

Зайцев Максим Сергеевич

студент

Суменкова Екатерина Валерьевна

студент

Научный руководитель

Евграфов Владимир Викторович

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет

им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»

г. Владимир, Владимирская область

АППАРАТ МЕХАНОТЕРАПИИ ЛУЧЕЗАПЯСТНОГО СУСТАВА

***Аннотация:** статья посвящена разработке устройства для реабилитации пациентов с переломами дистального отдела лучевой кости, составляющими до 40% всех переломов скелета. Традиционные методы (ЛФК, пассивная механотерапия) недостаточно эффективны из-за отсутствия объективного контроля и низкой мотивации, а восстановление движений занимает 6–12 месяцев. Предлагаемый электромеханический тренажёр на базе Arduino с энкодером AS5600 (точность $\pm 1-2^\circ$) и датчиком тока ACS712 реализует пассивный и активный режимы с биологической обратной связью. Устройство включает протоколы «Разогрев», «Удлинение» и «Тренировка», оснащено аварийной остановкой и спазм-контролем. Доступность компонентов на российском рынке делает его перспективным для домашнего и малых реабилитационных центров.*

***Ключевые слова:** Лучезапястный сустав, роботизированная механотерапия, платформа Arduino, биологическая обратная связь, модуль Bluetooth HC-05, двигатель JGY370, реабилитационные методики, непрерывная пассивная мобилизация, энкодер AS5600.*

Реабилитация пациентов с нарушениями функции верхних конечностей представляет собой значимую медико-социальную задачу. Переломы дистального отдела лучевой кости составляют от 15% до 40% всех переломов скелета [1].

Традиционные методы реабилитации, включая лечебную физкультуру и пассивную механотерапию, демонстрируют ограниченную эффективность из-за отсутствия объективного контроля прогресса и низкой мотивации пациентов. У 23% пациентов наблюдается мальюния (неправильное сращение), а восстановление полного объема движений в лучезапястном суставе занимает 6 – 12 месяцев [2].

Разрабатываемое устройство в общем виде представлено на рис.1.

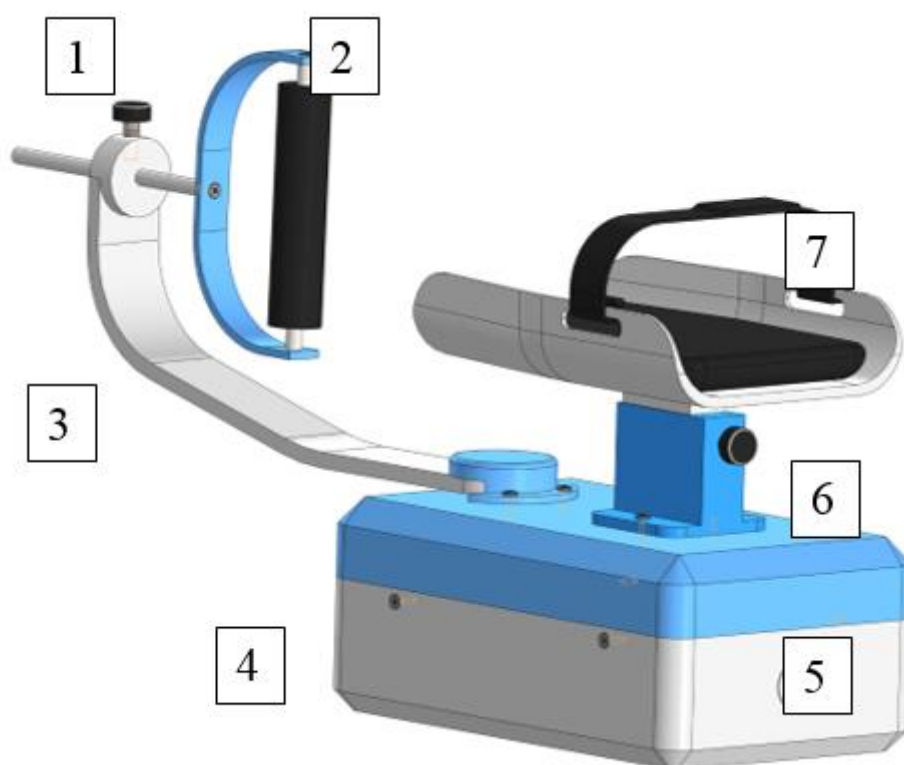


Рис.1. Вид с задней стороны

Где:

1. Затяжной винт с прямой головкой (затягивает при определенной длине ручки для кисти); 2. Ручка – цилиндрическая рукоятка с мягкой накладкой; 3. Поворотный рычаг (вращается вокруг оси); 4. Корпус (основание нижнее); 5. Кнопка экстренного торможения (остановка процедуры); 6. Корпус (основание верхнее); 7. Лоток для предплечья.

Внутренняя составляющая представлена на рис.2.

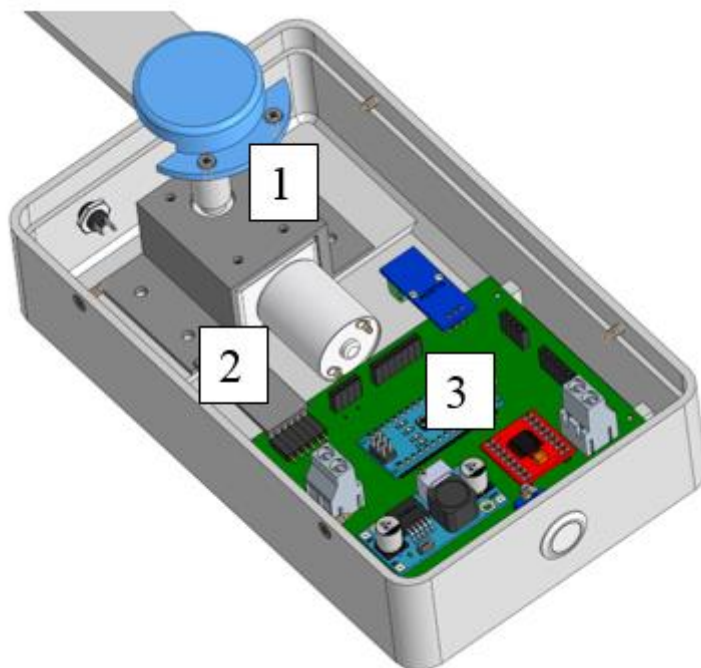


Рис.2. Внутренняя составляющая

Где:

1. Крепление для мотора JGY370; 2. Мотор JGY370; 3. Печатная плата.

Управление реализовано на микроконтроллере Arduino. Команды поступают от мобильного приложения врача или пациента. Драйвер TB6612FNG управляет двигателем, обеспечивая плавность хода. Энкодер AS5600 фиксирует диапазон движений с точностью $\pm 1-2^\circ$, что соответствует анатомическим требованиям (сгибание/разгибание $-50^\circ \dots +90^\circ$, отведение/приведение $-30^\circ \dots +60^\circ$).

Реализованы два основных режима работы: пассивный для раннего этапа реабилитации и активный с биологической обратной связью (БОС) для восстановительного этапа. Мотор сам двигает руку пациента. Применяется в первые недели после снятия гипса. Нагрузка на сустав минимальная. Активная механотерапия предполагает участие пациента в выполнении движений, часто с использованием БОС, что способствует нейромышечной адаптации и восстановлению моторного контроля.

Для контроля нагрузки используется датчик тока ACS712. Если ток превышает норму, то мотор мгновенно останавливается. Это работает как функция «спазм-контроль» у FLEX-F05. Защищает пациента, если мышца непроизвольно сократилась или возникло механическое препятствие.

Так же присутствует аварийная кнопка. Пациент может остановить устройство в любой момент.

Разработаны специализированные реабилитационные методики, включающие протоколы «Разогрев», «Удлинение» и «Тренировка». Протокол «Разогрев» – плавное начало занятия с постепенным увеличением амплитуды за 15 циклов. Применяется в начале каждого сеанса для подготовки сустава. Протокол «Удлинение» – удержание в крайнем положении для борьбы с контрактурами. Мягкое растягивание с паузами. Протокол «Тренировка» – комбинированная программа с увеличением нагрузки.

Все компоненты доступны на российском рынке. Устройство доступно для домашнего использования и малых реабилитационных центров.

Список литературы

1. Epidemiology and Treatment of Distal Radius Fractures in Finland-A Nationwide Register Study / L. Raudasoja, S. Aspinen, H. Vastamäki [и др.] // Journal of Clinical Medicine. – 2022. – Т. 11. – № 10. – С. 2851. – DOI: 10.3390/jcm11102851. – EDN PKOQTY
2. Effect of Upper Robot-Assisted Training on Upper Limb Motor, Daily Life Activities, and Muscular Tone in Patients With Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis / T. Su, H. Wang, X. Li [и др.] // Brain and Behavior. – 2024. – Т. 14. – № 11. – С. e70117. – DOI: 10.1002/brb3.70117. – EDN IFOIPG