

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ (ФЭС) ПРИ РАССЕЯННОМ СКЛЕРОЗЕ

Гурьянова Е.А

Федеральное государственное бюджетное
учреждение высшего образования
«Чувашский государственный университет
им. И.Н. Ульянова»,
Чебоксары - 2021



Патогенез и инвалидизация при рассеянном склерозе

1. Воспаление. Выход аутореактивных Т-клеток и демиелинизирующих антител из кровотока в ЦНС

2. Демиелинизация. Опосредовано цитокинами (активированные CD4+ Т-клетки) и антителами к миелину (активированные В-клетки)

3. Воспаление и демиелинизация приводят к повреждению и гибели аксонов, и в следствии этого к атрофии головного мозга

Для определения степени инвалидизации обычно используются шкалы тяжести состояния больных EDSS, MSFC, SCRIPSS, «амбулаторный индекс»

Типы течения рассеянного склероза:

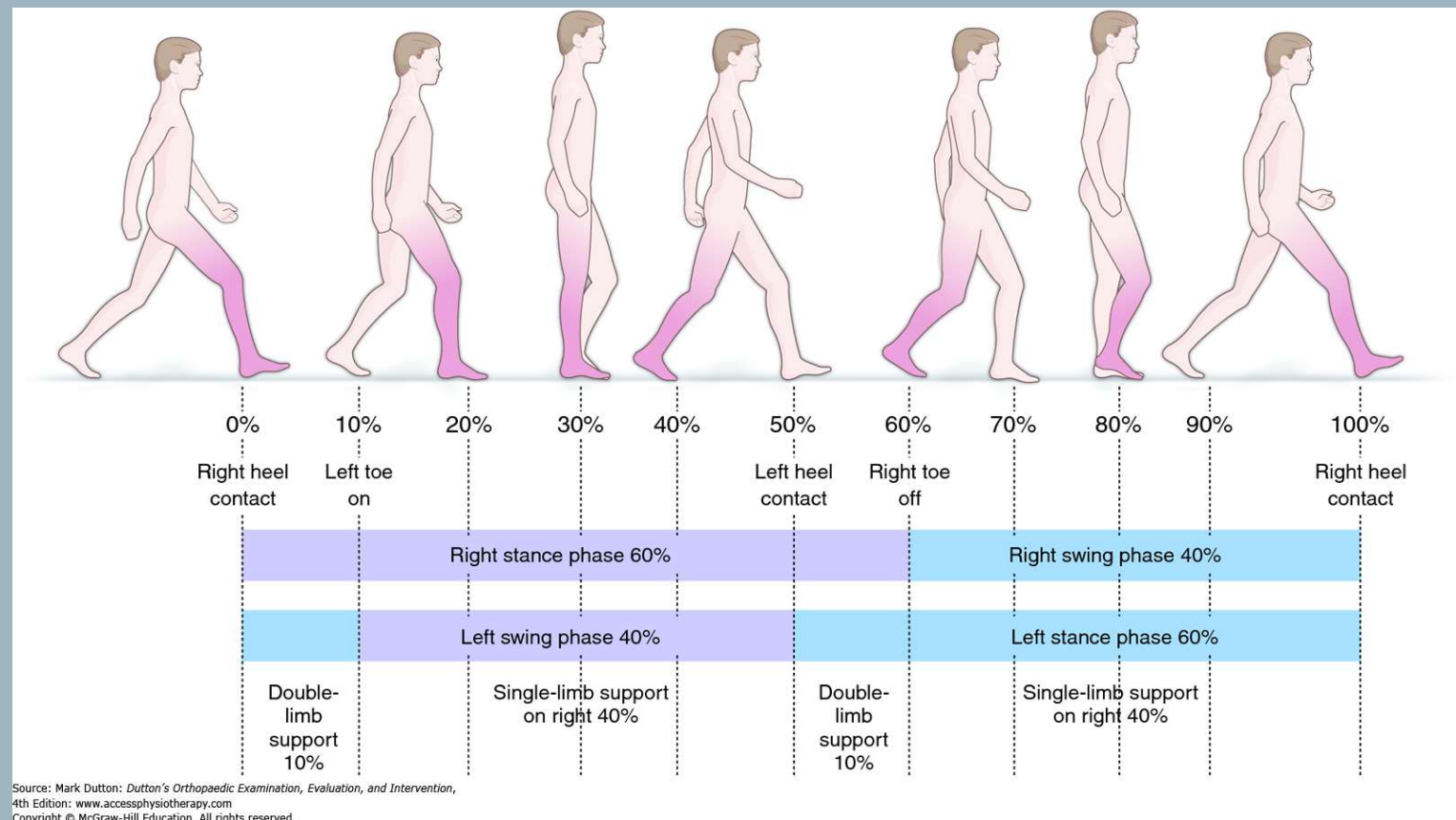
- Ремиттирующее
- Первично-прогрессирующее
- Вторично-прогрессирующее
- Прогрессирующее с обострениями



Физиологическая походка

Локомоция (лат. locus место, положение + motio движение) - совокупность согласованных движений, посредством которых человек активно перемещается в пространстве.

- ▶ **Фаза опоры** - весь период, в течение которого нога находится на земле
- ▶ **Фаза переноса** - время переноса конечности, в то время когда нога находится в воздухе; начинается когда пальцы ног отрываются от пола (toe-off), и заканчивается начальным контактом пятки с опорой (heel strike)



Нарушение ходьбы у неврологических пациентов

Одной из наиболее выраженных проблем, способствующих повышению уровня инвалидизации, является нарушение походки, что выражается не только в снижении скорости ходьбы, но и изменении кинематики походки, ее асимметрии, появлении компенсаторных движений, нестабильности походки, передвижении на полусогнутых ногах, увеличении опорной фазы и уменьшении переносной фазы в цикле ходьбы, что приводит к высоким энергозатратам и быстрой утомляемости пациентов.

Такие негативные факторы, безусловно, могут поставить под угрозу свободу передвижения пациента, снизить безопасность его ходьбы, увеличить число случаев падений. В свою очередь, падения способствуют травматизации пациентов, что в конечном итоге, ведет к существенному снижению качества их жизни.



Патологическая походка

Примеры основных патологических паттернов походки, возникающих в результате нарушений, вызванных поражением верхнего мотонейрона и созданные в качестве компенсации этих дисфункций.

- ▶ Короткая опора на одну конечность с паретичной стороны
- ▶ Короткий шаг неповрежденной конечностью
- ▶ Постановка стопы на латеральный край с поврежденной стороны
- ▶ Невозможность оторвать стопу и пальцы с пола может привести к компенсаторным движениям, таким как:
 - Высоко поднятое бедро - сильное поднятие бедра вверх для того чтобы перенести конечность (петушиная походка)
 - Циркумдукция - паретичная вытянутая нога описывает полукруг от тела и обратно
 - Отклонение туловища в сторону - поднятие таза на паретичной стороне во время переноса ноги
 - Опора на пальцы - поднятие непаретичной конечностью на носки, одновременно перемещая пораженную конечность вперед
 - Вращение бедра наружу - вращение бедра паретичной конечности латерально, для того чтобы повернуть стопу и пальцы в сторону
 - Наклон на бок - наклон туловища в неповрежденную сторону, помогая тем самым поднять пораженную конечность



Специфика походки при рассеянном склерозе

При рассеянном склерозе отмечается многообразие нарушений ходьбы: **снижение скорости передвижения, уменьшение устойчивости, ослабление опорной и толчковой функции конечностей.**

У больных с рассеянным склерозом имеются общие черты походки, которые свойственны всем больным с заболеваниями опорно-двигательной системы, в частности снижение скорости движения, уменьшение устойчивости (координации), ослабление опорной и толчковой функции конечностей, резкое снижение электрической активности мышц в течение локомоторного цикла.

К особенностям ходьбы относятся **эквинус стопы и голеностопного сустава нередко в сочетании с рекурвацией в коленном суставе, резкое уменьшение основного сгибания в коленном и голеностопном суставе на одной или обеих ногах, высокая вариативность параметров ходьбы (изменчивость шага), высокие энергозатраты на ходьбу.**



Специфика реабилитации при РС и ее цели

- Непредсказуемое прогрессирование болезни осложняет назначение подходящей терапии
- Инвалидизирующая симптоматика (быстрая утомляемость, спастика, парезы, атаксия, тремор и т.д.) не всегда заметна окружающим
- Нестабильность симптомов во время физической нагрузки требует тщательного планирования нагрузок
- Особая температурная чувствительность
- Нарушение самооценки, отсутствие мотивации, депрессия

**Ц
Е
Л
И**

Сократить количества обострений

Отсрочить переход к ВПРС

Предотвратить прогрессирование инвалидизации

Улучшить качество жизни пациента



Подход специалистов к реабилитации ходьбы

Многофакторная оценка риска и целенаправленные мультидисциплинарные вмешательства позволяют снизить риск падений пациентов как дома, так и в медицинских учреждениях. Подход к лечению нарушений ходьбы такой же, как и к профилактике падений: на основе проведенной диагностики определяем вероятную причину и подтип расстройств, затем проводим лечение силами междисциплинарной команды (врачи, кинезотерапевты, эрготерапевты, психологи).

Какие задачи стоят перед реабилитологом:

- ☐ Правильное перераспределение нагрузки между нижними конечностями
- ☐ Улучшение двигательных возможностей неповрежденной «опорной» конечности
- ☐ Улучшение двигательных возможностей поврежденной конечности
- ☐ Восстановление опоры на пятку (переката с пятки на носок при ходьбе)
- ☐ Восстановление тыльного разгибания стопы
- ☐ Нивелирование «свисающей» стопы



Трудности в реабилитации ходьбы пациентов с РС

Реабилитацию пациентов очень затрудняет такое осложнение как «свисающая стопа» (foot drop), которая формируется в результате парезов и параличей мышц, участвующих в подъеме передней части стопы.

Главным фактором формирования свисающей стопы является слабость разгибателя голеностопного сустава (дорсифлексия), которая связана с невозможностью сокращения передней большеберцовой мышцы и длинного разгибателя пальцев.

Слабость мышц, участвующих в экстензии голеностопа и стопы, приводит к многочисленным нарушениям походки, в том числе к снижению скорости ходьбы и асимметрии.



Ортезы - стандарт ТСР. Есть ли альтернатива?

Выбор типа поддержки зависит от механизма формирования деформации. При отвисании стопы (слабость/неактивность тыльных сгибателей) важно сохранить во время ходьбе перекал с пятки на носок. Для этого применяются пластмассовые или карбоновые ортезы.

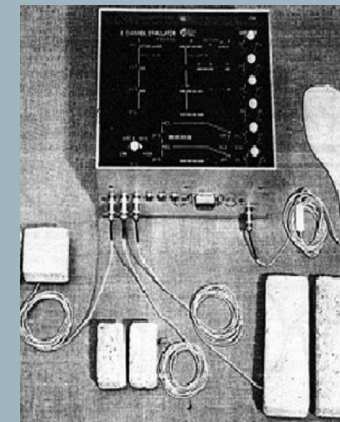
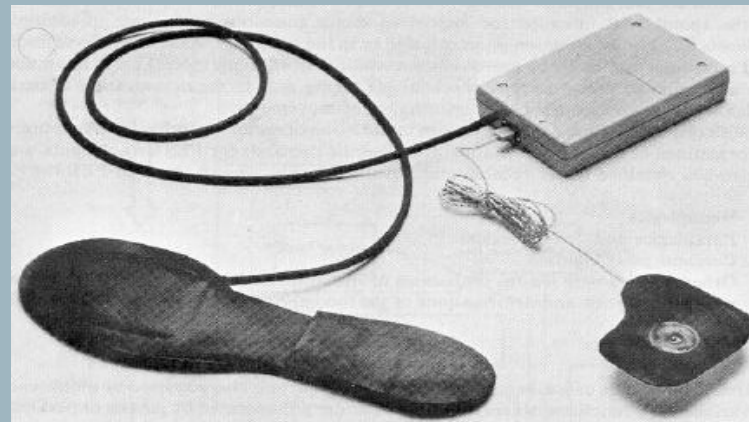
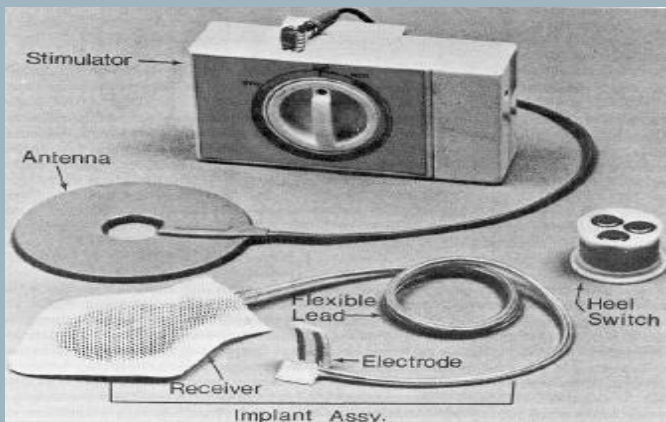
Голеностопный ортез (ГСО) по-прежнему является стандартом в ТСР для фиксации свисающей стопы при неврологических заболеваниях ЦНС и ПНФ. Ортезы на голеностопный сустав обеспечивают надежную фиксацию и разгрузку сустава при ходьбе.

Основной недостаток ортеза - это практически полное ограничение движения в голеностопном суставе, потеря мышечной массы в голени, дискомфорт в эксплуатации. Ортез не способствует активному использованию остаточной или восстанавливающейся моторной функции.



Становление функциональной электростимуляции (ФЭС)

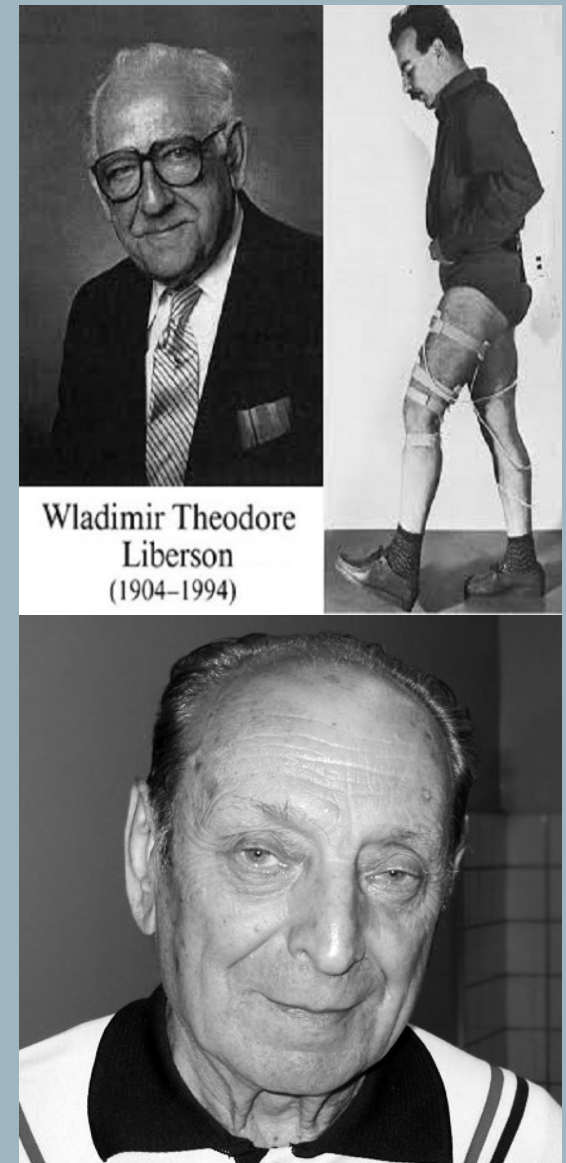
- ▶ Ранее реабилитологи предпочитали другие альтернативы (такие как ГСО)
- ▶ Соотношение затраты и выгоды было лучше для ГСО
- ▶ Надежность устройств ФЭС была низкой
- ▶ Сложность в эксплуатации ФЭС была высокой
- ▶ Устройства были громоздкими; электроды ненадежными и некомфортными
- ▶ Дизайн ФЭС устройств был ужасным



Историческая справка по ФЭС

Метод ФЭС был впервые использован для восстановления ходьбы в 1961 г. американским ученым **Владимиром Либерсоном**, который запатентовал его в 1965 г. как метод стимуляции нервно-мышечных образований человека. В. Либерсон (W. Liberson) применял ФЭС малоберцового нерва во время ходьбы. Впоследствии на основе этого изобретения было разработано устройство для помощи в ходьбе пациентам со слабостью передней большеберцовой мышцы.

В России одним из основоположников метода ФЭС при ходьбе является **Анатолий Самойлович Витензон**, который исследовал биомеханику ходьбы человека как единый целостный моторный акт, состоящий из движений мышц голени, стопы, бедра, таза, позвоночника и верхних конечностей. Метод искусственной коррекции движения А. С. Витензона использует исключительно фазовую электростимуляцию мышц, т. е. осуществляется в фазы возбуждения и сокращения мышц. ФЭС не изменяет программу мышечных сокращений во время локомоторного акта, а лишь усиливает те ее элементы, которые оказались ослабленными в результате дефицита мышечной функции. По мнению ученого, цель ФЭС состоит в том, чтобы, во-первых, восстановить или по крайней мере улучшить биомеханику ходьбы и функциональное состояние мышц; во-вторых, внести определенную коррекцию в работу локомоторных центров.



Почему ФЭС становится популярной

- ▶ Улучшения в структуре импульса улучшили комфорт и эффективность:
 - ▶ форма импульса стала больше схожа с физиологической электрической активностью.
 - ▶ стимуляция стала более комфортной, менее болезненной и утомительной
- ▶ Повысилась надежность оборудования и стало возможным создавать индивидуальные программы настроек ходьбы для пациентов. Происходит сбор данных в режиме реального времени в графическом виде и их анализ.
- ▶ ФЭС проводится во время ходьбы именно в тот момент двойного шагового цикла, когда должна включаться передняя большеберцовая мышца, что усиливает ее сокращение и значительно улучшает рисунок походки пациента.
- ▶ Возможность использования ФЭС как в рамках комплексной реабилитации, так и после проведения стандартного курса реабилитации в повседневной жизни в привычных комфортных домашних условиях для пациента.



Введение в функциональную электростимуляцию (ФЭС) малоберцового нерва

Функциональная электростимуляция - физиотерапевтический метод реабилитации, при котором применяется электрический ток низкого уровня для стимулирования и активизации функций, утраченных в результате каких-либо патологий нервной системы. Для стимуляции выбираются периферические нервы, которые иннервируют одну мышцу или группу мышц с определенными функциями.

Технология ФЭС перонеальной группы мышц позволяет воздействовать на эти мышцы в зоне их денервации (зоне повреждения), улучшить сократительную способность мышц, нормализовать ходьбу и кровообращение в конечности.



Основные задачи электростимуляции во время ходьбы

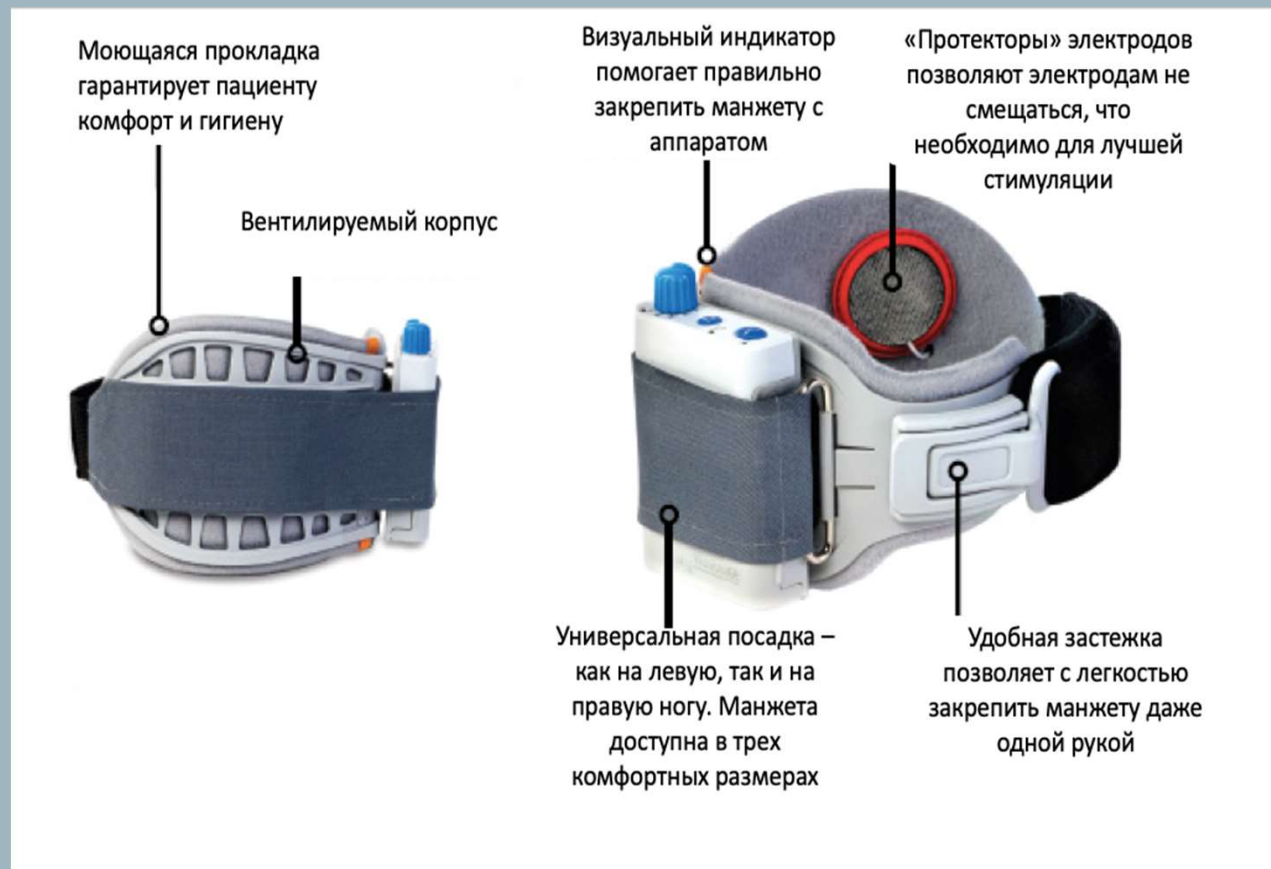
- ▶ стимуляция спастичных групп мышц: для снижения тонуса, активизации фазических систем, улучшения трофики мышц.
- ▶ стимуляция паретичных мышц: для тренировки и улучшения их функциональных возможностей.
- ▶ стимуляция мышц с целью устранения аномалий позы и выработки правильного двигательного стереотипа.
- ▶ Коррекция мышечного тонуса
- ▶ Восстановление физиологического стереотипа ходьбы



Технология функциональной электростимуляции (ФЭС) в движении

Аппарат ФЭС разгибает и сгибает голеностопный сустав в нужное время в цикле ходьбы, позволяет восстановить естественную биомеханику и физиологию шага. Прибор автоматически определяет:

- Момент отрыва стопы от поверхности
- Угол наклона голени и длительность фазы переноса ноги
- Направление и скорость движения ноги
- Момент начала опоры и время опоры ноги



Технология функциональной электростимуляции (ФЭС) в движении

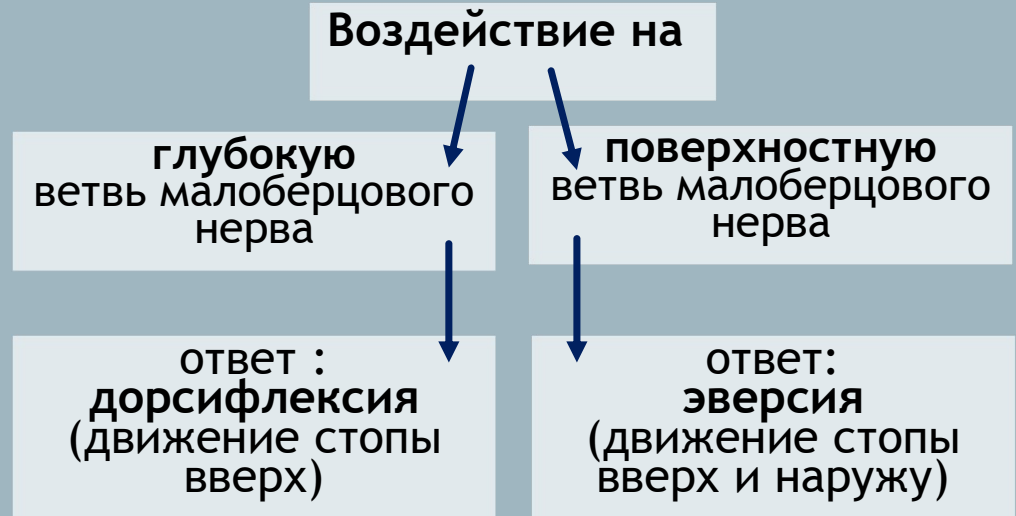


Большинство современных систем нейростимуляции представляют собой разомкнутые схемы (open-loop), которые весьма популярны сейчас благодаря их простому применению. К сожалению, в системах open-loop отсутствует обратная биологическая связь от мышцы и нерва, т. е. при их использовании остается нерешенной проблема с возникающей мышечной усталостью. Будущие аппараты closed-loop (замкнутая система) предполагают наличие обратной связи от мышцы и нерва благодаря технологии с использованием электромио- и электронейрографии.

Как работают аппараты ФЭС?

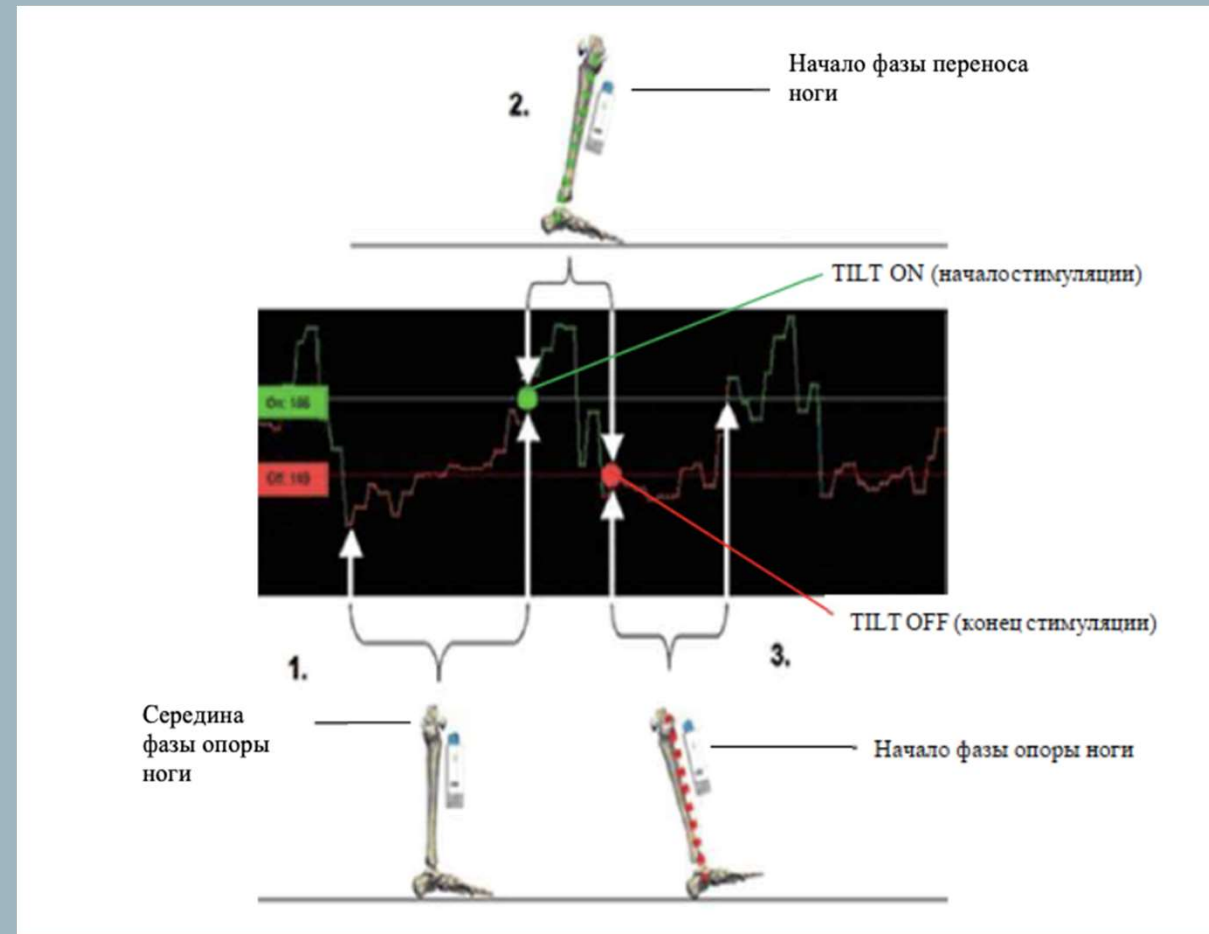


- Электрический импульс определенной формы проходит через малоберцовый нерв, стимулируя его.
- Стимулированный нерв активизирует большеберцовую мышцу, отвечающую за тыльное разгибание стопы.
- Происходит сокращение данной мышцы и подъем стопы во время шага.



Сбор и анализ данных о походке

- ▶ Программное обеспечение используется для сбора данных в режиме реального времени в графическом виде, их дальнейшего анализа и настройки параметров ходьбы с целью тонкой настройки аппарата под конкретного пациента.
- ▶ Нейро-ортез дает возможность настройки следующих основных параметров:
 - Момент начала и окончания стимуляции.
 - Продолжительность стимуляции.
 - Время ожидания - периоды времени между активацией стимуляции
 - Частоту и ширину импульсов
 - Еще более 10 дополнительных параметров продвинутой настройки.



**ПОРАЖЕНИЕ ВЕРХНЕГО
МОТОНЕЙРОНА
(ПОКАЗАНИЕ К ФЭС)**

- ИНСУЛЬТ
- ПОПЕРЕЧНЫЙ МИЕЛИТ
- РАССЕЯННЫЙ СКЛЕРОЗ
- ЧЕРЕПНО-МОЗГОВАЯ ТРАВМА
- ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ
ПОВРЕЖДЕНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА
- ЦЕРЕБРАЛЬНЫЙ ПАРАЛИЧ
- НЕПОЛНОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ
СПИННОГО МОЗГА (УРОВЕНЬ ТН12
И ВЫШЕ)
- НАСЛЕДСТВЕННАЯ (СЕМЕЙНАЯ)
ПАРАПЛЕГИЯ
- НАСЛЕДСТВЕННЫЙ
СПАСТИЧЕСКИЙ ПАРАПАРЕЗ
- ТОКСИЧЕСКАЯ ЭНЦЕФАЛОПАТИЯ
- БОЛЕЗНЬ ПАРКИНСОНА
- SPINA BIFIDA

**ПОРАЖЕНИЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО
МОТОНЕЙРОНА
(ФЭС МАЛОЭФФЕКТИВНА)**

- ТРАВМА МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА ИЛИ
ОПЕРАЦИЯ НА ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОМ ОТДЕЛЕ
ПОЗВОНОЧНИКА
- СВИСАЮЩАЯ СТОПА ВСЛЕДСТВИЕ ПОЛНОЙ
ЗАМЕНЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА ИЛИ
ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО
СУСТАВА
- ИШИАС
- СПИНАЛЬНЫЙ СТЕНОЗ НА УРОВНЕ НИЖНЕГО
ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА
- ПОЛИОМИЕЛИТ
- СИНДРОМ ГИЙЕНА-БАРРЕ
- МЫШЕЧНАЯ ТРАВМА ИЛИ ЗАБОЛЕВАНИЕ
- АМИОТРОФИЯ ШАРКО-МАРИ-ТУТА
- НЕВРОПАТИЯ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА (В Т.Ч.
ДИАБЕТИЧЕСКАЯ)
- БОЛЕЗНЬ ШАРКО / БОЛЕЗНЬ ЛУ ГЕРИГА /
БОКОВОЙ АМИОТРОФИЧЕСКИЙ СКЛЕРОЗ (БАС)

**ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ
ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ
(ФЭС ЗАПРЕЩЕНА)**

- ИМПЛАНТИРОВАННЫЙ
КАРДИОСТИМУЛЯТОР ИЛИ
ДЕФИБРИЛЛЯТОР
- НЕКОНТРОЛИРУЕМЫЕ
ЭПИЛЕПТИЧЕСКИЕ ПРИСТУПЫ
- БЕРЕМЕННОСТЬ
- АЛКОГОЛИЗМ
- ПСИХИЧЕСКИЕ РАССТРОЙСТВА
- ЗЛОКАЧЕСТВЕННАЯ ОПУХОЛЬ В
ПОРАЖЕННОЙ ГОЛЕНИ
- ОТКРЫТЫЕ РАНЫ ИЛИ
СИМПТОМАТИЧЕСКИЙ
ДЕЙСТВУЮЩИЙ ТРОМБОЗ В
ПОРАЖЕННОЙ ГОЛЕНИ
- НЕСПОСОБНОСТЬ СДЕЛАТЬ ХОТЯ БЫ
10 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ШАГОВ (В
Т.Ч. СО ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ
СРЕДСТВАМИ)

ВИД НОЗОЛОГИИ	ПРИНЯТО ПАЦИЕНТОВ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ПАРЕЗОМ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ (ЗА 2020 ГОД) В ЦЕНТРЕ НЕЙРО-ОРТОПЕДИИ, Г. МОСКВА.	
	КУРСОВОЕ ЛЕЧЕНИЕ (КРАТКОСРОЧНАЯ ИЛИ ДОЛГОСРОЧНАЯ АРЕНДА ОБОРУДОВАНИЯ)	ДОМАШНЯЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ (ПРИОБРЕТЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ЛИЧНОЕ ПОЛЬЗОВАНИЕ)
ИНСУЛЬТ	70	9
РАССЕЯННЫЙ СКЛЕРОЗ	40	14
ЦЕРЕБРАЛЬНЫЙ ПАРАЛИЧ	14	11
ЧМТ (В Т.Ч. ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА)	5	2
СПИНАЛЬНЫЕ ТРАВМЫ, СПИНАЛЬНЫЕ ИНСУЛЬТЫ, ГРЫЖИ	4	1
ТОКСИЧЕСКАЯ ЭНЦЕФОЛОПАТИЯ	3	1
ПОСЛЕДСТВИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ, ХИМИОТЕРАПИИ ИЛИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ	2	0
SPINA BIFIDA	2	0
БОЛЕЗНЬ ПАРКИНСОНА	1	0

Стандартный график реабилитации

- ▶ Этот график реабилитации включает в себя ходьбу, упражнения и время, когда устройство не обеспечивает стимуляцию, но все еще находится на ноге.
- ▶ График реабилитации должен быть построен для каждого пациента индивидуально, исходя из нозологии, уровня его активности, толерантности к стимуляции, состояния кожи, ощущениям и т. д.

Сами пациенты, опекуны / родители и врачи должны постоянно оценивать прогресс или возникающие проблемы и корректировать график ношения по мере необходимости.

В связи с повышенной утомляемостью пациентов с РС тренировка ходьбы с нейро-ортезом должна быть строго дозирована и проходить в щадящем режиме. Рекомендуется уменьшение реального времени ходьбы с ФЭС до 30 мин. в день, увеличение периодов отдыха в случае нарастания утомляемости.

День	Время аппарат ВКЛ
1	1.0 ч (отдых каждые 5 мин.)
2	1.5 ч
3	2.0 ч
4	2.5 ч
5	3.0 ч
6	3.5 ч
7	4.0 ч
8	4.5 ч
9	5.0 ч
10	5.5 ч
11	6.0 ч
12	6.5 ч
13	7.0 ч
14	7.5 ч
15	8.0 ч

Терапевтические эффекты - ОРТЕЗ в сравнении с ФЭС

	ГОЛЕНОСТОПНЫЙ ОРТЕЗ	НЕЙРО-ОРТЕЗ С ФЭС
Улучшает стабильность походки и баланс	●	●
Улучшает мобильность передвижения	●	●
Улучшает силу и выносливость мышц		●
Уменьшает/задерживает/реверсирует мышечную атрофию		●
Улучшает кровообращение в конечности		●
Снижение мышечного тонуса		●
Поддерживает/увеличивает диапазон движения в голеностопном суставе		●
Поддерживает/увеличивает плотность костной ткани		●
Переобучает моторную функцию и вырабатывает новый стереотип ходьбы		●
Способствует восстановлению всей нервно-мышечной системы		●

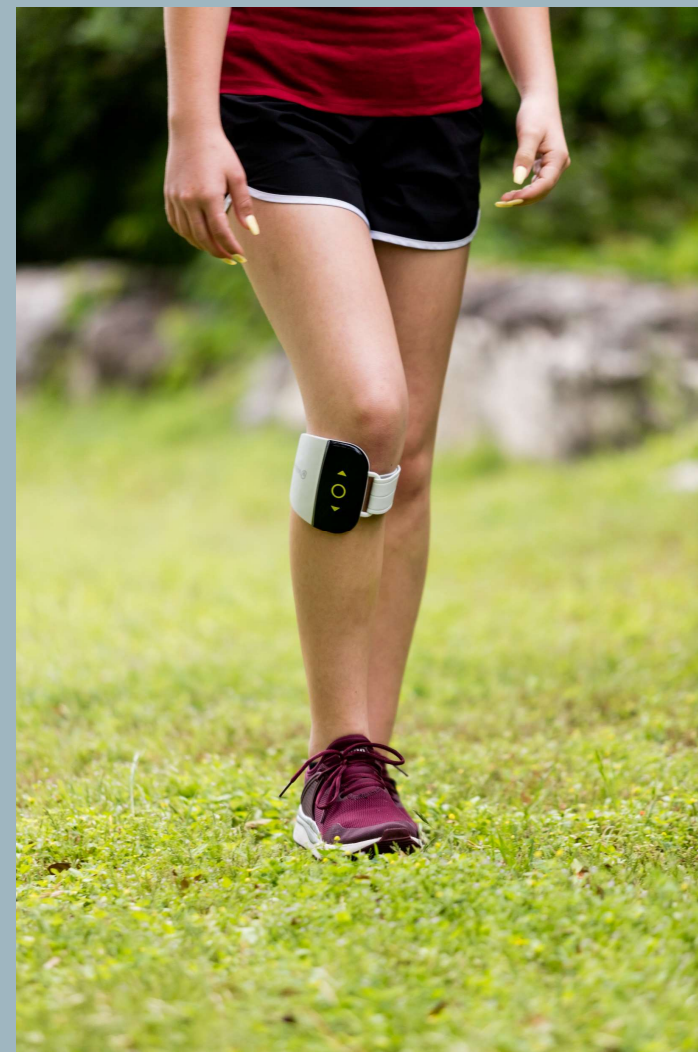
Перечень преимуществ ФЭС :

- ▶ Расслабление мышечных спазмов
- ▶ Профилактика или замедление атрофии в следствии неиспользования мышц
- ▶ Увеличение местного кровообращения
- ▶ Переобучение моторных функций
- ▶ Послеоперационная стимуляция икроножных мышц для предотвращения венозного тромбоза
- ▶ Поддержание или увеличение диапазона движения в голеностопном суставе
- ▶ Уменьшение аномального тонуса мышц
 - ▶ Измеряется по физиологическим показателям спастичности (ЭМГ, рефлексорная реакция мышц после электростимуляции H Reflex и M Wave Ratio) и по клиническим показателям: шкала оценки двигательной функции MAS (motor assessment scale), шкала оценки двигательной функции Фугл-Мейера
- ▶ Нейропластические изменения
 - ▶ Измеряется по изменениям моторных вызванных потенциалов (ВП), кортикальной активации и спинальной рефлексорной активности
- ▶ Изменения в других системах
 - ▶ Сердечно-сосудистая функция, плотность костной ткани, мышечная атрофия



Улучшение параметров походки после применения ФЭС

- ▶ Увеличенная скорость ходьбы
 - ▶ Наличие большого количества доказательств по улучшению данного параметра.
 - ▶ Изменения скорости были отмечены во всех популяциях, при ходьбе по земле, на беговой дорожке и с предпочтительной скоростью самих испытуемых.
 - ▶ Увеличение скорости было отмечено на коротких дистанциях (тесты на время на 10 и 25 метров) и на более длинных дистанциях (3 и 6 минутные тесты ходьбы), что позволяет предположить, что улучшения являются функциональными и связаны с большей выносливостью.
- ▶ Улучшенная симметрия во время фаз переноса и опоры ноги
 - ▶ Наиболее часто встречающиеся изменения - увеличение длины маленького шага (разные ноги) и длины большого шага (одна и та же нога).
 - ▶ Результаты с меньшей поддержкой включают вариабельность ширины шага, продолжительность большого шага и оценка координации между конечностями.



Улучшение параметров походки при применении ФЭС

- ▶ Улучшенный баланс / функциональные двигательные возможности
- ▶ Увеличение выносливости / снижение физиологических затрат на ходьбу
 - ▶ В нескольких исследованиях было обнаружено снижение индекса физиологических затрат, косвенный показатель прилагаемых усилий на ходьбу.
 - ▶ В одном исследовании по РС использовались показатели по дыханию и было обнаружено снижение поглощения кислорода на единицу расстояния, пройденного с ФЭС.
 - ▶ В нескольких исследованиях было найдено улучшение результатов по пройденному расстоянию в тестах на 6-минутной и 3-минутной прогулках.
 - ▶ Несколько исследований показали лучшее соблюдение правил применения ФЭС, увеличенное время ношения устройств, улучшение показателя качества жизни и предпочтение пациентами ФЭС перед ГСО.



Влияние ФЭС на сенсомоторную функцию

- ▶ Стимуляция моторных нервов создает обратную связь.
- ▶ Проприоцептивная и кинестетическая обратная связь посылается от мышечных веретен, сухожильных органов Гольджи и рецепторов суставов, в то время когда мышцы сокращаются.
- ▶ Эта внутренняя обратная связь направлена на мозжечок и базальные ганглии, что позволяет мозгу принимать лучшие двигательные решения и производить более качественные движения.
- ▶ Стимуляция спинных интернейронов влияет на сократительное состояние мышц агонистов и антагонистов.
- ▶ Стимуляция усиливает сенсорную обратную связь (т.е. внутреннюю информацию в системе) и обеспечивает лучший баланс мышечного усилия / тонуса в суставе.
- ▶ ФЭС влияет на мышцы, сгруппированные по синергетическим схемам; По мере улучшения полученной сенсорной информации, мозг «учится» самостоятельно эффективно активизировать мышцы в корректной синергии для чтобы повысить эффективность движения.



Проприоцептивная чувствительность:

- Возможность воспринимать изменения положения отдельных частей тела в пространстве в покое и движении
- Информация, поступающая от проприоцепторов, позволяет организму постоянно контролировать позу и точность движений, дозировать силу мышечных сокращений

Влияние ФЭС на тонус мышц при поражении ЦНС

Спастичность
мышц ГСС

Асимметрия походки и
нарушение равновесия

Смещение центра тяжести (здоровая
конечность выполняет опорную
функцию и паретичной конечности)

Патологические компенсаторные
сгибательные контрактуры в суставах
здоровой и паретичной конечности

Избыточное давление на
здоровую конечность и еще
большее повышение тонуса

- ▶ Восстановление рефлекса реципрокного торможения является ключевым. Сокращение передней большеберцовой и малоберцовой мышц приводит к ингибированию спастической икроножной и инверторной группы мышц.
- ▶ Нормальный баланс мышечных усилий способствует нормальной синергетической группировке и активизации мышц.
- ▶ Улучшенный ввод сенсорной информации приводит к улучшению качества двигательной реакции и улучшению планирования моторного ответа.
- ▶ С функциональной точки зрения, тонус мышц будет снижаться по мере улучшения движения: улучшенная походка → уменьшенное усилие → пониженный тонус.



При использовании ФЭС
обнаружено улучшение
показателей спастичности по
модифицированной шкале
Эшворта (Modified Ashworth
scale) и по шкале
композитной спастичности
(Composite Spasticity Score)

Нейропластические изменения при использовании ФЭС

▶ Интенсивная афферентация

- ▶ Принцип действия стимуляционных технологий заключается в активации функционально значимых зон головного мозга за счет интенсивной афферентации (периферическая стимуляция - ФЭС).
- ▶ Интенсивная афферентация со стимулируемых мышц паретичных конечностей способствует растормаживанию временно инактивированных нервных элементов вблизи очага деструкции, помогает в тренировке новых двигательных навыков

▶ Улучшенные моторные вызванные потенциалы

- ▶ Есть два исследования, которые непосредственно регистрируют кортикальные изменения у пациентов после ФЭС малоберцового нерва (измерено с помощью ТМС).
- ▶ Обнаружен достоверный факт улучшения МЕР (Motor Evoked Potential) при использовании ФЭС, позволяющий предположить, что регулярное использование ФЭС усиливает активацию моторных корковых зон и их остаточных нисходящих связей

▶ Нормализованные спинальные рефлексy

- ▶ Исследования показали нормализацию спинальных рефлексов (наиболее заметно восстановленное реципрокное торможение) после ФЭС. Эти исследования показывают, что пластичность спинного мозга и его роль в походке значительнее, чем считалось ранее.

▶ Нормализация активации кортикальных паттернов

- ▶ Транскраниальная магнитная стимуляция зарегистрировала корковые изменения, в частности, повторную активацию областей, поврежденных после инсульта мозга. Увеличения корковой активации и мышечной активности были связаны с изменениями в ЦНС, а не с тренировкой или укреплении паретичной передней большеберцовой мышцы.



Значимые исследования по ФЭС при РС

Влияние домашней программы использования WalkAide® на способность передвигаться и на качество жизни людей с рассеянным склерозом

Effect of a 2-Week Trial of Functional Electrical Stimulation on Gait Function and Quality of Life in People with Multiple Sclerosis

Использование оборудования ФЭС WalkAide® в качестве нейро-ортеза в течение 2 недель может значительно улучшить скорость ходьбы, нивелировать отрицательное влияние РС на способность передвигаться и улучшить качество жизни.

Downing, 2014

doi: 10.7224/1537-2073.2013-032

Функциональная электрическая стимуляция от свисающей стопы при рассеянном склерозе: систематический обзор и метаанализ влияния на скорость походки

Functional Electrical Stimulation for Foot Drop in Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effect on Gait Speed

ФЭС, используемая при отвисании стопы, оказывает положительное незамедлительное и продолжающееся в будущем влияние на скорость походки в тестах на короткую дистанцию ходьбы.

Miller, 2017

DOI: 10.1016/j.apmr.2016.12.007

Значимые исследования по ФЭС при РС

Стимуляция малоберцового нерва с использованием акселерометра при спастическом парапарезе: рандомизированный контролируемое исследование.

Wireless, accelerometry-triggered functional electrical stimulation of the peroneal nerve in spastic paresis: A randomized, controlled pilot study

В течение 10 недель тренировки с использованием ФЭС улучшилась кинематика голеностопного и коленного суставов, а также уменьшилась спастичность мышцы подошвенного сгибателя по сравнению с консервативной физической терапией.

Кинематические и спастические улучшения произошли только в группе ФЭС.

Ghedira, 2017

<https://doi.org/10.1080/10400435.2016.1214933>

Долгосрочные терапевтические и ортопедические эффекты стимулятора от свисания стопы на ходьбу при прогрессирующих и не прогрессирующих неврологических расстройствах.

Long-term therapeutic and orthotic effects of a foot drop stimulator on walking performance in progressive and nonprogressive neurological disorders.

Немедленное изменение походки с ФЭС по сравнению с ходьбой без; отмечается у испытуемых с прогрессирующими и не прогрессирующими заболеваниями через 11 месяцев (ортопедический долгосрочный эффект).

Изменения в походке с ФЭС достигло максимума для прогрессирующей группы на третий месяц, для не прогрессирующей группы показатели продолжали улучшаться в течении всех 11 месяцев (терапевтический долгосрочный эффект).

Stein, 2010

DOI: 10.1177/1545968309347681

Клинический случай №1

Н., 51 г.

- ▶ Д-з: Рассеянный склероз (2008 г.) Вторично-прогрессирующий тип течения с обострениями. Правосторонний гемипарез.
- ▶ МРТ с контрастным усилением (2019): выявлены признаки демиелинизирующего заболевания головного мозга со многими очагами, зарегистрирована динамика увеличения количества очагов.
- ▶ После использования голеностопного ортеза в течении 2 месяцев перешла на нейроортез с ФЭС. В настоящее время применяет ортез 3 часа в день на прогулке.

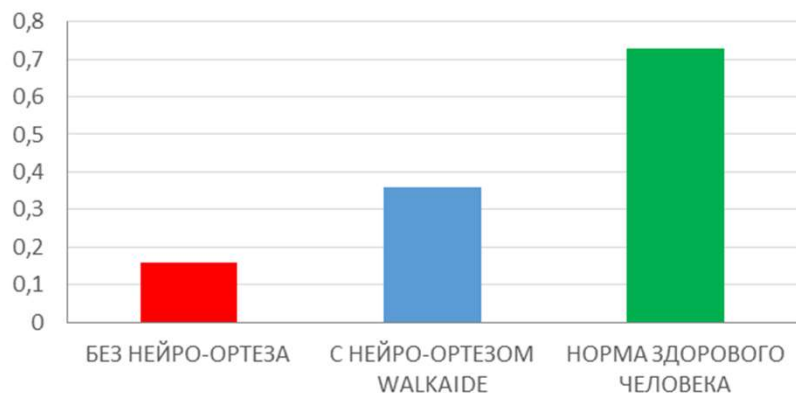
Результаты применения:

- ▶ Улучшился диапазон движения в голеностопном суставе.
- ▶ Уменьшились компенсаторные движения. Перекос таза уменьшился.
- ▶ Снизилась утомляемость
- ▶ Уменьшилась циркумдукция паретичной ноги
- ▶ Увеличилась дистанция прохождения с 200 м до 1 км,
- ▶ Уменьшились боли в спине, снизилось число применяемых НПВС
- ▶ Прекратились случайные падения.

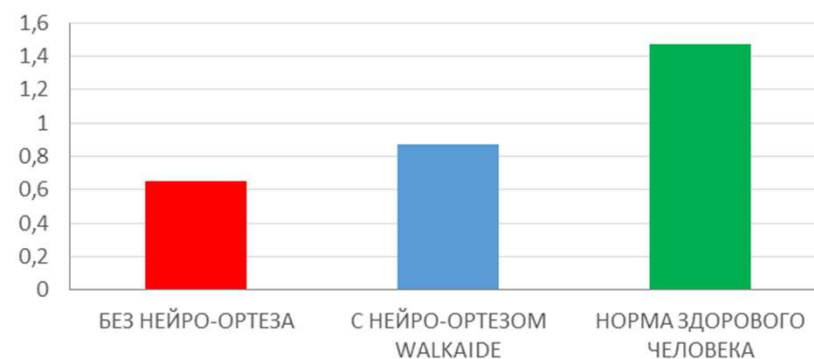


Клинический случай №1. Результаты объективизации походки.

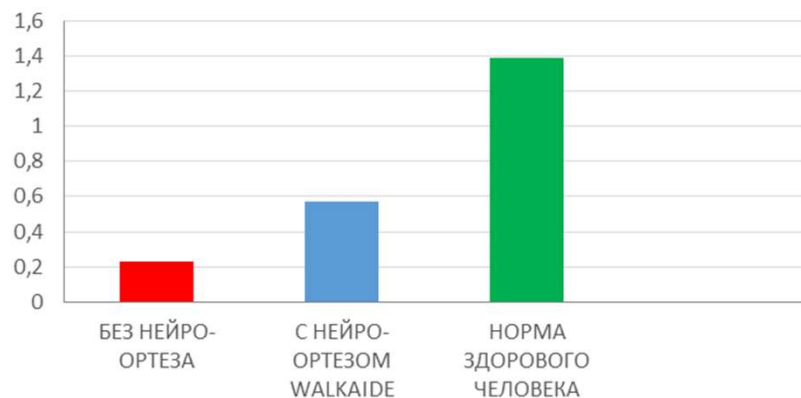
Улучшение длины шага (step length) (м)



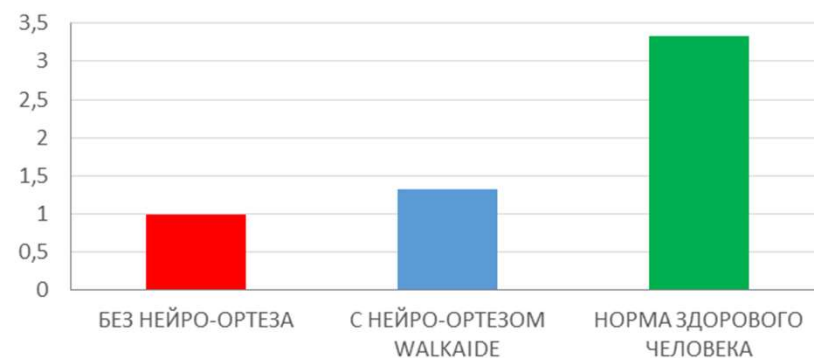
Улучшение длины двойного шага (stride length) (м)



Улучшение скорости ходьбы (velocity) (м/с)



Улучшение скорости переноса ноги (swing velocity) (м/с)



Клинический случай №2.

А.С., 36 лет, инвалид 2 группы.

Диагноз: Рассеянный склероз, вторично-прогрессирующий тип течения с обострениями.

Жалобы: слабость, скованность в левой ноге, пошатывание при ходьбе, утомляемость.

Об-но: Походка атаксическая, пирамидный тетрапарез, сила в нижних конечностях 3 (S), 4 (D). Тонус мышц повышен по пирамидному типу. EDSS 6 б.

За последние годы симптоматика нарастает. С 2019 года использует ходунки.

МРТ головного мозга: множественные активные очаги с признаками демиелинизации.

Результаты применения ФЭС:

- ✓ Увеличился диапазон движений в голеностопном суставе
- ✓ Увеличилась площадь опоры стопы
- ✓ Восстановился перекал с пятки на носок
- ✓ Увеличилась скорость ходьбы и дистанция передвижения.



Клинический случай №3.

Пациентка А., 50 лет.

Диагноз: Рассеянный склероз (2011),
вторично-прогрессирующая форма.
Нарушенная функция опоры и ходьбы.

Жалобы: на слабость в правой
конечности, боли в левой конечности и
спине, чувство онемения и парестезии в
правой руке.

Об-но: походка паретическая, гемипарез
(D) 4, в руке 3 б, в ноге, (s) 3 в ноге.
Снижение грубой чувствительности в
стопах. Дистанция ходьбы до 200 м.
Легкие расстройства тазовых функций.
EDSS 5 б.

Процедура: Был разработан алгоритм
трехэтапной модели эффективного
применения функциональной
электростимуляции (ФЭС) с целью
реабилитации двигательных функций
пациентки.



Клинический случай 3.

1 этап. Применение поверхностной ЭМГ передней большеберцовой мышцы с использованием миографической системы для определения функционального состояния мышцы и двигательных точек для аппликации электродов НЕЙРО-ОРТЕЗА.

2 этап. Учитывая нарушения функции опоры и движения также в тазобедренном суставе, для задействования «тазобедренной стратегии» («hip strategy»), в которой основная роль в стабилизации отводится тазобедренному суставу, было применено терапевтическое кинезиотейпирование заинтересованных мышц ТБС.

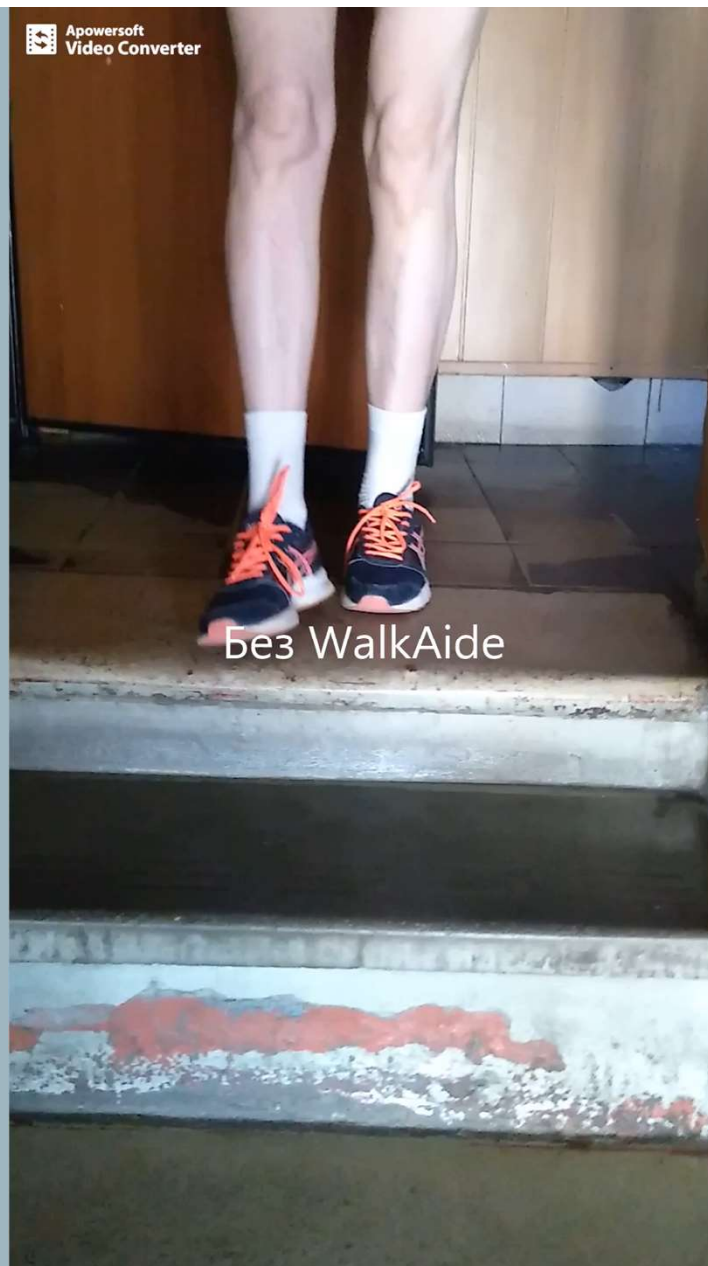
3 этап. Применение медицинского аппарата ФЭС для активации перонеальной группы мышц с целью улучшить перенос ноги и поставку стопы на опору.

4 этап. Для объективизации результатов ходьбы с кинезиотейпом и аппаратом ФЭС были собраны и проанализированы данные по мышечной активности в нижних конечностях с помощью миографической системы (ЭМГ-профиль мышц).

Клинический случай №3.

Результаты. Анализ биоэлектрической активности мышц показал, что после применения нейро-ортеза и кинезиотейпа, **биомеханическая и иннервационная структура ходьбы значительно улучшилась, произошло повышение электрической активности (мощности мышц).**

Сама больная отмечает большую устойчивость при ходьбе по горизонтальной поверхности и по лестнице, возможность пройти большой путь без утомления. ФЭС позволила пациентке стать более мобильной и вести более активный образ жизни.



Самый обширный научный обзор по ФЭС

Эффективность функциональной стимуляции при рассеянном склерозе (обзор литературы)

^{1,2}Гурьянова Е. А., ³Кириянова В.В.

Эффективность функциональной стимуляции при рассеянном склерозе (обзор литературы)

^{1,2}  Гурьянова Е.А., ¹ Кириянова В.В.

¹ Институт усовершенствования врачей Минздрава Чувашской Республики, Чебоксары, Россия

² Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

³ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова Минздрава России

Резюме:

Введение. Восстановление двигательных функций у пациентов с рассеянным склерозом является приоритетной задачей медицинской реабилитации – замедлить прогрессирование дисфункции опорно-двигательного аппарата и улучшить качество жизни пациента. Несмотря на применение препаратов, изменяющих течение рассеянного склероза, у больных со значительными неврологическими нарушениями прогрессируют нарушения движения. Снижение физической активности приводит к повышению массы тела, трофическим и другим расстройствам, отягощающим течение основного недуга и затрудняющим процесс медицинской реабилитации. Инновационным средством улучшения мобильности больных с рассеянным склерозом (РС) могут служить компактные устройства функциональной электростимуляции (ФЭС) для повседневной ходьбы.

Цель. Предоставление достоверных сведений о достижениях и перспективах использования устройств ФЭС в клинической практике пациентами с парезами нижних конечностей. в статье обсуждаются общие характеристики современных устройств функциональной стимуляции, приводится сравнение наиболее известных аппаратов. Представлены результаты мета-анализов и отдельных клинических исследований об эффективности и безопасности использования устройств функциональной электростимуляции в реабилитации пациентов с рассеянным склерозом. Рассматривается влияние функциональной электростимуляции на параметры ходьбы, функциональную подвижность голеностопного сустава и качество жизни.

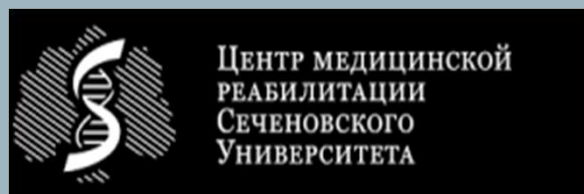
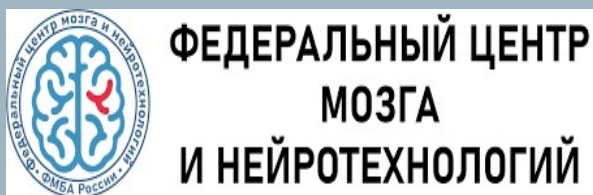
Выводы. Реабилитация пациентов с использованием нейро-ортезов ФЭС приводит к нормализации паттерна походки, повышает устойчивость при ходьбе, уменьшает количество падений и потребность в дополнительных средствах опоры. Среди преимуществ, отмеченных в связи с использованием ФЭС, отмечается значительное увеличение мобильности и независимости пациентов, что напрямую влияет на улучшение их качества жизни. ФЭС положительно влияет на уровень физической активности и на мышечную силу, кардио-респираторные параметры, а также на уменьшение степени выраженности парезов. Терапия ФЭС в движении является прекрасным реабилитационным инструментом, обладающим доказанной терапевтической эффективностью при применении во время реабилитации пациентов с рассеянным склерозом.



Вестник

восстановительной медицины

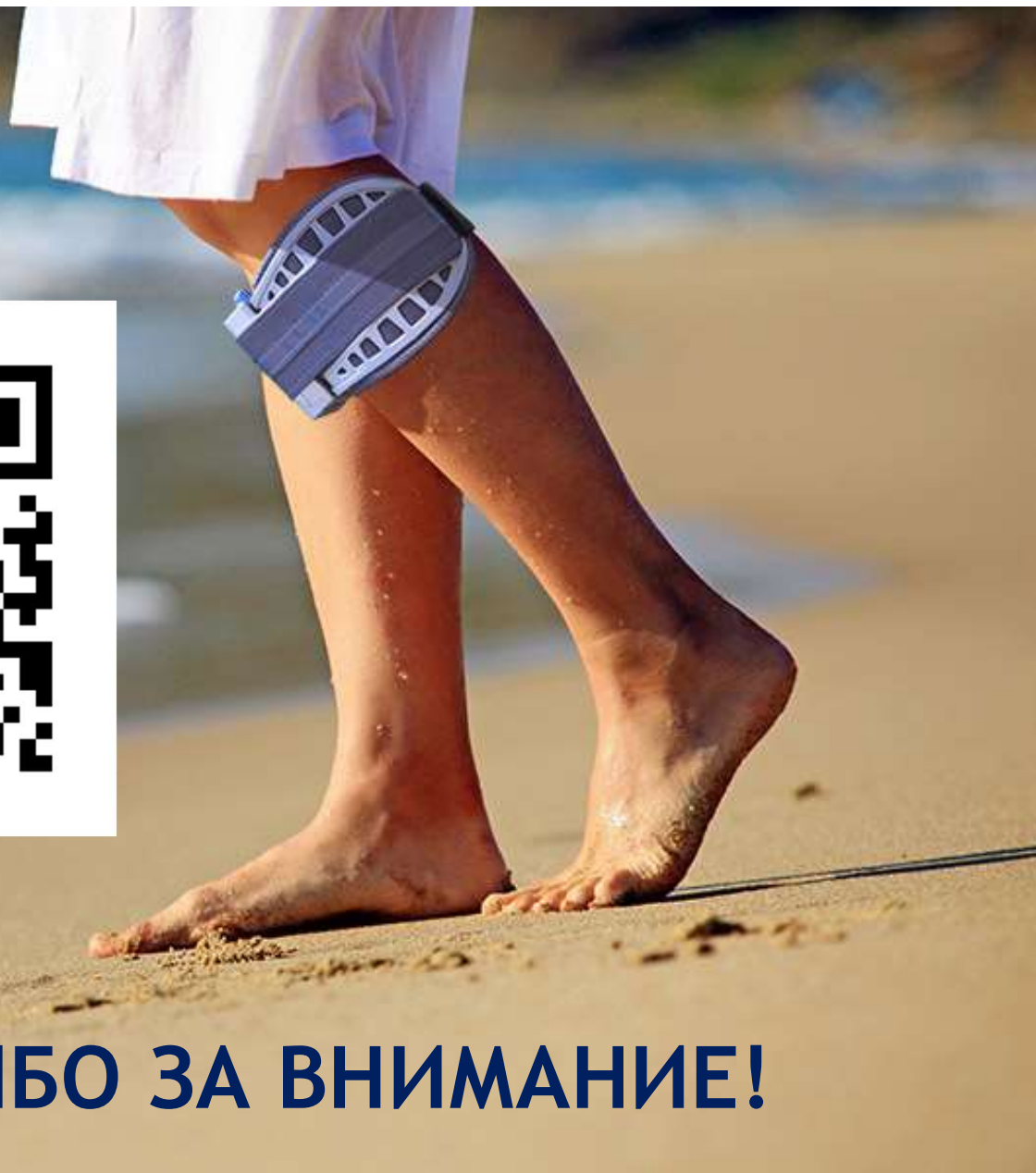
Аппараты WALKAIDE успешно применяют специалисты в лечебных и научных учреждениях, медицинских центрах и в частной практике, разрабатываются многочисленные собственные методики восстановления и реабилитации



Резюме

- ▶ ФЭС является клинически доказанным инструментом, который может помочь реабилитологу достичь оптимальных функциональных результатов у людей с нарушением ходьбы при рассеянном склерозе.
- ▶ Современные технологии предлагают клиницистам эффективную и легкую настройку, а для исследователей инструменты для расчета объективных показателей, от чего выигрывает конечный клиент - пациент.
- ▶ При применении ФЭС основные задачи реабилитолога решены: достигнуто правильное перераспределение нагрузки между нижними конечностями, улучшение двигательных функций паретичной и «опорной» конечности, восстановление переката с пятки на носок и нивелирование «свисающей» стопы.
- ▶ Пациенты выигрывают от использования ФЭС терапии в рамках медицинских учреждений, но еще больше преимуществ они получают от продолжения нейрореабилитации с мобильными портативными НЕЙРО-ОРТЕЗАМИ ФЭС в домашних условиях в долгосрочной перспективе.





За дополнительной
информацией
обращайтесь к
профессору Гурьяновой
Евгении Аркадьевне:

+7 (919) 661-93-30

z-guryanova@bk.ru

WWW.WALKAIDE.RU

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!