

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ МОТОРНОЙ ФУНКЦИИ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

В.С. Стерехова, А.А. Протопопов
Томский политехнический университет
vss45@tpu.ru

Введение:

Способность человека перемещаться необходима для выполнения основных видов повседневной жизни. Расстройство произвольных движений той или иной части тела может быть последствием целого ряда заболеваний, начиная с механических травм, заканчивая инсультом. Нарушение функциональности нервной системы, а именно ее двигательной функции серьезная проблема на данный момент. Дисфункция двигательного аппарата верхних конечностей распространена как общий клинический случай. По статистике, 5 процентов всех переломов приходятся на пальцы [1]. А болезнь нервной системы поражает в среднем 28 тыс. человек в России ежегодно [2]. Согласно исследованиям, 20% пациентов [3], проходящих реабилитацию, ощущают полноценное восстановление функциональности руки. А 60-70% замечают улучшения двигательной активности [4]. Применяются различные принципы реабилитации, направленные на конкретные задачи, включающие в себя как вмешательство на клеточном уровне, так и механическое воздействие извне. На данный момент доказано, что значительное влияние на восстановление оказывает именно стимуляция нейропластических процессов ЦНС. Характерным вмешательством такой стимуляции является вынужденная активизация двигательного аппарата нефункционального органа.

Большинство исследований, проводившихся на пациентах с дисфункцией верхних конечностей, были направлены на разработку крупной моторики, то есть подвижность плечевого, локтевого лучелоктевого и лучезапястного суставов. Таким образом, актуальным является направление исследований, касающееся тренировки моторной функции кисти.

Анализ решений:

Для реабилитации моторной функции верхних конечностей используются тренажеры активной и пассивной реабилитации. Для активной реабилитации используются механические тренажеры, эспандер. Такие тренажеры подходят для пациентов, у которых здоровая нервная система и нет переломов пальцев. Эспандер развивает мышцы кисти и предплечья, а также укрепляет суставы. Для пациентов с проблемами нервной системы или переломами пальцев необходима пассивная реабилитация. К таковой относится лечебный массаж или аппаратная реабилитация.

Для комплексной аппаратной реабилитации руки в настоящее время применяется широкий спектр устройств. Данные аппараты можно

условно разделить на две основные категории: роботизированные и механотерапевтические. Роботизированными являются устройства, снабженные двигателями для обеспечения необходимого движения или помощи, обладающие антропоморфностью (схожестью с живым организмом или его частью), а также интерактивностью, т. е. способностью изменять стереотип своей работы в зависимости от условий окружающей среды, основываясь на показателях встроенных датчиков. Механотерапевтическими являются тренажеры, обладающие двигателями для обеспечения запрограммированного движения, также они могут быть снабжены датчиками и использовать принцип биологической обратной связи [5].

Проект основан на разработке механотерапевтического тренажера. Такие тренажеры уже есть в продаже, в отличие от роботизированных, которые изготавливаются в рамках научного исследования. Самые популярные производят зарубежные компании (Amadeo, Gloreha, Artromot). К числу недостатков можно отметить высокую стоимость и большую габаритность зарубежных аналогов или низкую функциональность при достаточно завышенной стоимости.

Требования к разработке:

Для того чтобы повысить эффективность реабилитации, необходимо увеличить интенсивность тренировок. Для этого устройство должно быть максимально доступным, мобильным и функциональным.

Для достижения мобильности максимальный вес устройства не должен превышать 2 килограмма. Это необходимо для комфортного размещения тренажера на руке. Работа устройства должна осуществляться как в автономном режиме, так и от сети. Для повышения функциональности тренажер должен обеспечивать не менее 5 степеней подвижности для каждого пальца. Так же оно должно быть безопасным, и иметь кнопку экстренного выключения.

Основная концепция:

Концепция тренажера заключается в модульной конструкции:

- Модуль перчатка
- Модуль питания
- Модуль управления

Модуль перчатка:

У каждого пациента уникальная рука, и это нужно учитывать. Поэтому модуль перчатка - это персонализированный модуль. Он состоит из отдельных элементов для пясти (Рис 1.) и каждой фаланги пальца (рис. 2). Все элементы перчатки будут

изготовлены под индивидуальные размеры руки пациента. Модуль надевается на руку пациента. Для того, чтобы упростить процесс производства и реализовать максимально легкую конструкцию элементы модуля будут изготавливаться из пластика с помощью технологии 3D печати.

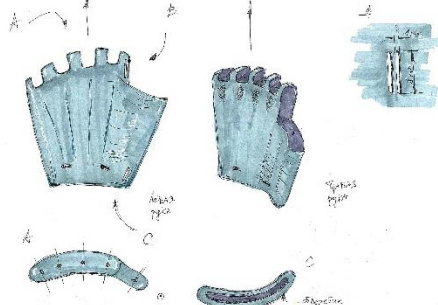


Рис. 1. Элемент для пальца модуля

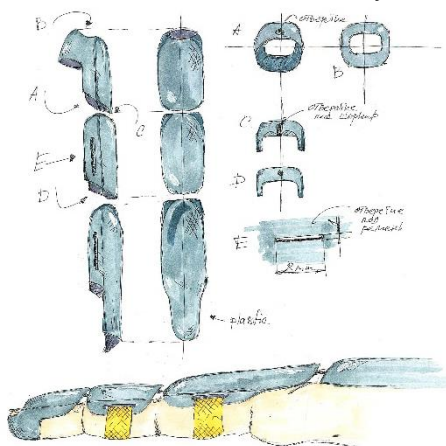


Рис. 2. Элементы для пальцев модуля

Модуль управления:

Этот модуль крепится к модулю перчатке и осуществляет ее работу с помощью движителей. Это универсальный модуль, который подойдет к любой перчатке. Он будет иметь интуитивный интерфейс управления режимами работы и кнопку экстренного выключения.

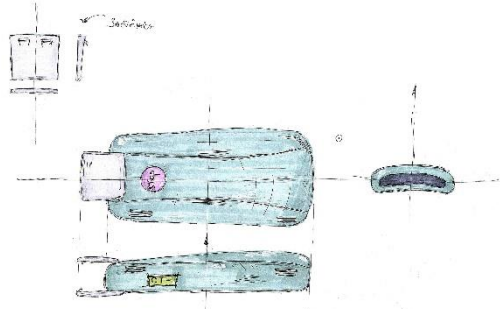


Рис. 3. Модуль управления

В качестве движителей было решено использовать эластичный привод - искусственную нейлоновую мышцу. Из имеющихся исследований по реабилитации конечностей, только две разработки работают на электрических моторах в конфигурации

с эластичным элементом [6]. А развивающиеся технологии позволяют интегрировать новые типы эластичных приводов в тренажеры. Искусственные нейлоновые мышцы - это сравнительно новая технология. Мышцы уже применялись в качестве движителей в протезе и успешно себя показали [7].

Модуль питания:

Он вынесен в отдельный модуль, чтобы обеспечить большую мобильность. Кроме крепежа на перчатке, его можно будет закрепить на плече с помощью манжеты. Это позволит распределить вес тренажера по всей руке, что уменьшит нагрузку на слабые запястья.

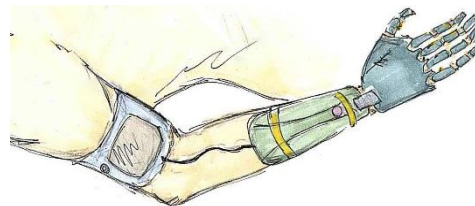


Рис. 4. Установка тренажера на руке пациента

Заключение:

В результате, была разработана концепция тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей на основе принципа разделения конструкции на модули. Такая конструкция дает преимущества в персонализации, весе и как вытекающее мобильности.

Список использованных источников

1. Mishenin L., Fracture of the finger. Causes, symptoms, types, first aid and rehabilitation, <https://www.polismed.com/articles-perelom-palca-ruki-prichiny-simptomy-vidy-reabilitacija.html>, дата обращения 12.03.18г.
2. Andreeva T.M., Traumatism in the Russian Federation on the basis of statistics data, <http://vestnik.mednet.ru/content/view/234/30/lang.ru/>
3. Beebe J.A., Lang C.L. Active Range of Motion predicts Upper Extremity Function Three months post-stroke // Stroke. 2009. May. P. 1772-1779.
4. Pohl PS, McDowd JM, Filion D, Richards LG, Stiers W. Implicit learning of a motor skill after mild and moderate stroke. Clin Rehabil. 2006;20:246-253. [5]
5. Роботизированные и механотерапевтические технологии для восстановления функции верхних конечностей: перспективы развития (обзор) / Н. А. Супонева, А. С. Клочков, А. Е. Хижникова и др. // Современные технологии в медицине. — 2016. — Т. 8, № 4. — С. 206-215.
6. Paweł Maciejasz, Jörg Eschweiler, Kurt Gerlach-Hahn, Arne Jansen-Troy, Steffen Leonhardt, «NeuroEngineering and Rehabilitation» 2014, 11:3 <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/3> RE-VIEW, дата обращения 20.05.18г.
7. Lianjun Wu, «Compact and low-cost humanoid hand powered by nylon artificial muscles», Bioinspiration & Biomimetics/2017 Bioinspir. Biomim. 12 026004.