?

А. Это не принципиально

Б. С запасом около 1 мм с медиальной и латеральной сторон стенки

В. Соответствовать краям корня дужки

9. На каком расстоянии друг от друга располагаются анодный и катодный электроды?

А. 3 см

Б. 4 см

В. 5 см

10. Какой нерв стимулируют при регистрации ССВП с нижних конечностей?

А. Малоберцовый

Б. Большеберцовый

В. Бедренный

Правильные ответы к тестовым вопросам

1 – А; 2 – В; 3 – А; 4 – А; 5 – Б; 6 – В; 7 – В; 8 – Б; 9 – А; 10 – А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.А. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Объявляет конкурсный прием

в ординатуру по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология» и в аспирантуру по направлению «Клиническая
медицина» по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология»

Контактная информация: niito@niito.ru
Тел.: 8 (383) 363-39-81

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.А. Цивьяна
проводит индивидуальное тематическое обучение на рабочем месте
в виде краткосрочных курсов повышения квалификации
по следующим циклам:**

1. Эндопротезирование и эндоскопическая хирургия суставов конечностей (80 ч).
2. Современная диагностика, консервативное и хирургическое лечение деформаций позвоночника детского возраста (144 ч).
3. Хирургия заболеваний и повреждений позвоночника (144 ч).
4. Дегенеративные заболевания позвоночника (80 ч).
5. Артроскопия плечевого сустава (80 ч).

Занятия проводятся по мере поступления заявок.
После прохождения курсов выдается свидетельство о повышении квалификации.

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81





Учебное пособие

Бузунов Алексей Владимирович
Васюра Александр Сергеевич
Новиков Вячеслав Викторович
Жуков Дмитрий Викторович
Иванова Анастасия Александровна
Лебедева Майя Николаевна

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ
НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
В ХИРУРГИИ СКОЛИОЗА

Подписано в печать 10.03.2024
Формат 60 x 84/16.
Тираж 100 экз.
Заказ № 10560.

ISBN 978-5-6045748-8-1



9 785604 574881