

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
КАФЕДРА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

ОТЧЕТ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

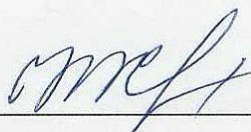
Учебная практика по получению навыков исследовательской
работы

Студент
гр. БФЗА-25-1



Н.А. Сказченко

Руководитель
д.мед.н., профессор



Н.С. Журавская

Владивосток, 2026

Введение

Назначением учебной практики по получению навыков исследовательской работы является приобретение студентами компетенций позволяющей осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. Данная компетенция предполагает овладение обучающимися базовыми методами исследовательской деятельности, а именно: способами работы с научно-методической литературой; социологическим опросом; наблюдением; методами математической обработки результатов и их графической интерпретацией. Учебная практика является связующим звеном между теоретическими знаниями, полученными на дисциплинах учебного плана ОПОП и практической деятельностью по внедрению этих знаний в профессиональную деятельность на данном этапе формирования компетенции.

Итоговым документом, позволяющим квалифицировать качество и объем исследовательской работы, является «Отчет по учебной практике». В данном Отчете представлены результаты выполнения следующих заданий:

- анализ литературных источников по выбранной проблеме «Реконструкция ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга»;
- проведение тестирования по шкале ASIA (стандартизированный неврологический тест);
- проведение педагогического наблюдения, анализ и характеристики процедуры лечебной гимнастики при травмах спинного мозга

Актуальность выбранной темы исследования заключается в устойчивой тенденции к технологизации и роботизации медицинской реабилитации, недостаточной разработанностью комплексных программ с включением роботизированных тренажеров, а также ростом числа пациентов с последствиями травмы спинного мозга (ТСМ).

Проблема исследования по выбранной теме заключается в существующих ограничениях традиционных методов реабилитации и недостаточной разработанностью комплексных программ с включением роботизированных тренажеров при работе с пациентами с последствиями травмы спинного мозга. Быстрая утомляемость пациента и реабилитолога, недостаточная сенсорная и проприоцептивная стимуляция, а также сложности в формировании устойчивого двигательного стереотипа и переноса навыка ходьбы в реальные бытовые условия создают ограничения в реабилитации.

Цель исследования: систематизировать, проанализировать и обобщить информацию, полученную в результате исследования по проблеме реконструкции ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга.

Задачи исследования:

1. Провести обзор и анализ современных литературных источников и научных исследований, посвященных применению экзоскелетных технологий и роботизированной локомоторной терапии в реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга.
2. Разработать и провести тестирование пациентов с использованием шкалы ASIA с последствиями травмы спинного мозга. Проанализировать полученные данные.
3. Провести педагогическое наблюдение за занятием ЛГ для пациентов после ТСМ. Оценить ее структуру и нагрузочные параметры

Практическая значимость исследования: результаты исследования могут быть использованы реабилитологами, инструкторами-методистами ЛФК и врачами по физической реабилитации для оптимизации протоколов экзоскелетной ходьбы, разработки индивидуализированных программ восстановления двигательных функций и повышения качества жизни пациентов с последствиями травмы спинного мозга.

Методы исследования

1. Анализ литературных источников по теме «Реконструкция ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга».
2. Проведение тестирования пациентов по шкале ASIA «Оценка двигательных функций и чувствительности» для стандартизированной и детализированной документации неврологического уровня повреждения при ТСМ;
3. Анализ и характеристика процедуры ЛГ в реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга

Раздел 1 Особенности реконструкции ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга по результатам анализа литературных источников

Для выполнения Задания по анализу литературных источников мы использовали электронные и библиотечные ресурсы CyberLeninka, eLibrary, PubMed,

Целью анализа литературы являлось обоснование эффективности применения экзоскелетной ходьбы для восстановления локомоторной функции, активации нейропластичности и улучшения качества жизни пациентов с последствиями травмы спинного мозга.

Задачи исследования:

- 1) провести анализ литературных источников по проблеме реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга с использованием экзоскелета
- 2) составить список литературных источников по проблеме экзоскелетной реабилитации при ТСМ.

Для решения *первой задачи* нами были проанализированы источники по следующим тематическим направлениям «Патофизиология травмы спинного мозга и механизмы спинальной локомоторной генерации» – 4 источника [1-4]. Типы экзоскелетов (HAL, Ekso, ReWalk, Indego) и их технические характеристики – 5 источников [4-9]. Нейропластичность и сенсомоторная интеграция при роботизированной ходьбе – 6 источников [9-15]. Написаны введение и литературный обзор по проблеме исследования, состоящий из 3 подглав. Обзор литературы размещен в приложении Б. В приложении В размещен список литературы.

Раздел 2 Представления респондентов по результатам тестирования пациентов по шкале ASIA (стандартизированный неврологический тест) после травм спинного мозга

В тестировании принимали участия 20 человек: мужчины и женщины разных возрастов, большая часть опрошенных возрастом за 40 лет.

Цель: оценить тестирования пациентов по шкале ASIA «Оценка двигательных функций и чувствительности» состоит в стандартизированной и детализированной документации неврологического уровня повреждения при ТСМ до реабилитации.

Задачи исследования:

- 1) подобрать опросник для оценки состояния больных с последствиями травмы спинного мозга.
- 2) организовать и провести тестирование.
- 3) выполнить математическую обработку показателей тестирования и предоставить графическую и пояснительную интерпретацию результатов.

Решение *первой задачи* мы начали с определения целей, задач, и форм проведения тестирования. Затем был выбран тест по шкале ASIA «Оценка двигательных функций и чувствительности» и ключи интерпретации результатов (Приложение Г)

Для решения *второй задачи* нами было подготовлено и проведено тестирование.

В рамках *третьей задачи* нами была произведена обработка показателей тестирования (табл. 1 и табл. 2) и выполнена графическая интерпретация результатов (рис. 1 и 2):

Таблица 1 - Обработанные результаты анкетирования по международной шкале ASIA «после травм спинного мозга» (n=20)

№	Показатель обследования (шкала ASIA)	Оцениваемая функция	Максимальный балл	Средний результат	Сохранность функции (%)
1	Light Touch Right	Поверхностная чувствительность справа	112	74	66%
2	Light Touch Left	Поверхностная чувствительность слева	112	78	70%
3	Pin Prick Right	Болевая чувствительность справа	112	69	62%
4	Pin Prick Left	Болевая чувствительность слева	112	73	65%
5	Motor Upper Extremity Right (UER)	Двигательная функция правой верхней конечности	25	17	68%
6	Motor Upper Extremity Left (UEL)	Двигательная функция левой верхней конечности	25	18	72%
7	Motor Lower	Двигательная функция правой	25	11	44%

	Extremity Right (LER)	нижней конечности			
8	Motor Lower Extremity Left (LEL)	Двигательная функция левой нижней конечности	25	12	48%
9	Sacral Sensation S4-S5	Сакральная чувствительность	2	1	50%
10	Voluntary Anal Contraction (VAC)	Добровольное анальное сокращение	1	0,6	60%
11	Deep Anal Pressure (DAP)	Глубокая анальная чувствительность	1	0,7	70%
12	Общий моторный индекс	Совокупная двигательная функция	100	58	58%
13	Общий сенсорный индекс	Совокупная чувствительность	448	294	66%

Таблица 2 – Распределение пациентов по степени поражения ASIA

Категория ASIA	Характеристика состояния	Количество пациентов (n)	Процент (%)
A	Полное отсутствие двигательной и чувствительной функции	4	20%
B	Сохранена чувствительность, отсутствуют движения	3	15%
C	Двигательная функция сохранена частично, мышечная сила менее 3 баллов	6	30%
D	Сохранена двигательная функция, мышечная сила ≥ 3 баллов	5	25%
E	Нормальные двигательные и чувствительные функции	2	10%
Итого	20	20	100%

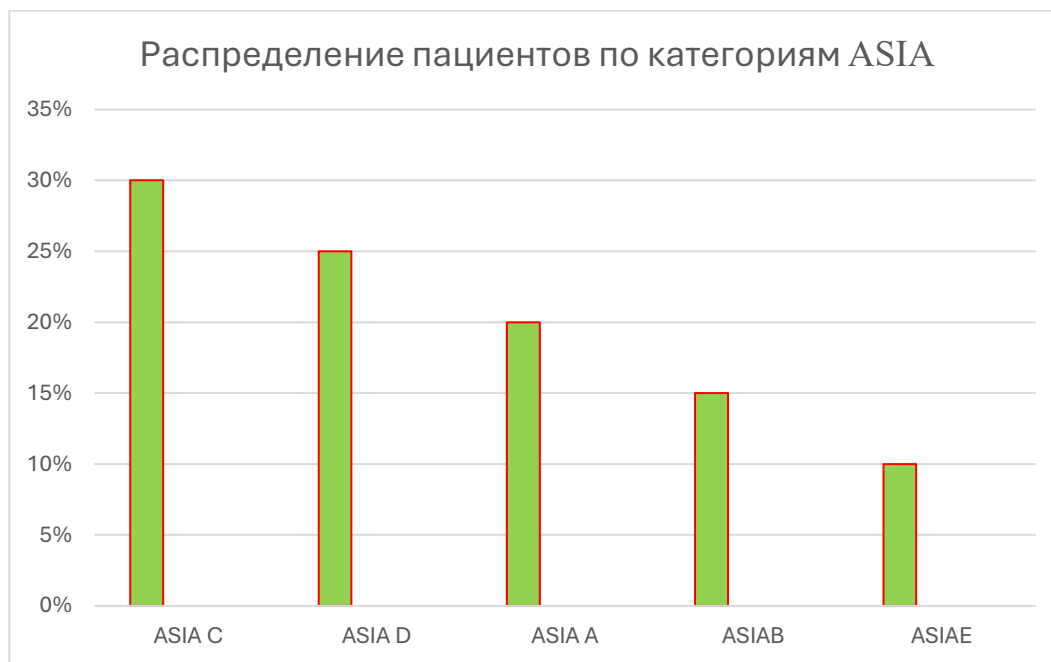


Рисунок 1 – Распределение пациентов по категориям ASIA

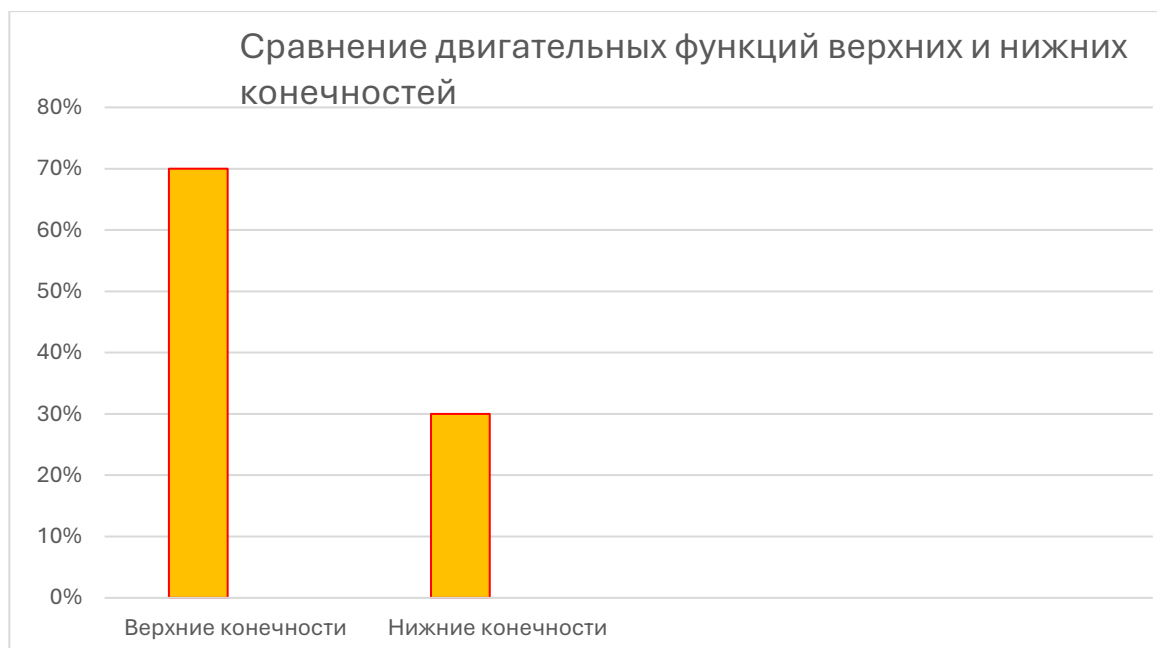


Рисунок 2 – Сравнение двигательных функций верхних и нижних конечностей

В заключении дадим комментарии к результатам тестирования по международной шкале ASIA. По результатам тестирования по шкале ASIA у большинства пациентов выявлено частичное сохранение двигательных и чувствительных функций. Наиболее выраженные нарушения наблюдались в двигательной функции нижних конечностей, где показатель сохранности составил 30%. Функциональное состояние верхних конечностей было выше и составило 70%, что свидетельствует о лучшем уровне двигательных функций. Наибольшее количество пациентов относилось к категории ASIA C — 30%, что характеризует частичное

сохранение двигательной активности. Категория ASIA D составила 25%, что указывает на более благоприятный прогноз восстановления ходьбы. Полученные результаты подтверждают целесообразность и ожидаемую эффективность применения экзоскелета в реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга и свидетельствуют о возможности улучшения восстановления навыков ходьбы.

Раздел 3 Педагогическая оценка занятия по лечебной физической культуре при реабилитации пациентов после травм спинного мозга

Педагогическое наблюдение процедуры лечебной гимнастики (ЛГ) было проведено по электронным ресурсам с видеоматериалом (платформа YouTube, тематические каналы, посвященные экзоскелетной реабилитации). Выбрана наиболее профессиональная и полная версия одной процедуры ЛГ при травмах спинного мозга. При выборе процедуры ЛГ руководствовались следующим условием: ЛГ включала в себя все части занятия (подготовительную, основную и заключительную часть).

Цель педагогического наблюдения: проанализировать состав и оценить нагрузочные параметры процедуры ЛГ для пациентов при травмах спинного мозга

Задачи исследования:

- 1) провести педагогическое наблюдение за процедурой ЛГ с использованием скриншотов видеоматериалов
- 2) определить состав и нагрузочные параметры в каждой части процедуры ЛГ и зафиксировать нагрузочные параметры (объем и интенсивность);
- 3) выполнить обработку показателей наблюдения и предоставить пояснительную интерпретацию результатов наблюдения.

Решение *первой задачи* мы начали с определения целей, задач процедуры ЛГ. Затем результаты анализа были внесены в протокол наблюдения (Приложение В)

Для решения *второй задачи* нами был проанализирован состав каждой части процедуры ЛГ и зафиксированы нагрузочные параметры (объем, интенсивность, интервалы отдыха) (Таблица 3). Так же, была проведена фотосъемка (скриншоты) наиболее значимых фрагментов ЛГ и даны комментарии к фотоматериалам (Приложение Г)

Протокол педагогического наблюдения процедуры лечебной гимнастики.

Место проведения ЛГ - интернет ресурсы

Ф.И.О. проводящего ЛГ- не указано

Заболевание – травма спинного мозга

Цель ЛГ - восстановление двигательных функций, восстановление паттерна ходьбы, активация спинальных локомоторных генераторов, тренировка равновесия и

Задачи ЛГ -

1. Активация мышц нижних конечностей в вертикальном положении.
2. Формирование физиологического паттерна ходьбы в экзоскелете.
3. Тренировка переноса веса и инициирования шага.
4. Профилактика спастичности и контрактур.

Используемый инвентарь – экзоскелет, подвесная система, поручни, зеркало.

Ф.И.О. студента, наблюдающего ЛГ – Сказченко Николай Алексеевич

Группа: БФЗА-25-1

Таблица 2 – Состав процедуры и нагрузочные параметры лечебной гимнастики

	Состав ЛГ (средства)	Объем (время воздействия)	Интенсивность (темп, напряженность)	Примерная интенсивность (%)
	Количество упражнений 16	Сумма (мин) - 58	Средний результат интенсивности – 55%	
Подготовительная часть				
1	И.П лежа на спине, руки вниз Дыхательные упражнения.	2 мин	Низкий	30
2	И.П лежа на спине, Медленно поднять руки вверх через стороны и опустить вниз.	2 мин	Средний	50
3	И.П упор лежа, Выполнять сгибание и разгибание рук в локтевых суставах в медленном темпе.	4 мин	Средний	60
4	И.П сед, Выполнять круговые движения плечами вперед назад	2 мин	Средний	60
	Количество упражнений 4	Сумма (мин) 10	Средний результат интенсивности 50 %	
Основная часть				
5	И.П лежа на спине. Поочередно сгибать и разгибать ноги, скользя стопой по поверхности.	2 мин	Средняя	60
6	И.П лежа на спине. Тыльное и подошвенное сгибание стоп	3 мин	Средняя	65
7	И.П лежа на спине. Медленно разводить и сводить стопы	3 мин	Высокая	75
8	И.П лежа на спине, колени согнуты. Поднять таз вверх, удерживать 2-3 сек, затем медленно опустить.	5 мин	Высокая	75
9	И.П сед. Выполнять медленные повороты туловища вправо и влево.	2 мин	Средняя	65
10	И.П сед, без опоры. Сохранить устойчивое	5 мин	Низкая	40

	положение тела 30-60 сек.			
11	И.П стоя с поддержкой. Медленно переносить массу тела с одной ноги на другую.	5 мин	Низкая	40
12	И.П стоя у опоры. Выполнять неглубокие приседания с опорой на поручни в экзоскелете.	5 мин	Низкая	45
13	И.П стоя с ходунками. Поочередно поднимать ноги, имитируя ходьбу в экзоскелете.	5 мин	Низкая	40
14	И.П стоя в экзоскелете. Выполнять медленную ходьбу, под контролем инструктора в экзоскелете.	10 мин	Средняя	60
Количество упражнений 10		Сумма (мин) – 43	Преимущественная интенсивность – 63%	
Заключительная часть				
15	И.П лежа на спине, Полное расслабление мышц рук и ног	3 мин	Низкая	30
16	И.П Сед. Спокойная дыхательная гимнастика	2 мин	Низкая	25
Количество упражнений 2		Сумма (мин) - 5	Преимущественная интенсивность 55%	
Общее количество упражнений 16		Общая сумма (мин) - 58	Общая преимущественная интенсивность – 55%	

В рамках *третьей задачи* нами был произведен анализ процедуры ЛГ. В заключении дадим комментарии к результатам педагогического наблюдения ЛГ при травмах спинного мозга. Установлено, что использование комплекса упражнений, направлено на восстановление двигательной активности, координации движений и навыков ходьбы. В ходе педагогического наблюдения было выявлено, что наиболее эффективными являлись упражнения на вертикализацию, перенос массы тела и реконструкцию ходьбы в экзоскелете, так как они способствовали повышению мышечной активности и улучшению равновесия. Преимущественная интенсивность занятия составила 55%, а общая продолжительность лечебной гимнастики — 58 минут, что соответствует среднему уровню физической нагрузки и позволяет безопасно проводить реабилитацию пациентов с последствиями травмы спинного мозга. Таким образом, применение лечебной гимнастики в сочетании с экзоскелетом оказывает положительное влияние на восстановление двигательных функций, способствует улучшению координации движений и повышению уровня социальной адаптации пациентов

Выводы

За время прохождения Учебной практики по получению навыков исследовательской работы мы исследовали вопросы реконструкции ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга. На основании результатов проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В процессе анализа литературных источников было установлено, что применение экзоскелетов является современным и эффективным методом медицинской реабилитации пациентов с травмами спинного мозга. Использование роботизированных технологий способствует восстановлению навыков ходьбы, улучшению координации движений и повышению уровня социальной адаптации пациентов.

2. В результате тестирования по шкале ASIA было выявлено, что у большинства пациентов наблюдалось частичное сохранение двигательных и чувствительных функций. Наибольшее количество обследуемых относилось к категории ASIA C — 30%, что свидетельствует о возможности восстановления двигательной активности и функции ходьбы при проведении комплексной реабилитации с применением экзоскелета

3. Педагогическое наблюдение за процедурой лечебной гимнастики показало, что упражнения на вертикализацию, перенос массы тела и тренировку ходьбы в экзоскелете оказывают положительное влияние на восстановление двигательных функций. Применение лечебной гимнастики в сочетании с экзоскелетом способствует улучшению равновесия, координации движений и повышению функциональных возможностей пациентов с последствиями травмы спинного мозга.

Приложения А

Введение

Актуальность исследования. Травма спинного мозга (ТСМ) представляет собой одну из наиболее катастрофических патологий в современной медицине, приводящую к тяжелой, часто необратимой инвалидизации преимущественно лиц молодого и среднего трудоспособного возраста. Ключевым и наиболее социально значимым последствием ТСМ является утрата способности к самостоятельному передвижению, что кардинально меняет все аспекты жизни пациента — от физического здоровья до психологического благополучия и социальной интеграции. Потеря способности к самостоятельному передвижению является ключевым фактором, определяющим не только физические ограничения, но и глубокие психосоциальные последствия, резкое снижение качества жизни и высокую экономическую нагрузку на систему здравоохранения и общество в целом.

Традиционные методы реабилитации, направленные на восстановление двигательной функции, такие как кинезиотерапия и механотерапия на современных тренажерах, хотя и остаются фундаментом восстановительного процесса, имеют существенные ограничения. Они часто неспособны обеспечить необходимую интенсивность, высокую повторяемость и идеальную биомеханическую точность движений, критически важные для переобучения спинальных нейронных сетей и формирования нового двигательного паттерна.

В этом контексте реконструкция ходьбы – восстановление способности к прямохождению и самостоятельному передвижению – становится сверхзадачей реабилитации. Достижение этой цели не только символизирует возврат к прежней жизни, но и является мощным инструментом профилактики вторичных осложнений ТСМ: прогрессирующей мышечной атрофии, остеопороза, контрактур суставов, пролежней, а также сердечно-сосудистых, мочеполовых дисфункций и спастичности. Таким образом, поиск и внедрение инновационных технологий, способных качественно изменить парадигму восстановления локомоторной функции, являются не просто актуальными, а остро необходимыми.

Проблема исследования - несмотря на стремительное развитие и очевидный технологический потенциал роботизированных экзоскелетов, их внедрение в клиническую практику реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга носит дискретный и недостаточно систематизированный характер. Существует разрыв между передовыми техническими возможностями устройств и отсутствием унифицированных, научно обоснованных протоколов их применения, адаптированных к задачам конкретных этапов медицинской реабилитации и индивидуальным профилям пациентов.

Объект исследования - процесс медицинской реабилитации пациентов с последствиями травматической болезни спинного мозга (ТБСМ), направленный на восстановление локомоторной функции.

Предмет исследования – динамика двигательных и чувствительных функций. нижних конечностей, восстановление паттерна ходьбы в процессе применения методики

реконструкции ходьбы с применением экзоскелета нижних конечностей в процессе реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга.

Цель исследования. на основе комплексного анализа клинико-функциональных показателей и существующих подходов систематизировать применение экзоскелета при травме спинного, разработать комплекс кинезиотерапии с применением экзоскелета нижних конечностей и оценить его эффективность в реконструкции ходьбы.

Задачи исследования.

1. Изучить литературные источники по проблеме физической реабилитации при последствиях травмы спинного мозга на основе использования методики экзоскелета.
2. Разработать комплексы кинезиотерапии в физической реабилитации для лиц с травмами спинного мозга на основе использования экзоскелета.
3. Проанализировать эффективность разработанных комплексов с использованием экзоскелета в комплексной реабилитации с последствиями травмы спинного мозга.

Гипотеза исследования: мы полагаем, что динамика двигательных и чувствительных функций. нижних конечностей, восстановление паттерна ходьбы с применением экзоскелета будет клинически и функционально эффективно реконструировать и восстанавливать ходьбу у пациентов с последствиями травмы спинного мозга.

Практическая значимость исследования: разработанные комплексы кинезиотерапии с применением экзоскелета позволяют быстро компенсировать утраченные функции ходьбы у людей с последствиями травмы спинного мозга и могут широко применяться в физической реабилитации при наличии соответствующего оборудования.

Приложение Б

Глава 1 Обзор литературы по проблеме физической реабилитации после травм спинного мозга с применением экзоскелета

1.1 Теоретические аспекты реабилитации пациентов с последствиями травм спинного мозга

Реконструкция ходьбы с применением роботизированных экзоскелетов представляет собой одно из наиболее перспективных направлений современной медицинской реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга. Травматические повреждения позвоночника и спинного мозга сопровождаются выраженными двигательными нарушениями, ограничением самостоятельного передвижения, снижением функциональной независимости и ухудшением качества жизни пациентов. В связи с этим разработка и внедрение инновационных технологий восстановления локомоторной функции становятся важной задачей современной медицины. Травма спинного мозга относится к числу наиболее тяжелых повреждений опорно-двигательного аппарата и нервной системы. Последствия таких травм часто приводят к стойкой инвалидизации, нарушению координации движений, снижению мышечной силы и ограничению способности к самостоятельному передвижению. Современные методы реабилитации направлены не только на компенсацию утраченных функций, но и на активацию механизмов нейропластичности центральной нервной системы. Именно поэтому использование роботизированных экзоскелетов становится важным компонентом комплексной медицинской реабилитации [1]. С каждым годом увеличивается количество исследований, посвящённых применению экзоскелетов в восстановлении двигательной активности пациентов после позвоночно-спинномозговой травмы. Роботизированные системы позволяют формировать физиологически правильный паттерн ходьбы, обеспечивают вертикализацию пациентов и способствуют профилактике осложнений, связанных с длительной гиподинамией. Исследования показывают, что регулярные тренировки ходьбы в экзоскелете положительно влияют на мышечный тонус, сердечно-сосудистую систему и психоэмоциональное состояние пациентов [3]. Особое значение в реабилитации имеет раннее начало восстановительных мероприятий. Использование экзоскелетов уже на ранних этапах позволяет уменьшить риск контрактур, пролежней, остеопороза и других осложнений, возникающих вследствие длительной неподвижности. Кроме того, роботизированная локомоторная терапия способствует формированию мотивации пациентов к активному участию в реабилитационном процессе [4]. Важным преимуществом экзоскелетов является возможность индивидуальной настройки параметров движения с учетом функционального состояния пациента. Современные модели позволяют регулировать скорость ходьбы, уровень поддержки и степень нагрузки на нижние конечности. Благодаря этому создаются безопасные условия для восстановления локомоторной функции даже у пациентов с выраженными двигательными нарушениями [6]. Современные исследования также подчеркивают значение нейропластичности в процессе восстановления после травмы

спинного мозга. Роботизированная ходьба способствует активации сенсомоторных связей и стимулирует восстановление нейронных сетей. По данным ряда авторов, многократное повторение физиологического двигательного паттерна приводит к улучшению передачи нервных импульсов и повышению функциональной активности пациентов [10]. Не менее важным аспектом является психологическая составляющая реабилитации. Пациенты с последствиями травмы спинного мозга часто сталкиваются с депрессией, тревожностью и снижением мотивации. Возможность вертикализации и самостоятельного передвижения в экзоскелете оказывает положительное влияние на эмоциональное состояние пациентов, способствует социальной адаптации и повышению качества жизни [12].

Таким образом, реконструкция ходьбы с применением экзоскелета представляет собой эффективное и перспективное направление современной реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга. Использование роботизированных технологий позволяет улучшить двигательные функции, повысить уровень самостоятельности и создать условия для более успешной социальной интеграции пациентов.



Рисунок 3 – Применение роботизированного экзоскелета в реабилитации пациентов с травмой спинного мозга.

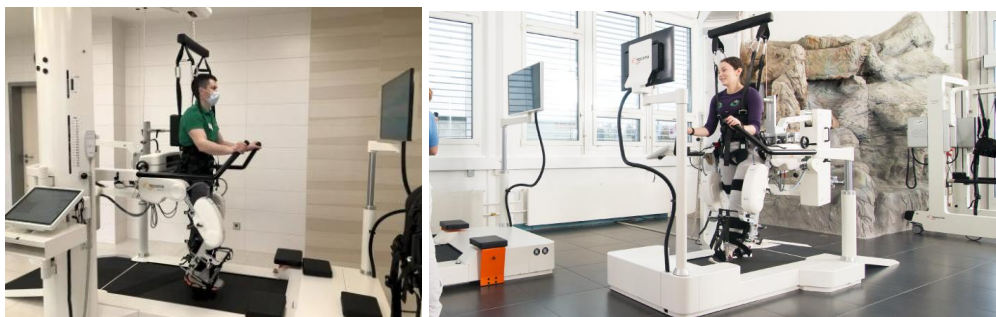


Рисунок 4 – Этапы восстановления локомоторной функции при роботизированной терапии.

Исходя из анализа литературы, реабилитация пациентов с последствиями травмы спинного мозга является длительным и многоэтапным процессом. Основной целью реабилитации становится восстановление двигательной активности, повышение уровня независимости и улучшение качества жизни пациентов. Роботизированные экзоскелеты позволяют значительно расширить возможности традиционной реабилитации, обеспечивая активную тренировку ходьбы и вертикализацию пациентов [13]. На начальном этапе

реабилитации основное внимание уделяется стабилизации общего состояния пациента, профилактике осложнений и подготовке к физической активности. В этот период применяются пассивные и активные упражнения, направленные на поддержание мышечного тонуса и предотвращение контрактур [2]. Следующий этап включает тренировочную ходьбу в экзоскелете. В ходе таких тренировок происходит формирование правильного двигательного стереотипа, улучшается координация движений и активируются механизмы нейропластичности. Исследования показывают, что регулярные занятия в экзоскелете способствуют улучшению локомоторных функций и увеличению уровня самостоятельности пациентов [14]. Важным элементом реабилитации является междисциплинарный подход. В процессе восстановления участвуют врачи-реабилитологи, физиотерапевты, инструкторы ЛФК, психологи и медицинские сестры. Совместная работа специалистов обеспечивает комплексное воздействие на физическое и психоэмоциональное состояние пациента [11]. Кроме того, большое значение имеет психологическая поддержка. Пациенты после травмы спинного мозга часто испытывают страх перед движением и неуверенность в собственных возможностях. Применение современных роботизированных технологий позволяет повысить мотивацию к занятиям и сформировать положительное отношение к реабилитационному процессу [12].

Таким образом, использование экзоскелетов в реконструкции ходьбы открывает новые возможности для медицинской реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга, обеспечивая комплексное воздействие на двигательную, функциональную и психоэмоциональную сферы.

1.2 Анализ типов экзоскелетов и их технических характеристик

Современные роботизированные экзоскелеты представляют собой высокотехнологичные устройства, предназначенные для восстановления функции ходьбы у пациентов с нарушением двигательной активности. На сегодняшний день наиболее распространенными системами являются HAL, ReWalk, Ekso, Indego и ExoAtlet. Каждая из данных систем обладает собственными техническими особенностями и применяется в зависимости от клинических задач и состояния пациента [13]. Экзоскелет HAL (Hybrid Assistive Limb) функционирует на основе биологических сигналов пациента. Устройство распознает электрическую активность мышц и преобразует её в двигательные команды, что позволяет максимально приблизить ходьбу к естественным движениям человека. Данная система активно используется в нейрореабилитации и показывает высокую эффективность в восстановлении двигательных функций [6]. Система ReWalk предназначена для пациентов с повреждениями спинного мозга различной степени тяжести. Управление осуществляется с помощью датчиков положения тела и переносов центра тяжести. Устройство позволяет пациентам самостоятельно передвигаться и выполнять базовые бытовые действия, что существенно повышает уровень их социальной адаптации [13]. Экзоскелет Ekso отличается высокой степенью адаптивности и возможностью настройки параметров движения. Использование системы позволяет проводить как пассивную, так и активную тренировку

ходьбы, что особенно важно на разных этапах реабилитации. Исследования демонстрируют положительное влияние тренировок в системе Ekso на восстановление баланса и координации движений [3]. Система Indego характеризуется компактностью и мобильностью. Благодаря облегчённой конструкции устройство обеспечивает удобство использования как в условиях стационара, так и при амбулаторной реабилитации. Применение Indego способствует повышению функциональной независимости пациентов и улучшению

качества жизни [13]. Особое место среди отечественных разработок занимает экзоскелет EhoAtlet. Данная система активно внедряется в практику российских медицинских учреждений и показывает высокую эффективность в восстановлении локомоторной функции у пациентов с последствиями травмы спинного мозга [8]. Использование EhoAtlet позволяет проводить индивидуализированную тренировку ходьбы и контролировать параметры движения в режиме реального времени.

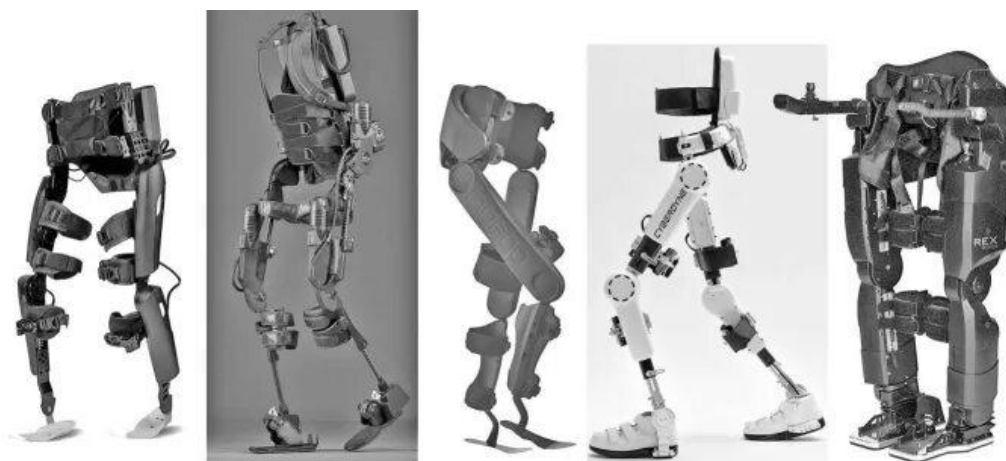


Рисунок 5 – Основные типы роботизированных экзоскелетов

Современные исследования также рассматривают возможность комбинированного применения экзоскелетов с функциональной электростимуляцией. Сочетание данных методов позволяет усилить активацию мышц и повысить эффективность реабилитационных мероприятий [5]. Важным направлением является оценка безопасности применения экзоскелетов. Исследования показывают, что при соблюдении методических рекомендаций роботизированная терапия характеризуется высоким уровнем безопасности и низкой частотой осложнений [4]. Кроме того, использование экзоскелетов способствует улучшению качества жизни пациентов. После прохождения курса роботизированной терапии пациенты отмечают уменьшение уровня тревожности, повышение самооценки и улучшение эмоционального состояния [11].

Таким образом, различные типы экзоскелетов обладают значительным потенциалом в реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга. Индивидуальный подбор системы и адаптация программы тренировок позволяют добиться более высоких результатов **восстановления**

1.3 Практическое применение и перспективы использования современных роботизированных технологий в реконструкции ходьбы

Современные роботизированные технологии занимают важное место в системе медицинской реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга. Использование экзоскелетов в клинической практике позволяет значительно расширить возможности восстановления локомоторной функции, повысить уровень самостоятельности пациентов и улучшить их качество жизни. В последние годы внимание специалистов всё больше сосредоточено на разработке комплексных программ реконструкции ходьбы, основанных на сочетании роботизированной терапии, физиотерапии, лечебной физкультуры и психологической поддержки. Практическое применение экзоскелетов основывается на создании физиологически правильного двигательного паттерна. Роботизированные системы обеспечивают воспроизведение естественного цикла ходьбы, что способствует стимуляции нейромышечных связей и активизации механизмов нейропластичности центральной нервной системы. Исследования показывают, что регулярные тренировки с применением экзоскелета приводят к улучшению координации движений, повышению мышечной силы и выносливости пациентов [10]. Одним из ключевых преимуществ роботизированной терапии является возможность ранней вертикализации пациентов. Длительная иммобилизация после травмы спинного мозга часто сопровождается развитием вторичных осложнений, включая мышечную атрофию, контрактуры, нарушения сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Применение экзоскелетов позволяет снизить риск подобных осложнений и ускорить процесс восстановления [1]. Особое значение в современной реабилитации приобретает индивидуализация программ восстановления. Современные экзоскелеты оснащаются интеллектуальными системами управления, позволяющими регулировать параметры движения, скорость ходьбы, степень поддержки и нагрузку на нижние конечности в зависимости от состояния пациента. Такой подход обеспечивает безопасность тренировок и позволяет адаптировать процесс реабилитации под функциональные возможности каждого больного [6]. Важным направлением является сочетание роботизированной терапии с функциональной электростимуляцией. Синхронизированное применение данных методов способствует дополнительной активации мышц нижних конечностей, улучшает проведение нервных импульсов и усиливает эффективность восстановления двигательных функций [5]. Комбинированные методики позволяют повысить интенсивность реабилитационного процесса и добиться более выраженных функциональных результатов. Кроме физического восстановления, экзоскелетная терапия оказывает положительное влияние на психоэмоциональное состояние пациентов. Возможность вертикального положения тела и самостоятельного передвижения способствует снижению уровня тревожности и депрессии, формирует мотивацию к дальнейшему восстановлению и повышает социальную адаптацию пациентов [12]. Пациенты отмечают улучшение самооценки и повышение уверенности в собственных возможностях после прохождения курса роботизированной терапии [11]. Современные исследования также акцентируют внимание на применении технологий биологической обратной связи. Интеграция датчиков движения и систем анализа походки позволяет осуществлять мониторинг двигательной активности в режиме реального времени.

Это обеспечивает возможность оперативной коррекции тренировочной программы и повышения эффективности реабилитационных мероприятий [7]. Дополнительным перспективным направлением является использование виртуальной реальности в сочетании с роботизированными системами. Виртуальные тренировочные среды позволяют моделировать различные условия передвижения, повышая вовлеченность пациента в реабилитационный процесс и стимулируя когнитивную активность. Подобные технологии особенно эффективны при длительной реабилитации пациентов с тяжёлыми двигательными нарушениями [13].

Практика применения экзоскелетов показывает, что наиболее высокие результаты достигаются при использовании междисциплинарного подхода. В реабилитационном процессе должны участвовать врачи-реабилитологи, неврологи, физиотерапевты, инструкторы лечебной физкультуры, психологи и специалисты по роботизированной терапии. Комплексная работа специалистов позволяет учитывать как физические, так и психологические особенности пациента, обеспечивая максимально эффективное восстановление [3]. Несмотря на значительные достижения в области роботизированной реабилитации, остаются актуальными вопросы стандартизации протоколов применения экзоскелетов и разработки единых критериев оценки эффективности терапии. Дальнейшие научные исследования направлены на совершенствование систем управления экзоскелетами, повышение автономности устройств и интеграцию искусственного интеллекта в процесс восстановления двигательной активности пациентов [4].



Рисунок 6 – Применение роботизированного экзоскелета в процессе восстановления ходьбы



Рисунок 7 – Современные технологии реконструкции ходьбы у пациентов с травмой спинного мозга.

Таким образом, современные роботизированные технологии открывают новые перспективы в реабилитации пациентов с последствиями травмы спинного мозга. Использование экзоскелетов позволяет не только восстановить двигательные функции, но и повысить уровень социальной адаптации, самостоятельности и качества жизни пациентов. Совершенствование технологий и внедрение инновационных методов реабилитации будут способствовать дальнейшему развитию системы медицинской помощи и повышению эффективности восстановительного лечения.

Приложение В

Список использованных источников

1. Карякин, Н. Н. Потенциальные преимущества и ограничения использования роботизированных экзоскелетов у пациентов, перенесших позвоночно-спинномозговую травму: состояние вопроса / Н. Н. Карякин, А. Н. Белова, В. О. Сушин, Г. Е. Шейко, Ю. А. Израелян, Н. Ю. Литвинова // Вестник восстановительной медицины. – 2020. – Т. 96, № 2. – С. 68-78. – DOI: 10.38025/2078-1962-2020-96-2-68-78.
2. Боймуродов, Г. А. Применение экзоскелета у больных с осложненными травмами грудно-поясничного отдела позвоночника / Г. А. Боймуродов, А. Р. Саттаров, А. А. Ражабов, Т. Ш. Эргашев, Ф. Ф. Эгашев, Ж. Ж. Эргашев, А. А. Марков, В. А. Марков, С. С. Саидов // Врач скорой помощи. – 2025. – № 8. – С. 5-14.
3. Гвоздарева, М. А. Влияние тренировочной ходьбы в экзоскелете на эффективность реабилитации пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы / М. А. Гвоздарева, Л. А. Шпагина, Н. П. Карева, Е. В. Куропатова, В. В. Рерих // Спортивная медицина: наука и практика. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 58-66. – DOI: 10.47529/2223-2524.2023.3.2.
4. Гвоздарева, М. А. Оценка эффективности и безопасности применения экзоскелета в программах реабилитации пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой / М. А. Гвоздарева, Е. В. Чешева, А. Г. Самохин, Е. В. Кудрова, Г. О. Дроздов, В. И. Шевцов, Н. П. Карева // Хирургия позвоночника. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 68-76.
5. Ткаченко, П. В. Синхронизированное применение экзоскелета с функциональной электростимуляцией у пациентов с последствиями травмы спинного мозга / П. В. Ткаченко, В. Д. Даминов, О. Э. Карпов // Вестник восстановительной медицины. – 2020. – № 3. – С. 42-49.
6. Даминов, В. Д. Экзоскелеты в медицине: мировой опыт и клиническая практика Пироговского Центра / В. Д. Даминов, П. В. Ткаченко // Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова. – 2018. – № 2. – С. 56-63.
7. Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России. Экзоскелет: технические характеристики и противопоказания. – Москва, 2024. – 2 с.
8. Министерство здравоохранения РФ. В городской поликлинике №1 Владикавказа осваивают новые возможности реабилитации пациентов (экзоскелет EchoAtlet). – Москва, 2025. – 2 с.
9. ФГБУ ЯММЦ ФМБА России. Новое оборудование в отделении реабилитации (экзоскелет «ЭкзоАтлет-П»). – Ялта, 2024. – 2 с.
10. Коваленко, А. П. Применение экзоскелета EchoAtlet в сочетании с ботулинотерапией для восстановления ходьбы у пациентов с последствиями острого повреждения головного мозга / А. П. Коваленко, А. С. Родионов, Д. И. Кремлёв [и др.] // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2021. – № 2. – С. 56-64. – DOI: 10.14412/2074-2711-2021-2-56-64.

11. Козлов, С. Н. Механизмы нейропластичности при роботизированной локомоторной терапии у пациентов с травмой спинного мозга / С. Н. Козлов, Е. А. Петрова, А. А. Иванов // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2024. – Т. 124, № 3. – С. 67-74.
12. Белова, А. Н. Оценка качества жизни пациентов с травмой спинного мозга после курса реабилитации с применением экзоскелета / А. Н. Белова, Д. С. Лысенко, Е. С. Конева, В. А. Петров, Б. М. Доронин, М. Б. Щекочихина // Вестник восстановительной медицины. – 2024. – Т. 23, № 3. – С. 33-41.
13. Коваленко, Т. Н. Психосоциальные аспекты реабилитации пациентов с травмой спинного мозга: качество жизни, тревога и депрессия / Т. Н. Коваленко, И. И. Шарифуллина, Э. М. Шарифуллин, Ф. С. Исмагилов, В. В. Сальникова, Л. Р. Ахмадеева // Медицинская психология в России. – 2023. – Т. 15, № 6 (83). – С. 7.
14. Конева, Е. С. Применение роботизированных экзоскелетов (Rewalk, Ekso, Indego) в реабилитации пациентов с травмой спинного мозга: обзор литературы / Е. С. Конева, В. А. Петров, Б. М. Доронин, А. Н. Белова // Российский журнал биомедицины. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 32-44.
15. Шапкова, Е. Ю. Динамика независимости и локомоторных возможностей при тренировках ходьбы в экзоскелете у пациентов с тяжелой хронической позвоночно-спинномозговой травмой / Е. Ю. Шапкова, Д. В. Емельяников, Ю. Е. Ларионова, Н. А. Купреев, Е. В. Григорьева // Хирургия позвоночника. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 54-67.

Приложение Г



МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ
ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ И СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ
ДЕПАРТАМЕНТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ МОСКВЫ

Шкала повреждений при травме спинного мозга ASIA

Название на русском языке: Шкала повреждений при травме спинного мозга ASIA
Оригинальное название: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale.

Назначение: шкала предназначена для оценки выраженности повреждений спинного мозга.

Источник: Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Крюкова И.А. Международные стандарты неврологической классификации травмы спинного мозга (шкала ASIA /ISNCSCI, пересмотр 2015 года) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2016. Vol. 4, N 2. P. 67 - 72.

Уровень	Нарушение
A	Полное: Двигательная и чувствительная функции отсутствуют, включая уровень крестцовых сегментов S4-S5.
B	Неполное: чувствительная, но не двигательная функция сохранена ниже пораженного неврологического (спинного мозга) уровня, включая крестцовые сегменты S4-S5.
C	Неполное: Двигательная функция сохранена ниже неврологического уровня и в более чем половине контрольных групп мышц ниже неврологического уровня мышечная сила < 3 баллов.
D	Неполное: Двигательная функция сохранена ниже неврологического уровня и по крайней мере в половине контрольных групп мышц ниже неврологического уровня мышечная сила \geq 3 баллов.
E	Норма: Двигательная и чувствительная функции в норме.

ASIA INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI)

Patient Name: _____ Date/Time of Exam: _____
 Examiner Name: _____ Signature: _____

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

Elbow flexion C5
 Wrist extension C6
 Elbow extension C7
 Finger flexion C8
 Finger abductor (5th digit) T1

Flp flexion L2
 Knee extension L3
 Ankle dorsiflexion L4
 Long toe extension L5
 Ankle plantar flexion S1

Voluntary Anal Contraction (Yes/No) SA-S

ANAL TONES (MAXIMUM) (S0) (S0) (S0)

MOTOR SUBSCORES

UER + IEL = UER TOTAL (S0) (S0) (S0)
 IER + IEL = IER TOTAL (S0) (S0) (S0)

Key Sensory Points

LEFT

MOTOR KEY MUSCLES

Elbow flexion C5
 Wrist extension C6
 Elbow extension C7
 Finger flexion C8
 Finger abductor (5th digit) T1

Flp flexion L2
 Knee extension L3
 Ankle dorsiflexion L4
 Long toe extension L5
 Ankle plantar flexion S1

Voluntary Anal Contraction (Yes/No) SA-S

ANAL TONES (MAXIMUM) (S0) (S0) (S0)

MOTOR SUBSCORES

UER + IEL = UER TOTAL (S0) (S0) (S0)
 IER + IEL = IER TOTAL (S0) (S0) (S0)

SENSORY KEY SENSORY POINTS

Light Touch (S/L) Pin/Prick (P/P)

RIGHT C2, C3, C4, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, L1, L2, L3, L4, L5, S1, S2, S3, S4-S

LEFT C2, C3, C4, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, L1, L2, L3, L4, L5, S1, S2, S3, S4-S

SENSORY SUBSCORES

LRH + LRL = LRH TOTAL (S0) (S0) (S0)
 IRL + LRL = IRL TOTAL (S0) (S0) (S0)

NEUROLOGICAL LEVELS

1. SENSORY 2. MOTOR 3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI)

4. COMPLETE OR INCOMPLETE? **5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS)**

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION **SENSORY** **MOTOR**

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. 807/1/16

Приложение Д



Рисунок 8 - Вертикализация с опорой на поручни в экзоскелете.

Упражнение направлено на тренировку равновесия, профилактику ортостатической гипотензии и подготовку опорно-двигательного аппарата к нагрузкам при ходьбе у пациентов с последствиями травмы спинного мозга.



Рисунок 9 - Ходьба в экзоскелете.

Упражнение направлено на восстановление физиологического паттерна ходьбы, активацию спинальных локомоторных генераторов и тренировку проприоцептивной чувствительности у пациентов с последствиями травмы спинного мозга.