СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ: КЛИНИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Данная подборка включает научные публикации из фондов ЦНМБ, посвящённые применению экзоскелетов в различных областях:

- **медицинской реабилитации** (восстановление двигательных функций после инсульта, травм спинного мозга, рассеянного склероза),
- **реконструктивной хирургии** и **стоматологии**,
- **промышленной эргономике** и **профилактике профессиональных заболеваний;**
- а также фундаментальным исследованиям **по механике и моделированию экзоскелетных конструкций**.

В подборку вошли статьи из рецензируемых журналов, диссертации и авторефераты, методические пособия. Хронологический охват — **с 2017 по 2025 год**. Наиболее актуальные работы выделены в отдельный список.

Наиболее значимые работы

1. **Шупорин Е.С. и др. «Физиолого-гигиеническая оценка безопасности применения промышленного экзоскелета в условиях моделирования трудовой деятельности»** (Медицина труда и промышленная экология, 2025)

Самая свежая работа по промышленным экзоскелетам. Даёт практические критерии безопасности при использовании экзоскелетов на производстве. Полезна для специалистов по охране труда и эргономистов.

2. **Шупорин Е.С. и др. «Оценка эффективности применения промышленного экзоскелета по степени утомления работника»** (Гигиена и санитария, 2025)

Продолжение предыдущего исследования, фокусируется на объективной оценке утомления как критерия эффективности. Позволяет обоснованно выбирать экзоскелеты для конкретных производственных задач.

3. **Саргсян К.А. «Обоснование использования экзоскелета в реконструктивной хирургии нижней челюсти»** (диссертация, 2024)

Уникальное исследование, расширяющее представление о сферах применения экзоскелетов. Единственная в подборке работа, рассматривающая использование экзоскелета в челюстно-лицевой хирургии для фиксации и стабилизации фрагментов нижней челюсти.

4. **Лутохин Г.М. и др. «Применение экзоскелета с функциональной электростимуляцией в восстановлении равновесия у пациентов в остром и раннем восстановительном периодах ишемического инсульта»** (Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК, 2023)

Актуальное клиническое исследование, показывающее эффективность комбинированного подхода (экзоскелет + электростимуляция) в ранней реабилитации постинсультных пациентов. Имеет прямую практическую ценность для врачей-реабилитологов.

Далее представляем подборку литературы по различным областям использования технологии экзоскелетов

Медицинская реабилитация (нейрореабилитация, инсульт, травмы спинного мозга, ДЦП, рассеянный склероз)

Название документа	**Авторы, год**	**Тип**	**Краткое содержание / актуальность**
Применение экзоскелета с функциональной электростимуляцией в восстановлении равновесия у пациентов в остром и раннем восстановительном периодах ишемического инсульта	Лутохин Г.М. и др., 2023	Статья	Применение экзоскелета с функциональной электростимуляцией для восстановления равновесия у пациентов в остром и раннем восстановительном периодах ишемического инсульта. Журнал ВАК. Самый свежий клинический опыт в реабилитации.
Реконструкция ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с	Юдин В.Е. и др., 2022	Учебное пособие	Реконструкция ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с

Название документа	Авторы, год	Тип	Краткое содержание / актуальность
последствиями позвоночно-спинномозговой травмы			последствиями позвоночно-спинномозговой травмы. Практическое руководство для врачей-реабилитологов.
Перспективы и значение аппаратов внешнего управления (экзоскелетов) для эффективной реабилитации пациентов с нарушениями двигательной функции	Романов А.И. и др., 2021	Обзор	Перспективы и значение экзоскелетов для эффективной реабилитации пациентов с нарушениями двигательной функции. Систематизирует данные по разным нозологиям.
Восстановление двигательной функции руки после инсульта с помощью интерфейса "мозг-компьютер", управляющего экзоскелетом кисти: эффект повторных госпитализаций	Кондур А.А. и др., 2020	Статья	Восстановление двигательной функции руки после инсульта с помощью интерфейса «мозг-компьютер», управляющего экзоскелетом кисти. Эффект повторных госпитализаций.
Реорганизация биоэлектрической активности неокортекса после инсульта в результате реабилитации с использованием интерфейса "мозг-компьютер", управляющего экзоскелетом кисти	Котов С.В. и др., 2020	Статья	Реорганизация биоэлектрической активности неокортекса после инсульта в результате реабилитации с BCI-экзоскелетом кисти.
Клинико-нейропсихологические аспекты применения технологии "интерфейс мозг-компьютер с экзоскелетом кисти" у больных с постинсультным парезом	Азиатская Г.А., 2020	Диссертация	Клинико-нейропсихологические аспекты применения BCI-экзоскелета кисти у больных с постинсультным парезом. Фундаментальная работа, но данные 2020 г.

Название документа	**Авторы, год**	**Тип**	**Краткое содержание / актуальность**
Интерфейс мозг-компьютер с экзоскелетом кисти при постинсультном парезе руки (клинико-нейрофизиологическое и нейровизуализационное исследование)	Люкманов Р.Х., 2019	Диссертация	Интерфейс мозг-компьютер с экзоскелетом кисти при постинсультном парезе руки. Работа, дополняющая исследования Азиатской, но более ранняя.
Применение технологии нейроинтерфейс "мозг-компьютер" + экзоскелет в составе комплексной мультимодальной стимуляции при реабилитации пациентов с инсультом	Котов С.В. и др., 2019	Статья	Применение технологии BCI+экзоскелет в составе комплексной мультимодальной стимуляции при реабилитации пациентов с инсультом.
Реконструкция ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга	Ткаченко П.В., 2018	Диссертация	Реконструкция ходьбы с применением экзоскелета в реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга. Акцент на спинальную травму.
Система функциональной электрической стимуляции мышц для интеграции в экзоскелете	Кастальский И.А. и др., 2018	Статья	Система функциональной электрической стимуляции мышц для интеграции в экзоскелете. Техническое решение для улучшения управления.
Методика применения экзоскелета "ExoAtlet" — роботизированного комплекса для тренировок пациентов с травматической болезнью спинного мозга	Бондаренко Е.Г., 2018	Учебное пособие	Методика применения экзоскелета ExoAtlet — роботизированного комплекса для тренировок пациентов с травматической болезнью спинного мозга.

Название документа	Авторы, год	Тип	Краткое содержание / актуальность
Эффективность применения экзоскелета ExoAtlet для восстановления функции ходьбы у больных рассеянным склерозом	Котов С.В. и др., 2017	Статья	Эффективность применения экзоскелета ExoAtlet для восстановления функции ходьбы у больных рассеянным склерозом. Редкое применение при демиелинизирующих заболеваниях.
Динамика восстановления у пациентов с постинсультными двигательными нарушениями при повторных курсах нейрореабилитации с применением экзоскелета кисти, управляемого интерфейсом "мозг-компьютер"	Котов С.В. и др., 2017	Статья	Динамика восстановления при постинсультных двигательных нарушениях при повторных курсах нейрореабилитации с BCI-экзоскелетом кисти.
Использование тренажера с многоканальной биологической обратной связью "ИМК-экзоскелет" в комплексной программе реабилитации больных после инсульта	Иванова Г.Е. и др., 2017	Статья	Использование тренажера с многоканальной БОС «ИМК-экзоскелет» в комплексной программе реабилитации больных после инсульта.
Использование медицинской технологии "Неинвазивный интерфейс мозг — компьютер — экзоскелет кисти"	Фролов А.А. и др., 2017	Методические рекомендации	Использование медицинской технологии «Неинвазивный интерфейс мозг — компьютер — экзоскелет кисти». Базовый методический документ, устарел, но важен как основа.
Мобильная система управления экзоскелетом с	Хоружко М.А. и др., 2017	Статья	Мобильная система управления экзоскелетом с

Название документа	Авторы, год	Тип	Краткое содержание / актуальность
помощью электромиографических сигналов мышц человека			помощью электромиографических сигналов мышц человека. Техническая разработка — уже не отражает современных подходов к управлению.

Экзоскелеты в хирургии и стоматологии

Название документа	Авторы, год	Тип	Краткое содержание / актуальность
Обоснование использования экзоскелета в реконструктивной хирургии нижней челюсти	Саргсян К.А., 2024	Диссертация	Обоснование использования экзоскелета в реконструктивной хирургии нижней челюсти. Самый свежий и единственный глубокий труд по данной теме.
Обоснование разработки и применения экзоскелета при переломах нижней челюсти	Дьяченко Д.Ю., 2021	Диссертация	Обоснование разработки и применения экзоскелета при переломах нижней челюсти. Более ранняя работа тех же авторов из Волгограда.
Клинико-анатомические подходы к разработке экзоскелета эндохирурга	Воробьев А.А. и др., 2020	Статья	Клинико-анатомические подходы к разработке экзоскелета эндохирурга. Идея, но без клинических результатов.

Промышленные экзоскелеты (физиолого-эргономическая оценка)

Название документа	**Авторы, год**	**Тип**	**Краткое содержание / актуальность**
Физиолого-гигиеническая оценка безопасности применения промышленного экзоскелета в условиях моделирования трудовой деятельности	Шупорин Е.С. и др., 2025	Статья	Физиолого-гигиеническая оценка безопасности применения промышленного экзоскелета в условиях моделирования трудовой деятельности. Самая свежая и практически ориентированная работа.
Оценка эффективности применения промышленного экзоскелета по степени утомления работника	Шупорин Е.С. и др., 2025	Статья	Оценка эффективности применения промышленного экзоскелета по степени утомления работника. Продолжение предыдущей, акцент на утомление.
Исследование влияния использования промышленного экзоскелета для поддержки верхних конечностей на состояние мышц рук и плечевого пояса	Шупорин Е.С. и др., 2023	Статья	Исследование влияния использования промышленного экзоскелета для поддержки верхних конечностей на состояние мышц рук и плечевого пояса. Более ранняя работа этого коллектива.
Моторный контроль у добровольцев в экзоскелете и при выполнении задачи с визуальной обратной связью	Бабанов Н.Д., 2022	Автореферат	Моторный контроль у добровольцев в экзоскелете и при выполнении задачи с визуальной обратной связью. Физиологический подход.
Баланс тела человека в «гибридных позах» между стоянием и сидением в пассивном экзоскелете нижних конечностей	Бабанов Н.Д. и др., 2021	Статья	Баланс тела человека в «гибридных позах» между стоянием и сидением в пассивном экзоскелете нижних конечностей.

Название документа	Авторы, год	Тип	Краткое содержание / актуальность
Особенности моторного контроля здоровых добровольцев в пассивном экзоскелете нижних конечностей	Бабанов Н.Д. и др., 2021	Статья	Особенности моторного контроля здоровых добровольцев в пассивном экзоскелете нижних конечностей.
Физиологические методики в изучении «пассивных» промышленных экзоскелетов спины и нижних конечностей	Бабанов Н.Д., Кубряк О.В., 2020	Обзор	Физиологические методики в изучении «пассивных» промышленных экзоскелетов спины и нижних конечностей. Систематизирует методы оценки, но устарел.
Научное обоснование современных методов физиолого-эргономической оценки промышленных экзоскелетов	Герегей А.М., 2020	Диссертация	Научное обоснование современных методов физиолого-эргономической оценки промышленных экзоскелетов. Фундаментальная методологическая работа, но данных 2020 г.
Актуальность использования промышленных экзоскелетов для снижения количества профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата верхней части тела	Орлов И.А. и др., 2019	Обзор	Актуальность использования промышленных экзоскелетов для снижения количества профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата. Устаревший обзор.

Фундаментальные исследования, механика, моделирование

Название документа	Авторы, год	Тип	Краткое содержание / актуальность
Моделирование экзоскелета с регулируемой жесткостью звеньев	Блинов А.О. и др., 2023	Монография	Моделирование экзоскелета с регулируемой жесткостью звеньев. Самая свежая фундаментальная работа, рассматривает новую концепцию переменной жёсткости.
Механика экзоскелета	Блинов А.О. и др., 2021	Монография	Механика экзоскелета. Базовое учебное пособие по механике, но уступает по актуальности моделированию 2023 г.
Методы управления движением искусственной мышцы и экзоскелета верхней части тела на её основе	Чумичев М.А. и др., 2021	Препринт	Методы управления движением искусственной мышцы и экзоскелета верхней части тела на её основе. Техническая разработка, полезна для инженеров.
Моделирование движения экзоскелета конечностей с учетом физиологических особенностей пациента	Яцун С.Ф. и др., 2017	Монография	Моделирование движения экзоскелета конечностей с учетом физиологических особенностей пациента. Устаревшая, но может дать базовые представления.

Список литературы на сайте ЦНМБ доступен по QR-коду