

Piotr PROCHOR, Piotr BORKOWSKI, Katedra Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej,
Politechnika Białostocka, Białystok

PROJEKT URZĄDZENIA REHABILITACYJNEGO DŁONI Z WYKORZYSTANIEM MIĘŚNIA MC'KIBBENA

Streszczenie: Artykuł przedstawia koncepcję urządzenia rehabilitacyjnego wykorzystywanego do rehabilitacji dłoni objętej spastycznością. Głównym elementem projektu jest sztuczny mięsień Mc'Kibbena, który odpowiada za zgięcie grzbietowe nadgarstka i palców. Całość przymocowana jest do elastycznej rękawiczki pozwalającej dopasować urządzenie do większości pacjentów. Ze względu na zastosowane elementy urządzenie pozwala na bierną rehabilitację pacjenta w warunkach domowych.

Słowa kluczowe: rehabilitacja, dłoni, spastyczność, mięsień Mc'Kibbena

1. WSTĘP

Dysfunkcje kończyny górnej (np. spastyczność dłoni) to częste dolegliwości będące konsekwencją wylewów, udarów, czy też wypadków komunikacyjnych. Do rehabilitacji pacjenta stosowane są różnego rodzaju urządzenia, których konstrukcja pozwala na czynne oraz bierne ćwiczenie mięśni. Jednym z rodzajów stosowanych napędów są pneumatyczne mięśnie Mc'Kibbena. Charakteryzują się prostą budową oraz możliwością osiągnięcia dużych mocy w stosunku do małej masy. Opisany projekt studencki ma na celu wykorzystanie sztucznego mięśnia w rehabilitacji dłoni.

2. PROJEKT URZĄDZENIA REHABILITACYJNEGO DŁONI Z WYKORZYSTANIEM MIĘŚNIA MC'KIBBENA

2.1. Spastyczność jako problem kliniczny

Spastyczność jest to forma wzmożonego napięcia mięśniowego, którą w obrębie dłoni charakteryzuje przedstawiony na rys. 1 objaw tzw. „syczorykowy” polegający na narastaniu oporu do pewnego punktu [1], po którym napięcie mięśniowe maleje. Jest ona skutkiem wielu chorób ośrodkowego układu nerwowego (OUN), do których zaliczamy: stwardnienie rozsiane, udar mózgu, mózgowie porażenie dziecięce, urazy mózgu i rdzenia kręgowego.

Nieleczona spastyczność może prowadzić do powstania szeregu powikłań jak utrwalone wzorce ułożenia dłoni, powstanie zwyrodnień kostnych czy również zaników mięśniowych. Wszystko to powoduje trudności zarówno w przeprowadzaniu rehabilitacji jak i przede wszystkim w życiu codziennym pacjenta.

Obecnie stosuje się głównie leczenie farmakologiczne z wykorzystaniem leków takich jak Diazepam, Tetraxepam, Baklofen [1], które mogą powodować niepożądane objawy typu: senność, zmęczenie, znużenie, ospałość itd. Poza farmakoterapią stosowane są również

zabiegi chirurgiczne (przy których również istnieje możliwość wystąpienia powikłań), a także czynności rehabilitacyjne.



Rys.1. Przekręcony nadgarstek jako przykład spastyczności dłoni występującej po udarze [2]

2.2 Mięsień Mc’Kibbena jako podstawowy element projektowanego urządzenia

Mięsień Mc’Kibbena zilustrowany przez rys. 2, to siłownik jednostronnego działania, który składa się z gumowej rurki, elementów usztywniających (z czego jeden zawiera otwór) oraz splotu (najczęściej rombowego). Splot ten częściowo ogranicza skracanie się sztucznego mięśnia po dopływie powietrza oraz redukuje prędkość jego skracania [4].



Rys.2. Przykładowy mięsień Mc’Kibbena [3]

Parametry osiągnięte przez mięsień Mc’Kibbena według www.robots.pl:

- stosunek mocy do masy: 1kW/kg,
- siła generowana z przekroju poprzecznego 300N/cm² (siła właściwa mięśni człowieka czyli wartość siły mięśnia przypadająca na jednostkę powierzchni wynosi średnio 30N/cm² [5]).

2.3. Cel stosowania projektowanego urządzenia

Stosowanie przedstawionego urządzenia ma na celu osiągnięciu poprawy funkcji ruchowych dłoni objętych omawianym zaburzeniem. Urządzenie te umożliwia prawidłowe przeprowadzenie biernej rehabilitacji w warunkach domowych, dzięki czemu pacjent mógłby uzyskać:

- poprawę chodu,
- poprawę ułożenia kończyn podczas wypoczynku,
- zwiększenie mobilności na wózku inwalidzkim lub przy użytkowaniu chodzika.

2.4. Założenia konstrukcyjne

W podstawowych założeniach konstrukcyjnych projektowanego sprzętu można wyodrębnić następujące cechy:

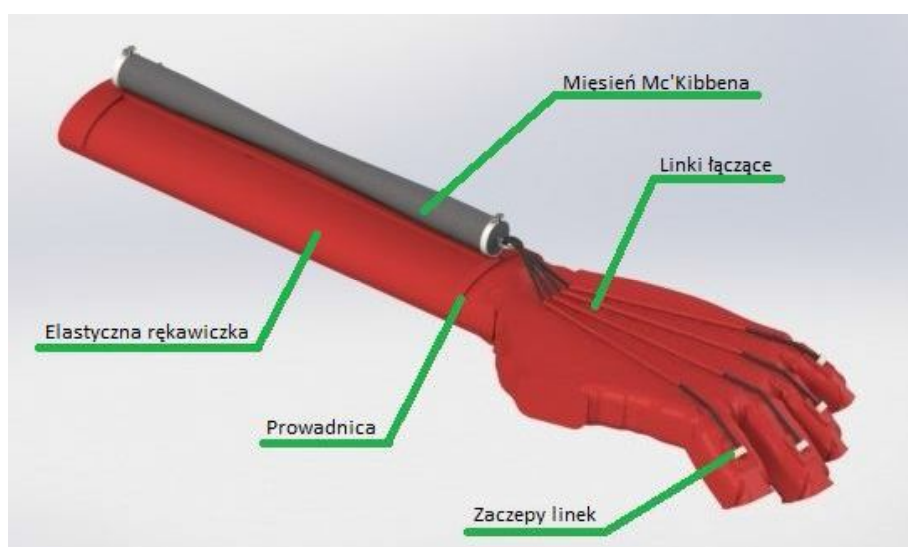
- niewielki ciężar całkowity

- uniwersalność z jednoczesną możliwością dostosowania do indywidualnych parametrów antropometrycznych pacjenta,
- niska prędkość ciągu linek,
- regulowany czas działania mięśnia Mc'Kibbena za pomocą elektromagnesu występującego w zaworze kontrolującym przepływ powietrza,
- urządzenie przystosowane do biernej rehabilitacji pacjenta w warunkach domowych.

2.5. Struktura wykonanego projektu

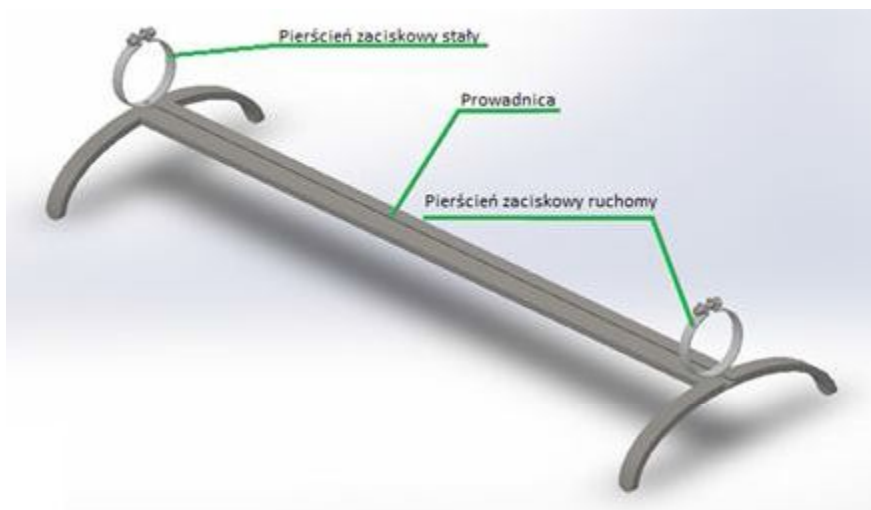
Schemat projektowanego urządzenia przedstawiony na rys. 3 ukazuje wszystkie elementy połączone z rękawicą wykonaną z elastycznego materiału. Cecha ta pozwala na dopasowanie do indywidualnych, antropometrycznych wymiarów pacjenta, jednocześnie czyniąc urządzenie uniwersalnym. Sztuczny mięsień podłączony jest elastyczną rurką do zaworu kierującego przepływem powietrza. Źródłem powietrza jest pojemnik ze sprężonym powietrzem, które napływając do mięśnia Mc'Kibbena powoduje jego ruch. Zwiększenie ciśnienia wewnątrz sztucznego mięśnia skutkuje stopniowym zwiększaniem jego średnicy, z jednoczesnym zmniejszeniem jego długości. Powoduje to pociągnięcie nierozciągliwych linek w stronę skracania się mięśnia Mc'Kibbena czyli wzdłuż wcięcia w prowadnicy. Linki przymocowane są do zaczepów znajdujących się na bliższych paliczkach czterech palców dłoni (oprócz kciuka). Dzięki temu połączeniu po napływie powietrza do mięśnia Mc'Kibbena uzyskuje się zgięcie grzbietowe palców dłoni wraz z nadgarstkiem, po którym ruch powrotny realizowany jest na skutek istniejącego stanu chorobowego.

Projektowane urządzenie posiada czujnik mierzący opór stawiany przez dłoń. Gdy mierzony opór jest zbyt wysoki, czujnik powoduje wyłączenie urządzenia poprzez zamknięcie dopływu powietrza w zaworze kierującym jego przepływem. Stanowi to zabezpieczenie przed spowodowaniem jakichkolwiek uszkodzeń wynikających z użytkowania urządzenia.



Rys.3. Urządzenie rehabilitacyjne dłoni wykorzystujące mięsień Mc'Kibbena (wizualizacja wykonana w programie SolidWorks2012)

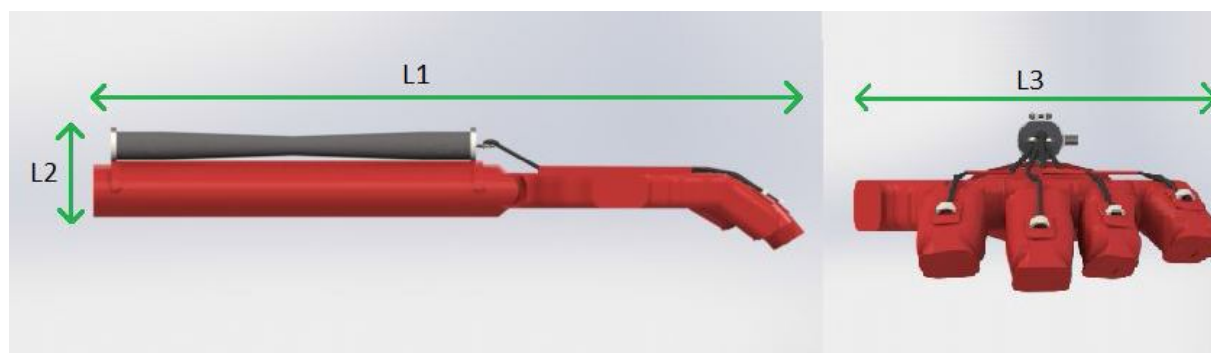
Projekt urządzenia zakłada wykorzystanie prowadnicy wraz z pierścieniami zaciskowymi, których połączenie przedstawia rys.4. Jeden z dwóch pierścieni jest unieruchomiony na stałe, natomiast drugi ma możliwość ruchu wzdłuż wcięcia w prowadnicy, co pozwala na skracanie się mięśnia Mc'Kibbena w odpowiednich kierunkach. Zaciśnięcie pierścieni uzyskuje się poprzez śruby z nakrętkami.



Rys.4. Prowadnica wraz z pierścieniami zaciskowymi (wizualizacja wykonana w programie SolidWorks2012)

Podczas projektowania urządzenia kierowano się średnimi wymiarami ręki (przedstawionymi na rys. 6), ujętymi w atlasie miar człowieka [6]. Przykładowe wymiary gabarytowe (zmiennie w zależności od parametrów antropometrycznych pacjenta, opracowane na podstawie danych wynikających z modeli centyloowych człowieka) ilustruje rys. 5:

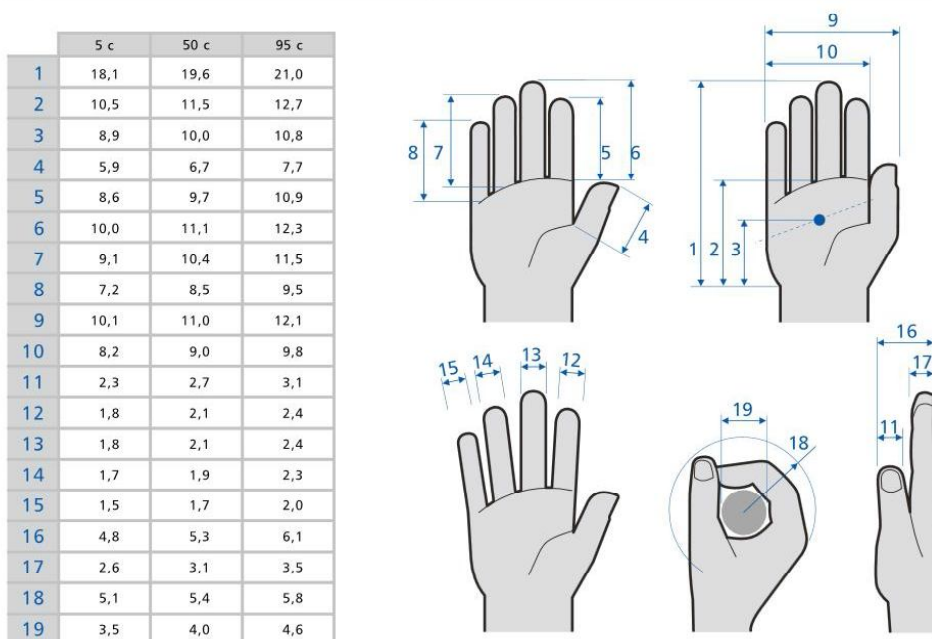
- długość 400mm (L1),
- wysokość 35mm (L2),
- szerokość 75mm (L3).



Rys.5. Podstawowe wymiary gabarytowe projektowanego urządzenia (wizualizacja wykonana w programie SolidWorks2012)

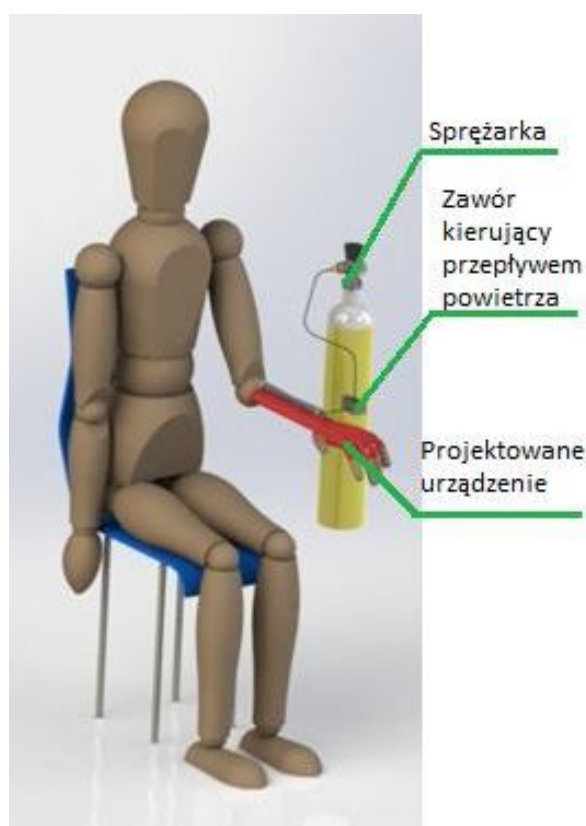
Wymiary ręki: długości, szerokości, grubości, obwody, promienie

8



Rys.6. Wymiary ręki [6]

Sposób wykonania urządzenia umożliwia wykorzystanie go zarówno w pozycji leżącej, jak i siedzącej. Potencjalny wygląd urządzenia wraz z osprzętem oraz sposób jego użytkowania przedstawiony jest na rys. 7.



Rys.7. Projektowane urządzenie w trakcie użytkowania (wizualizacja wykonana w programie SolidWorks2012)

3. WNIOSKI

Dysfunkcje w obrębie dłoni stanowią dużą niedogodność utrudniając, bądź też uniemożliwiając wykonywanie codziennych czynności. Rehabilitacja tego typu schorzeń jest zazwyczaj długotrwała dlatego też popularne jest stosowanie różnego rodzaju urządzeń rehabilitacyjnych. Zaprojektowane urządzenie pozwala na bierną rehabilitację dłoni, a dzięki swej prostocie i uniwersalności może być po krótkim szkoleniu obsługiwane przez pacjenta w warunkach domowych. Jediną wadą ograniczającą możliwości urządzenia jest brak mobilności wynikający z konieczności podłączenia urządzenia do sprężarki. Możliwe jest podłączenie do zamkniętego obiegu powietrza (pojemnika ze sprężonym powietrzem), jednak wówczas wydajność urządzenia jest znacznie niższa niż w przypadku korzystania z butli ze sprężonym powietrzem, a jego użytkowanie generuje większe koszty ze względu na uzupełnianie pojemników. Szacowane koszty wykonania prototypu prezentowanego urządzenia wynosi ok. 500zł.

LITERATURA

- [1] Kmieć T.: Leczenie spastyczności i innych objawów neurologicznych. W Opieka paliatywna nad dziećmi, pod red. T. Dangla. Wyd. IX, Warszawskie Hospicjum dla Dzieci – IMiDz, Warszawa, 2003.
- [2] <http://www.udarowcy.com.pl> [dostęp 15.09.2013].
- [3] <http://www.robots.pl> [dostęp 15.09.2013].
- [4] Ching-Ping C., Hannaford B.: Measurement and Modeling of Mc'Kibben Pneumatic Artificial Muscles, Department of Electrical Engineering, University of Washington, Seattle, Washington 1995.
- [5] Bober T., Zawadzki J.: Biomechanika układu ruchu człowieka. Wydanie II, poprawione, Katedra Biomechaniki Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Wrocław 2003.
- [6] Gedliczka A.: Atlas miar człowieka. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2001.

DESIGN OF HAND REHABILITATION DEVICE USING MC'KIBBEN MUSCLE

Abstract: The present article discusses an idea of a rehabilitation device used to rehab a spastic palm. A major element of the project is artificial Mc'Kibben's muscle which is responsible for the dorsiflexion of wrist and fingers. The entirety is attached to an elastic glove that allows to adjust the device to the majority of possible patients. Due to the elements used the device makes a passive rehabilitation in any house conditions possible.