

А.Н. Ерохин, М.С. Сайфутдинов, А.М. Аранович

## КОРРЕКЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЦ НИЖНИХ И ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ БОЛЬНЫХ АХОНДРОПАЗИЕЙ В УСЛОВИЯХ ДИСТРАКЦИОННОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

### Аннотация

Использование модифицированного способа коррекции функционального состояния мышц нижних конечностей у больных ахондроплазией в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза посредством механического воздействия на биологически активные зоны и точки в сочетании с электромиографическим контролем позволяет управлять процессами адаптации двигательных единиц к новым анатомо-биомеханическим условиям функционирования опорно-двигательной системы.

Закономерности изменений биоэлектрической активности мышц, служащие маркерами их функционального состояния у больных с системными заболеваниями скелета, хорошо описаны на примере ахондроплазии [1], [2] и соответствуют общей картине реакции параметров электромиограммы (ЭМГ) на воздействие комплекса факторов дистракционного остеосинтеза у пациентов с другими видами врожденной и приобретенной ортопедической патологии конечностей. Данная реакция уже достаточно хорошо изучена в клинике [3] и на различных экспериментальных моделях [4]-[7]. Актуальной на сегодняшний день задачей остается уточнение их интерпретации, т. е. физиологического смысла тех или иных структурно-функциональных изменений в двигательных единицах, а также оптимизация функционального состояния нервно-мышечного аппарата удлиняемой конечности. Поиск решения указанных задач необходимо вести по следующим направлениям: 1) дифференцировка патологических и адаптивных сдвигов; 2) разработка способов коррекции функционального состояния нервно-мышечного аппарата за счет ликвидации или минимизации патологической составляющей.

В связи с вышесказанным, целью настоящего исследования является характеристика электрофизиологических коррелятов адаптационной и патологической реакции двигательных единиц мышц нижних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза, а также разработка и внедрение способа коррекции функционального состояния нервно-мышечного аппарата.

### Методы исследования

В процессе исследования коррекции функционального состояния нервно-мышечного аппарата мы применили модифицированный способ стимуляции репаративного остеогенеза в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза посредством механического воздействия на биологически активные зоны и точки [8]. Модификация заключалась в том, что воздействие посредством разработанного устройства осуществлялось только на аурикулярные точки, без прессуры биологически активных зон ладони и стопы [9], и, таким

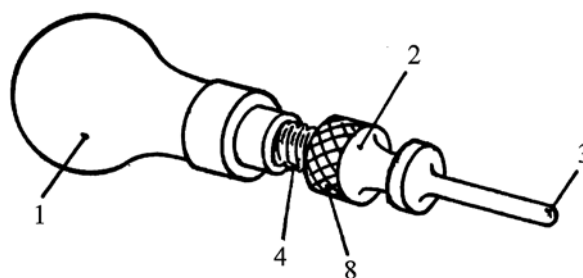


Рис. 1а

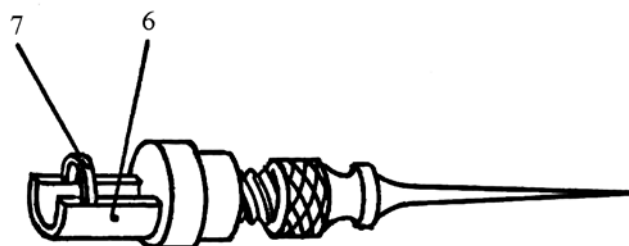


Рис. 1б

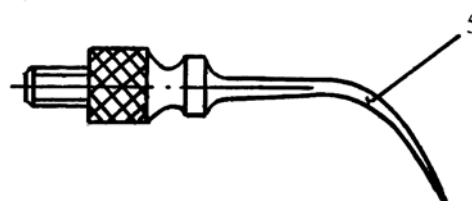


Рис. 1в

Рис. 1. Устройство для рефлексотерапии, содержащее рукоятку 1 и съемную рабочую часть 2 (рис. 1а); съемная рабочая часть 2 имеет на одном конце сферическую головку 3, а на другом – резьбовой хвостовик 4; рабочая часть 2 может быть выполнена с изгибом 5 (рис. 1в) и снабжена рифленным буртиком 8, а ее сферическая головка выполнена с различным радиусом; рукоятка 1 соединяется с рабочей частью 2 посредством глухого резьбового канала, выполненного на одном из ее торцов (на рисунке не показано), в который ввинчивается резьбовой хвостовик 4 рабочей части 2; при этом рукоятка может быть выполнена в виде пеллота 6, снабженного фиксатором 7 (рис. 1б)

образом, использовалась часть устройства, предназначенного для аурикулопрессуры (рис. 1а, б, в).

Сферическую головку 3 рабочей части 2 устанавливали на нужную точку ушной раковины, корреспондирующей соответствующий сегмент конечности, и осуществляли ее прессацию в течение 10...15 с (рис. 2).

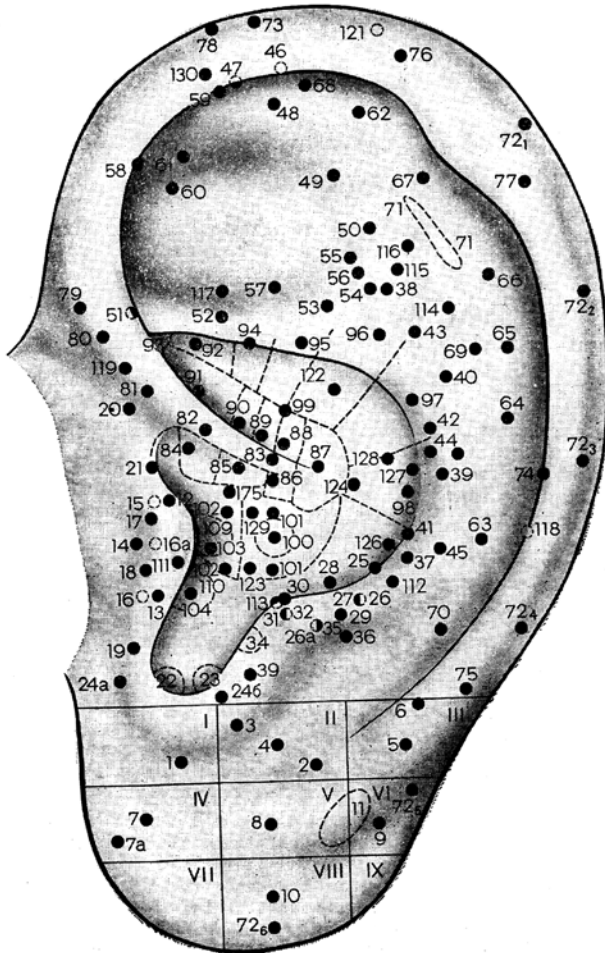


Рис. 2. Биологически активные точки ушной раковины (Гаваа Лувсан. Традиционные и современные аспекты восточной рефлексотерапии. М.: Наука, 1986. 576 с.). Используемые точки: 46, 47, 48, 49, 50 – зоны проекции нижней конечности; 62, 65, 66, 67 – зоны проекции верхней конечности; AP55 – точка общего действия

Рефлексотерапию проводили 1 раз в день, на курс – 10-15 сеансов. ЭМГ-обследования 61 больного ахондроплазией 4-17 лет (25 больных – мужского и 36 – женского пола) проводили перед очередным этапом лечения методом distractionного остеосинтеза, в процессе лечения и по его окончании. Биоэлектрическую активность четырех мышц нижних конечностей: *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius lateralis*, *m. rectus femoris*, *m. biceps femoris* справа и слева – получали при их максимальном произвольном напряжении [10] с использованием цифровой ЭМГ-системы «DISA-1500»

(«Dantec», Дания). При удлинении плеча исследовали биоэлектрическую активность *mm. biceps et triceps brachii*, *mm. flexor et extensor digitorum, carpi radialis et ulnaris*, а также *mm. thenar et hypotenar*. Отведение ЭМГ осуществляли с помощью биполярного поверхностного электрода с площадью отводящих поверхностей 8 мм и межэлектродным расстоянием 10 мм. Тестовое движение выполнялось после предварительной инструкции плавно и с максимальным усилием, с преодолением сопротивления, оказываемого лаборантом. Длительность максимального напряжения мышцы не превышала 3 с. Измеряли среднюю амплитуду (от пика до пика) и частоту следования колебаний ЭМГ в секунду. У больных с аппаратом на бедре *m. biceps femoris* в процессе лечения не тестировалась, поскольку они не могли находиться в расслабленном состоянии лежа на животе.

### Результаты исследования

Интерференционная насыщенная ЭМГ с амплитудой выше 100 мкВ была условно отнесена нами к высокоамплитудной, а при амплитуде 100...20 мкВ – к низкоамплитудной активности. Ранее было показано [11], что снижение в ходе distractionции амплитуды произвольной ЭМГ ниже 20 мкВ увеличивает вероятность возникновения необратимых изменений структуры и функции удлиненной мышцы. Все варианты биоэлектрической активности ниже критического уровня амплитуды (20 мкВ), а также полное биоэлектрическое молчание мы отнесли к субкритическим паттернам. Определяли частоту встречаемости каждого типа ЭМГ-паттерна как выраженное в процентах отношение количества случаев, в которых он встречается, к общему количеству наблюдений за данный период лечения.

В предоперационном периоде во всех тестируемых мышцах преобладала высокоамплитудная насыщенная ЭМГ средне- и высокочастотного диапазонов. В период остеосинтеза частота встречаемости высокоамплитудной интерференционной насыщенной ЭМГ резко падала. В это время значительно повышалась частота встречаемости низкоамплитудной и редуцированной ЭМГ. Наличие низкоамплитудной интерференционной насыщенной активности соответствовало ситуации сбалансированности реактивных и репаративных процессов в двигательных единицах мышц в зоне distractionции. Появление редуцированной ЭМГ указывало на усиление интенсивности тормозных процессов в моторных центрах. Этот феномен чаще всего возникал как ответ на интенсификацию активности тканевых рецепторов, что свидетельствовало о сдвигах состояния внутритканевой среды.

Таким образом, степень сбалансированности процессов перестройки в двигательных единицах снижалась при переходе от насыщенной интерференционной ЭМГ к редуцированной, атипичной и сверхнизкой активности. Тенденция к нарастанию

частоты появления менее сбалансированных паттернов ЭМГ обычно проявляется при достижении так называемых критических величин удлинения [11] – при 20%-ном удлинении, когда реализуется исходный физиологически обусловленный запас длины тканей конечности. Критические периоды характеризуются синхронным фазным изменением функционального состояния двигательных единиц мышц удлиняемого сегмента.

### Клинический пример 1

Больной А. 13 лет. Ахондроплазия, состояние после удлинения бедер и голени (3 этап лечения). Методом дистракционного остеосинтеза удлинены правое и левое плечо. ЭМГ-обследования, проводимые в динамике, показали вначале резкое – до 70 мкВ, а потом постепенное – до 50 мкВ – снижение амплитуды ЭМГ *m. extensor digitorum* слева. При этом ЭМГ из интерференционной, насыщенной, превратилась в редуцированную (рис. 3). Аналогичные изменения биоэлектрической активности симметричной мышцы нарастали постепенно до 70 мкВ, при сохранении характера насыщенной ЭМГ. Среди других негативных проявлений следует обратить внимание на резкое падение амплитуды ЭМГ *m. flexor carpi radialis* и *m. flexor carpi ulnaris* соответственно до 60 и 50 мкВ при высоких значениях частоты колебаний (320 и 400 к/с), что соответствовало миопатическому типу ЭМГ. Больному был проведен курс из 10 сеансов рефлексотерапии, в процессе которого выполнялось контрольное ЭМГ-обследование. Оно показало значительное увеличение (до 200 мкВ) амплитуды биоэлектрической активности *m. extensor digitorum* слева при сохранении редуцированного типа ЭМГ. В то же время в симметричной мышце справа продолжилось снижение ЭМГ до 50 мкВ. Но в то же время отмечено ощутимое увеличение амплитуды ЭМГ *m. flexor carpi ulnaris* справа и слева, а также *m.m. hypothenar* справа. После завершения первого курса рефлексотерапии был снят аппарат с левого плеча. Контрольное ЭМГ-обследование зафиксировало дальнейшее повышение амплитуды ЭМГ до 400 мкВ *m. extensor digitorum* слева при сохранении ее редуцированного типа и возрастании степени неоднородности турнов активности. ЭМГ симметричной мышцы справа также значительно увеличилась по амплитуде (до 150 мкВ) и перестала быть редуцированной (несмотря на то, что правое плечо оставалось в аппарате) (рис. 3).

Был назначен повторный курс рефлексотерапии из 10 сеансов. По его завершении контрольное ЭМГ-обследование показало, что биоэлектрическая активность *m. extensor digitorum* стала насыщенной, интерференционной, с амплитудой 300 мкВ, что безусловно выглядит как положительная динамика. Для симметричной мышцы справа продолжало наблюдаться постепенное повышение ЭМГ до 200 мкВ при сохранении значений частоты (230 к/с), близких к уровню предыдущего обследования (ис-

тинный прирост амплитуды без синхронизации активности двигательных единиц – ДЕ). Через 8 месяцев эта тенденция вылилась в существенное повышение амплитуды ЭМГ данной мышцы слева до 1200 мкВ, а справа – до 1500 мкВ. Такая ЭМГ-картина свидетельствует о некотором отставании восстановительных процессов в ДЕ *m. extensor digitorum* слева ввиду большего снижения проводниковой функции *n. radialis, sinister*. Наблюдается постепенное восстановление ЭМГ остальных тестированных мышц верхней конечности.

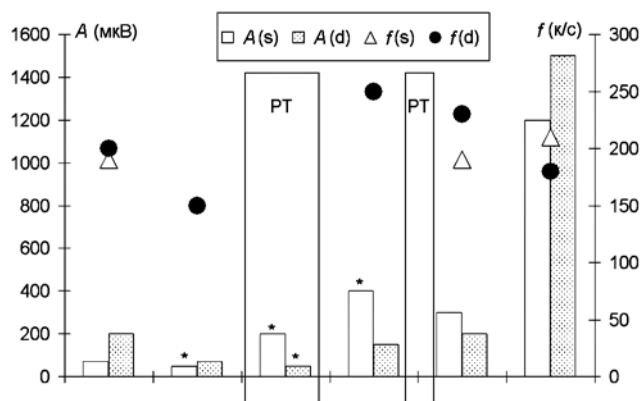


Рис. 3. Динамика ЭМГ-параметров *m. extensor digitorum* больного Ар. в процессе удлинения плеча слева (s) и справа (d) и проведения двух курсов рефлексотерапии: А – амплитуда; f – частота

### Клинический пример 2

Приращение скорости восстановительных процессов при введении в реабилитационный комплекс рефлексотерапии подтверждается динамикой клинических и электромиографических данных, отражающих функциональное состояние передней большеберцовой мышцы больной Ч., 11 лет, с диагнозом «ахондроплазия, низкий рост». В конце периода дистракции после удлинения голени на 9,5 см произошло резкое снижение произвольной активности передней большеберцовой мышцы. Был назначен курс рефлексотерапии. После третьего сеанса у пациентки сформировалось субъективное «мышечное чувство», которое позволяло ей четко дифференцировать состояния напряжения и расслабления передней большеберцовой мышцы при волевых попытках тыльной флексии стопы. После 5 сеансов рефлексотерапии у больной появилось чуть заметное контурирование передней большеберцовой мышцы при попытке максимальной произвольной тыльной флексии, сопровождавшееся регистрацией потенциалов биоэлектрической активности (рис. 4). После 10 сеансов больная смогла совершать активные движения стопой, амплитуда которых составила 10° при максимальном произвольном напряжении передней большеберцовой мышцы. Контрольный осмотр через 2 месяца после снятия аппарата Илизарова показал, что активные движения в голеностопном суставе полностью

восстановились, а биоэлектрическая активность по своим параметрам приблизилась к диапазону нормы.

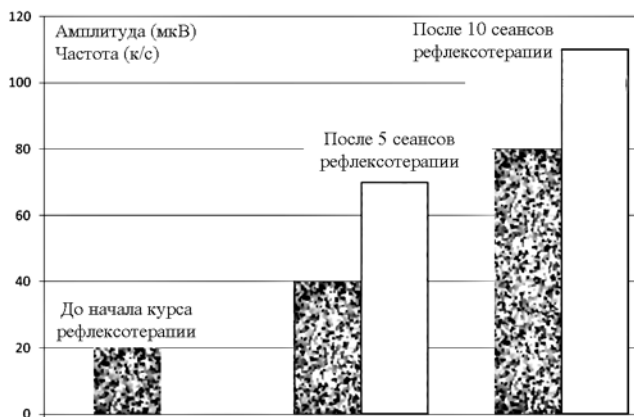


Рис. 4. Динамика восстановления электрической активности передней большеберцовой мышцы в процессе курса рефлексотерапии у больной Ч. (темные столбцы – амплитуда ЭМГ; светлые – частота колебаний ЭМГ)

Таким образом, предлагаемые нами способ коррекции функционального состояния нервно-мышечного аппарата и система распределения паттернов ЭМГ по типам и классам расширяют возможности описания и регуляции функционального состояния мышц нижних конечностей у больных ахондроплазией и его динамики в условиях дистракционного остеосинтеза.

#### Список литературы:

- Илизаров Г.А., Грачева В.И., Шуруп В.А., Мальцев В.Д., Сайфутдинов М.С. Удлинение нижних конечностей при ахондроплазии / В кн.: Проблемы чрескостного остеосинтеза в ортопедии и травматологии. – Курган, 1982. С. 143-152.
- Шейн А.П., Криворучко Г.А. Структурно-функциональные сдвиги в нервных стволах и мышцах при удлинении конечностей / В кн.: Ахондроплазия: руководство для врачей. Под ред. А.В. Попкова, В.И. Шевцова. – М.: Медицина, 2001. С. 271-281.
- Шейн А.П. Механизмы дезинтеграции в системе «сенсомоторный аппарат – схема тела» периферического генеза на модели удлинения конечностей // Гений ортопедии. 1998. № 4. С. 65-71.
- Ерофеев С.А., Чикорина Н.К., Сайфутдинов М.С. Реакция мышц голени на ее удлинение с высоким темпом в условиях автоматической дистракции в эксперименте // Гений ортопедии. 2004. № 4. С. 18-22.
- Илизаров Г.А., Шудло М.М., Карьмов Н.Р., Сайфутдинов М.С. Значение ритма дистракции для реализации «эффекта Илизарова» в нервах удлиняемого сегмента конечности // Гений ортопедии. 1995. № 1. С. 12-18.
- Чикорина Н.К., Ерофеев С.А., Сайфутдинов М.С., Шрейнер А.А. Морфофункциональная характеристика мышц голени при удлинении ее с высокой дробностью и в разное время суток // Гений ортопедии. 2001. № 4. С. 13-17.
- Сайфутдинов М.С., Ерофеев С.А., Чикорина Н.К. Зависимость динамики вызванной биоэлектрической активности и морфологических характеристик мышц голени от вида оперативного вмешательства при ее удлинении в эксперименте // Гений ортопедии. 2003. № 4. С. 67-71.
- Шевцов В.И., Ерохин А.Н. Стимуляция репаративного остеогенеза в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза посредством механического воздействия на биологически активные зоны и точки // Вестник новых медицинских технологий. 2001. Т. 8. № 4. С. 40-42.
- Шевцов В.И., Ерохин А.Н. Способ стимуляции репаративного остеогенеза при дистракционном остеосинтезе и устройство для его осуществления / Пат. 2152200 РФ, МПК<sup>7</sup> А61Н39/04 № 97119393/14; заявлено 25.11.97; опубл. 10.07.2000.
- Персон Р.С. Электромиография в исследованиях человека. – М.: Наука, 1969. 199 с.
- Шейн А.П., Криворучко Г.А., Ерохин А.Н., Сайфутдинов М.С., Сизова Т.В. Средства и способы контроля и прогнозирования функционального состояния центральных и периферических структур двигательного аппарата в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза по Илизарову // Травматол. ортопед. России. 1994. № 2. С. 100-106.

Александр Николаевич Ерохин,

д-р мед. наук, доцент,

ведущий научный сотрудник,

лаборатория функциональных исследований

научного клинико-экспериментального

отдела физиологии,

Марат Саматович Сайфутдинов,

канд. биолог. наук,

ведущий научный сотрудник,

лаборатория физиологии движений

и нейрофизиологии,

Анна Майоровна Аранович,

д-р мед. наук, профессор,

заведующая травматолого-ортопедическим

отделением № 15,

ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова

Минздрава России,

г. Курган,

e-mail: alexnico59@yandex.ru