

Prof. zw. dr hab. n. med. Andrzej Kwolek
Ul. Kard. Wyszyńskiego 15
37-100 Łańcut

Łańcut, 24 marca 2020 r.

Recenzja pracy doktorskiej mgr Marty Żyłki

Temat pracy: *Synchronizacja ruchu dwóch siłowników pneumatycznych w urządzeniach rehabilitacyjnych*

W ostatnich trzydziestu latach znajomość i korzyści wynikające z rehabilitacji są coraz lepiej postrzegane przez społeczeństwo, a z drugiej strony aktualne trendy demograficzne (starzenie się społeczeństwa), coraz większa liczba wypadków i paradoksalnie, rozwój medycyny, ratującej życie osób, które jeszcze niedawno nie miały szans na przeżycie (osoby po wypadkach, z obciążeniem genetycznym, urazami ośrodkowego układu nerwowego i udarami mózgu, a także ciężkimi wadami rozwojowymi) powodują, że zapotrzebowanie na rehabilitację stale rośnie. Osoby uratowane przed śmiercią często wymagają nowoczesnej, wysokospecjalistycznej rehabilitacji, w której oprócz dobrze przygotowanych specjalistów pracujących w zespołach rehabilitacyjnych, niezbędny jest odpowiedni, nowoczesny sprzęt, aparatura i urządzenia rehabilitacyjne. Obserwuje się więc stale zwiększającą się podaż nowoczesnego sprzętu i aparatury oraz systematyczne jej doskonalenie. Jest to korzystny trend, gdyż tylko w połączeniu wysiłków placówek (zespołów) rehabilitacyjnych, przy zwiększaniu wyposażenia placówek rehabilitacyjnych, a nawet możliwości indywidualnego wyposażenia potrzebujących osób w taki sprzęt w domu, można zapewnić im prawidłową rehabilitację. Rehabilitacja pozwala na przyspieszenie procesu zdrowienia, odzyskiwanie pełnej sprawności i powrotu do aktywnego życia rodzinnego, zawodowego i społecznego. U części osób z przewlekłymi i nieuleczalnymi chorobami bądź po ciężkich urazach czy operacjach onkologicznych, umożliwia aktywne zapobieganie groźnym dla życia powikłaniom w układzie oddechowym, krążenia, pokarmowym, moczowym czy wtórnym zmianom w układzie ruchu i powstawaniu odleżyn. Do tego potrzebne są jednak, łatwo dostępne urządzenia, umożliwiające ruchy bierne kończyn górnych i dolnych, a nawet bierną pionizację. Właśnie zaplanowanie i opracowanie takich urządzeń jest celem rozprawy doktorskiej mgr Marty Żyłki.

Obecnie ciągle pojawiają się na rynku rehabilitacyjnym coraz lepsze aparaty i urządzenia do prowadzenia ruchów biernych i czynnych kończyn górnych i dolnych oraz

do pionizacji biernej i czynnej pacjentów niesamodzielnych, którzy jednak dla uzyskania spodziewanych efektów, muszą wykazywać choćby minimum aktywności i zainteresowania rehabilitacją. Na corocznych Targach Medycyny Fizykalnej i Rehabilitacji w Łodzi, również w Kielcach, takie urządzenia prezentowane są na kilkudziesięciu stoiskach, a katalogi reklamowe firm zawierają liczne propozycje nowoczesnego sprzętu rehabilitacyjnego. Trzeba się jednak zgodzić z Doktorantką, że zasilanie tych urządzeń przeważnie ma charakter elektryczny, rzadziej hydrauliczny bądź pneumatyczny. Nie spotyka się urządzeń do realizowania ruchów biernych kończyn dolnych z napędem pneumatycznym. Również wysoka cena nowoczesnych urządzeń rehabilitacyjnych często stanowi barierę dla potencjalnych nabywców.

Doktorantka za **cel pracy** przyjęła zbadanie możliwości wykorzystania odpowiednio sterowanych, pneumatycznych siłowników dwustronnego działania, w urządzeniach do ćwiczeń biernych kończyn dolnych. Przyjęła hipotezę badawczą, że w takich urządzeniach można wykorzystać układ synchronizujący ruch dwóch tłoczków siłowników pneumatycznych, co jest niezbędnym wymogiem, ze względu na bezpieczeństwo pacjenta. Dla udokumentowania wyników badań opracowała koncepcję urządzeń rehabilitacyjnych MZ_REHAB_1 i MZ_REHAB_2 w systemie CAD, przedstawiła też koncepcję stołu do ćwiczeń z możliwością pionizowania pacjenta, z wykorzystaniem elementu synchronizacyjnego MZ_SYNCH.

Praca zawiera wykaz ważniejszych skrótów (oznaczeń), osiem rozdziałów, obszerną część dodatki, bibliografię (literatura), wykaz rysunków, wykaz tabel i krótkie streszczenie w języku polskim i angielskim.

W **rozdziale wstępnym** Doktorantka pobieżnie opisała zagadnienia praktyki rehabilitacyjnej, z uwzględnieniem możliwości wykorzystania w rehabilitacji siłowników pneumatycznych, przedstawiła zalety i wady stosowanych w urządzeniach rehabilitacyjnych napędów elektrycznych, pneumatycznych i hydraulicznych, przykłady sprzętu do rehabilitacji kończyn dolnych oraz uzasadniła celowość podjętej tematyki badań. Przedstawiła też charakterystykę poszczególnych rozdziałów pracy.

Kolejne rozdziały zawierają szczegółowy opis rozwiązań technicznych elementu do synchronizacji ruchu dwóch tłoczków siłowników MZ_SYNCH; zasady doboru wartości parametrów elementu synchronizującego, z uwzględnieniem zakresu ruchu siłownika, zakresu obciążeń kończyny dolnej, doboru wartości ciśnienia zasilania i obciążeń tłoczyska siłownika dwustronnego działania. Empirycznie wyznaczono wartości natężenia przepływu powietrza obciążającego siłownik pneumatyczny, wyznaczono średnicę kanałów kołnierza bocznego suwaka oraz na podstawie badań eksperymentalnych

wyznaczono wysokości mikroszczeliny elementu MZ_SYNCH synchronizującego ruch dwóch tłoczek siłowników pneumatycznych.

W trzech następujących rozdziałach szczegółowo opisano badania eksperymentalne siłownika firmy Festo o średnicy tłoka 0,04 m (rozd. 4), siłownika firmy Rewa o średnicy tłoka 0,04 m (rozd. 5) i siłownika firmy Festo o średnicy tłoka 0,032 m (rozd. 6). W badaniu każdego z siłowników wzięto pod uwagę wysuw tłoczek przy różnych wartościach ich obciążenia, wsuw tłoczek przy różnych wartościach ich obciążenia, wysuw tłoczek przy takich samych wartościach ich obciążenia i wsuw tłoczek przy takich samych wartościach ich obciążenia. Wyniki przedstawiono graficznie i szczegółowo opisano oraz dokładnie przeanalizowano. Stwierdzono, że element synchronizujący MZ_SYNCH (średnica tłoka 0,04 m) może być użyty przy różnych wartościach obciążenia tłoczyska. Może zatem być wykorzystany w urządzeniu, w sytuacji gdy jedna kończyna jest zdrowa, a druga niesprawna. Wykazano również, że element synchronizujący MZ_SYNCH w siłowniku o średnicy tłoka 0,032 m nie może być wykorzystany w urządzeniu rehabilitacyjnym do ćwiczeń kończyn dolnych.

Na podstawie uzyskanych wyników, przy uwzględnieniu opublikowanych danych antropometrycznych, siatek centylowych dla dzieci oraz konsultacji z ekspertami w dziedzinie rehabilitacji, zaprojektowano i opatentowano urządzenia rehabilitacyjne do ćwiczeń biernych kończyn dolnych. Urządzenie MZ_REHAB_1 pozwala na dostosowywanie do warunków i wymiarów pacjenta oraz realizowanie ćwiczeń biernych stawów biodrowych i kolanowych w płaszczyźnie strzałkowej, w pozycji leżącej, siedzącej oraz w pozycjach pośrednich. Przedstawiono szczegółowy opis techniczny urządzenia, schemat urządzenia, projekt ze wskazaniem elementu synchronizującego MZ_SYNCH oraz zdjęcie prototypu urządzenia. Zaprojektowano też inne urządzenie rehabilitacyjne o nazwie MZ_REHAB_2, również opatentowane, umożliwiające ćwiczenia bierne kończyn dolnych, z możliwością dostosowywania do wymiarów pacjenta. Urządzenie jest proste w budowie, może być przenoszone, wykorzystywane w łóżku pacjenta i wg Doktorantki jest tanie. Przedstawiono schemat urządzenia, szczegółowy opis techniczny i zdjęcie prototypu. Uzyskane doświadczenie w projektowaniu urządzeń rehabilitacyjnych pozwoliły Doktorantce na zaprojektowanie (adaptację) stołu do ćwiczeń kończyn dolnych i pionizacji z wykorzystaniem elementu synchronizacyjnego, z dwoma siłownikami pneumatycznymi MZ_SYNCH.

W rozdziale: podsumowanie, we wnioskach końcowych przeprowadzono szczegółową analizę przeprowadzonych badań, pod kątem wykorzystania uzyskanych doświadczeń w projektowaniu urządzeń do rehabilitacji. Uwzględniono przy tym niezbędne

dla bezpieczeństwa pacjenta z niedowładem (porażeniem) kończyny lub kończyn dolnych wymogi dotyczące prędkości ruchu siłowników, obciążenie i możliwości synchronizacji ruchów w zależności od konkretnej sytuacji (zaburzenia ruchu) pacjenta. W projektowanych dalszych badaniach Doktorantka planuje praktyczną, z udziałem pacjenta, ocenę urządzenia MZ_REHAB_1 pod kątem analizy uzyskanych wyników rehabilitacji i liczbowej kontroli wykonanych ćwiczeń. Jednak na przeprowadzenie takiej oceny, z udziałem pacjenta (pacjentów), konieczna już będzie zgoda Komisji Bioetycznej i grupa kontrolna. Sprawdzenie urządzenia pod kątem ergonomii użytkowania przez pacjenta i fizjoterapeutę (członka rodziny), prawidłowości rozmieszczenia elementów sterujących i systemów zabezpieczenia jest niezbędne.

Ta część zawiera też bardziej szczegółowe przedstawienie niektórych problemów rehabilitacji, w sytuacji dysfunkcji kończyn dolnych, zwłaszcza związane z długotrwałym unieruchomieniem i wynikające z tego zagrożenia dla pacjenta oraz zjawiska związane ze starzeniem populacji. Na tym tle omówiono wybrane zasady kinezyterapii dotyczącej kończyn dolnych. Kolejno przedstawiono szczegółowe wymiary omawianego urządzenia rehabilitacyjnego, dobór elementów stanowiska badawczego, zaplanowany w programie DASyLab system pomiarowy dla poprawnego odczytywania wyników i w tabelach, uzyskane wyniki pomiarów.

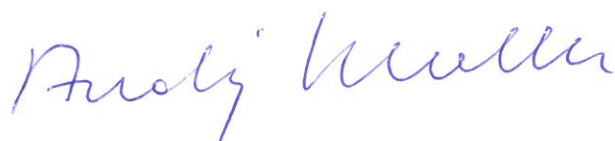
Uwagi: częściowo przedstawiono w recenzji wcześniej. Układ pracy jest inny niż w Naukach o Zdrowiu: wstęp, cel pracy, materiał i metody, wyniki, omówienie wyników, dyskusja, wnioski, bibliografia, streszczenie, aneksy; te składowe pojawiają się w niektórych rozdziałach, które stanowią jakby odrębną część pracy. Wykaz ważniejszych oznaczeń, raczej skrótów, powinien zawierać wszystkie skróty używane w pracy; wysokość szczeliny – powinno być podana w m. Część „dodatki” wydaje się „tajemnicza”, a zawiera ważne problemy, które powinny być umieszczone w spisie treści. Bibliografia (literatura) spisana jest w porządku alfabetycznym, nie w kolejności cytowania, zawiera 66 pozycji, 2 patenty, wzór użytkowy, zgłoszenie wniosku przez Politechnikę Rzeszowską o udzielenie prawa ochronnego na wzór użytkowy, 4 katalogi firm handlowych i 13 pozycji z Internetu. Bibliografia obejmuje kilka podstawowych pozycji podręcznikowych i kilka prac źródłowych z zakresu rehabilitacji. W przypadku pozycji podręcznikowych powinno się podawać konkretny rozdział i autora (autorów) tego rozdziału.

Ocena końcowa: przytoczone uwagi nie wpływają istotnie na wartość recenzowanej pracy (rozprawy) doktorskiej. Praca ma wielką wartość badawczą i praktyczną, dotyczy bowiem połączenia wiedzy z zakresu inżynierii mechanicznej i nauk o zdrowiu. Doktorantka potrafiła wykorzystać szczegółową wiedzę z zakresu swojej

dyscypliny naukowej, z dobrą znajomością zagadnień rehabilitacji medycznej, a nawet szczegółów, dotyczących rehabilitacji w sytuacjach dysfunkcji kończyn dolnych. Zaowocowało to zaprojektowaniem i wykonaniem aparatury do rehabilitacji kończyn dolnych o różnej etiologii, z oryginalnym wykorzystaniem siłowników o napędzie pneumatycznym oraz opracowaniem projektów innych urządzeń do rehabilitacji z takim napędem. Owocem pracy doktorskiej są też planowane dalsze badania nad wykorzystaniem siłowników o napędzie pneumatycznym i projektowaniem nowych urządzeń rehabilitacyjnych.

Podsumowanie: Przedstawiona do recenzji „Rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art.13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (D. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.)”.

W związku z powyższym przedstawiam Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza wniosek, o dopuszczenie mgr Marty Żyłki do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, reading "Andrzej Kuczyński". The signature is written in a cursive style.