

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО МЕХАНИЗМА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛАХ ЭКЗОСКЕЛЕТА

Соколовский В.А., Покрепо А.Ю.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Шаталова В.В. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Продемонстрирована целесообразность использования передаточного механизма для решения проблемы разности длины кевларовых шнуров при нагрузки двуглавой мышцы и трицепса. Выбраны оптимальные размеры шнуров как внутри корпуса экзоскелета, так и снаружи, которые будут соответствовать усреднённым габаритным характеристикам человека.

Ключевые слова: экзоскелет, медицинская техника, передаточный механизм

Введение. В последнее время повышенное внимание в биоинженерной отрасли уделяется разработкам в сфере построения экзоскелетов. Несмотря на то, что подходы к их проектированию находятся в начале своего развития и перед исследователями стоит множество задач по обеспечению наиболее эффективного и удобного объединения человеческих возможностей и преимуществ внешнего механического каркаса, уже сейчас очевидно, что в будущем экзоскелеты станут важной частью жизни человека. На сегодняшний день действующие образцы производятся в Израиле – экзоскелет ReWalk, Новой Зеландии – экзоскелет REX, Японии – экзоскелет HAL и России – экзоскелет ЭкзоАтлет [1–4]. Их предлагают использовать для реабилитации пациентов с проблемами опорно-двигательной системы. Исследования в данной области показали, что при использовании экзоскелета нижних конечностей восстановление мышечных функций ног проходит быстрее [5].

Существующие прототипы направлены на широкий класс задач – как на реабилитацию пациентов, утративших возможность перемещения, так и на послеоперационное восстановление. Кроме того, при проектировании закладывается возможность их промышленного применения для увеличения физических способностей здорового человека. Такой подход приводит к ряду негативных последствий [6]. В частности, масса и размеры экзоскелета завышены для послеоперационного восстановления, а функциональность недостаточна для повседневного ношения. При этом стоимость существующих устройств высока для применения в муниципальных стационарах [5].

В данной статье автором принято решение о реализации модульного принципа построения медицинских экзоскелетов. Разрабатываемый экзоскелет будет отличаться полной подстройкой под анатомические особенности большинства людей без особых сложностей и затрат со стороны пользователя. Все регулировки происходят в автоматическом режиме и без использования электроники. Таких результатов получилось добиться за счёт особенностей строения каркаса (функциональной рамы): каркас во всех активных местах, за исключением мест сгибов суставов, будет состоять из составных частей, не соединённых между собой, это позволит контролировать растяжения без задействования электроники, а только лишь механическим путём. Данный способ строения активных элементов необходимо подвергнуть ряду тестов, чтобы выявить проблемы на стадии опытного образца.

Проблема, которая будет рассмотрена в данной статье связана с разностью длины кевларовых шнуров, которая необходима для нагрузки двуглавой мышцы и мышц трицепса. Для нагрузки будет применяться один и тот же шнур, однако расстояние, на которое перемещается рука при нагрузке бицепса значительно отличается от расстояния, на которое должна переместиться рука во время нагрузки мышц трицепса.

Основная часть. Предполагаемые особенности и возрастные ограничения пользователей:

- возраст от 15-ти 70-ти лет;
- пол: мужской, женский;
- телосложение: худое, тучное, атлетическое.

На рисунке 1 представлена усреднённая схема пропорций человека [7]:

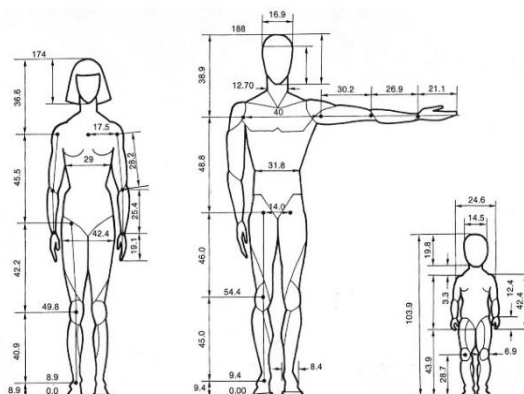


Рисунок 1 – Схема основных пропорций человека

В данном эксперименте размер и длина плечевой кости будут показательными. Исходя из характеристик, приведённых выше, необходимая минимальная длина (для подростка) должна составлять 25 см, максимальная длина рассчитана исходя из длины плечевой кости мужчины, ростом 2м 10см и должна составлять 35см. Из этого следует, что составные части каркаса из углеволокна должны иметь схождение в районе 10-ти сантиметров. Трение между активными элементами сведётся до минимума за счёт использования подшипников.

Схематичное строение части экзоскелета, отвечающей за руку (рисунок 2).

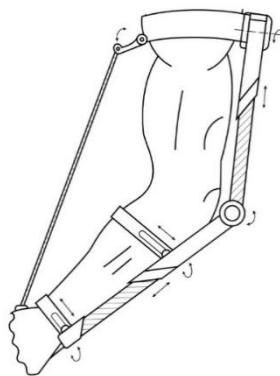


Рисунок 2 – Схема строения экзоскелета в районе руки

Каркас сделан из углепластика для уменьшения веса с сохранением прочности. Элементы конструкции, расположенные у плеча и предплечья, представляют собой две трубки разного диаметра, внутри которых растянут кевларовый шнур. Диаметры трубок подогнаны таким образом, чтобы создавать минимальный зазор, а для уменьшения трения по внешнему краю внутренней трубки предполагается встроить миниатюрные колёса. Для предотвращения «вылетов» одной трубки из другой, внутри каждой из них по внутреннему и внешнему диаметру соответственно имеются выступы, которые нивелируют размер зазора. Ремни, находящиеся на предплечье, выполняют также функцию, идентичную с функцией рельс: на них находятся направляющие пазы, на которых крепятся жёсткие части каркаса, это позволяет проворачивать предплечье без какого-либо дискомфорта.

Как видно на рисунке 2, кевларовый шнур выходит из каркаса только в районе кисти, и тянется к плечевому суставу. Длины шнура, натянутого внутри каркаса, не хватит для того, чтобы достать до плечевого сустава, поэтому было принято решение использовать два шнура разной длины, которые будут соединены передаточным механизмом в виде шестерёнок (рисунок 3).

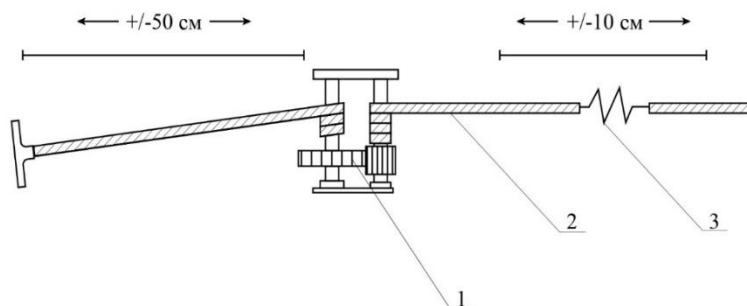


Рисунок 3 – Схематичное изображение передаточного механизма без корпуса

На рисунке 3 представлена схема соединения двух кевларовых шнуров через передаточный механизм, где номер 1 – это сам механизм без корпуса, номер 2 – кевларовый шнур, номер 3 – пружина, которая создаёт основную пассивную нагрузку.

Заключение. В данной статье освещены общие недостатки существующих активных медицинских экзоскелетов. Рассмотрены вопросы строения основного каркаса в области руки. Продемонстрирована целесообразность использования передаточного механизма для решения проблемы разности длины кевларовых шнуров при нагрузке двуглавой мышцы и трицепса. Данная проблема решается с помощью передаточного механизма, который будет компенсировать разность длины двух кевларовых шнуров.

Список литературы

1. What's HAL? [Электронный ресурс]: HAL's motion principle. – URL: <http://www.cyberdyne.jp/english/products/HAL/> – Дата доступа: 23.03.2021.
2. REX is a hands-free robotics mobility device for rehabilitation: REX, info, testimonial. – URL: <http://www.rexbionics.com/rex-for-clinic-use/> – Дата доступа: 23.03.2021.
3. ReWalk – More than Walking. – URL: <http://www.rewalk.com/> – Дата доступа: 23.03.2021.
4. ЭкзоАтлет. Медицинский экзоскелет для реабилитации. – URL: <http://www.exoatlet.ru/> – Дата доступа: 23.03.2021.
5. Активный модуль медицинского экзоскелета с синхронным электроприводом и системой векторного управления / М. Н. Николенко, Д. А. Котин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 4 (24). – С. 155–167.
6. Nikolenko, M. N. Reasonability of modular motion maintaining device / M. N. Nikolenko, P. O. Beketov; research advisers: D. A. Kotin, E. V. Prohorenko // *Aspire to Science* : тез. городской науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, (Новосибирск, 7 апреля 2016 г.). – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. – С. 29–30.
7. Пропорции человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.liveinternet.ru/users/5119274/rubric/4024314/htt/friends/htt/artps/comments/profile/friends/htt/artps/page12.html>. – Дата доступа: 23.03.2021.

UDC 62-97/-98:611.73

APPLICATION OF THE TRANSMISSION MECHANISM IN THE FUNCTIONAL UNITS OF THE EXOSKELETON

Sokolovskiy V.A., Pokrepa A.U.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shatalova V.V. – PhD, associate professor

Annotation. The expediency of using the transmission mechanism for solving the problem of the difference in the length of Kevlar cords under the load of the biceps muscle and triceps has been demonstrated. The optimal sizes of the cords were chosen both inside the body of the exoskeleton and outside, which will correspond to the average overall characteristics of a person.

Keywords. exoskeleton, medical technology, transmission mechanism