

dr hab. Michał Wychowański

Warszawa, 24 kwietnia 2015

Zakład Biomechaniki

Wydział Rehabilitacji

AWF Warszawa

**Recenzja rozprawy doktorskiej zatytułowanej:**

„BIOMECHANICZNA I KINEZJOLOGICZNA ANALIZA CHODU KANGUROWEGO O KULACH U PACJENTÓW Z WYBRANYMI DYSFUNKCJAMI NARZADU RUCHU”

Autor: mgr Agata Rzepnicka

Promotor: prof. dr hab. Lechosław B. Dworak

**Ocena strony formalnej pracy:**

Praca została sfinansowana i zrealizowana w ramach grantu promotorskiego MNISW o numerze N N404271540. Recenzowana praca, jest zgodna co do jej formy, z wymogami stawianymi rozprawie doktorskiej. Praca jest przygotowana w formie wydruku opracowanego za pomocą komputerowego edytora tekstu. Rysunki i tabele są wstawione w odpowiednich miejscach tekstu w formie cyfrowej. Całkowita objętość tekstu rozprawy wynosi 119 stron. Zamieszczone w pracy treści rozdzielone są zgodnie z merytorycznym podziałem na 6 rozdziałów: spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz stosowanych pojęć i oznaczeń oraz aneks zawierający wykaz rycin, wykaz tabel, tabele wyników, kopie zgody Komisji Bioetycznej i wzór ankiety. Praca zawiera 38 rycin, 53 tabele, w tym 15 tabel zawierających szczegółowe wyniki badań. Zawartość wszystkich rozdziałów dokładnie odpowiada tematowi rozprawy zamieszczonemu w tytule. Rozdziały są ułożone w prawidłowej kolejności, zgodnie z chronologią realizacji pracy i powszechnie stosowanym schematem edycji dysertacji.

Stronę edytorską pracy zarówno pod względem estetycznym jak i formalnym oceniam jako dobrą.

**Ocena strony merytorycznej:**

Rozdział 1 „Wstęp”, składa się z 3 podrozdziałów. W pierwszym podrozdziale lakonicznie przedstawiono problematykę dysertacji, którą: „będą aspekty dynamiczne i kinematyczne chodu kangurowego z dwiema kulami”. W dalszych podrozdziałach „Wstępu” dokonano obszernego przeglądu stanu wiedzy dotyczącej chodu kangurowego, a w szczególności opisano różnorodne

sposoby lokomocji z przyborami, podano podstawowe definicje oraz typologię rodzajów lokomocji. Dokonano przeglądu piśmiennictwa dotyczącego badań chodu z przyborami ułatwiającymi lokomocję patologiczną. W podsumowaniu „Wstępu” autorka stwierdza, że w dostępnym piśmiennictwie, brak kompleksowych badań biomechanicznych dotyczących lokomocji w postaci konkretnych rodzajów chodu z przyborami, a w szczególności chodu kangurowego. Stwierdzenie to jest w pełni uzasadnione i wynika z przytoczonego przeglądu literatury. W wyniku dokonanego przeglądu piśmiennictwa autorka zwraca uwagę na trudności i nieścisłości dotyczące nazewnictwa w zakresie opisu werbalnego chodu o kulach co może prowadzić do nieporozumień podczas tłumaczenia na tekstów na inne języki. Wydaje się jednak, że najważniejszym problemem pacjentów poruszających się o kulach są przeciążenia zdrowej kończyny dolnej i kończyn górnych, powodujące w dalszej perspektywie choroby zwyrodnieniowe. Problem ten jest dobrze znany w praktyce rehabilitacyjnej, a autorka przytacza dane z literatury potwierdzające to zjawisko. Przegląd piśmiennictwa bardzo dobrze uzasadnia podjęcie badań dotyczących chodu o kulach.

W rozdziale 2 „Cele pracy, hipotezy i metodyczne założenia badawcze” autorka jako główny cel dysertacji przyjmuje „szczegółową identyfikację biokinematycznej i biodynamicznej struktury chodu kangurowego o kulach”. W mojej opinii ten cel jest merytorycznie w pełni uzasadniony, ale na gruncie mechaniki lepiej wyrazić go w sposób następujący: „Głównym celem niniejszej pracy jest identyfikacja kinetycznych parametrów chodu kangurowego o kulach”. Kinetyka jest działem mechaniki zajmującym się jednocześnie kinematyką i dynamiką. W kolejnym podrozdziale 2.2 autorka precyzuje cel główny za pomocą 7 celów szczegółowych. Definiując cele pracy autorka posługuje się pojęciem „struktura ruchu”, które uważam, w tym przypadku za kolokwializm. Na gruncie nauk o kulturze fizycznej, a ściślej w teorii sportu, z której nazewnictwa czerpie współczesna polska diagnostyka funkcjonalna lepiej stosować pojęcie, stworzone przez prof. Kazimierza Fidelusa „technika ruchu” czyli określenia sposobu wykonania zadania ruchowego. Nie jest jasne czy 5 cel szczegółowy w rozdziale 2.2 dotyczy poziomu aktywacji mięśni, czyli wartości biopotencjału elektrycznego zmierzonego podczas badanej funkcji mięśnia w odniesieniu do wartości tego samego pomiaru uzyskanego w warunkach skurczu izometrycznego czy też zagadnienia udziałów czyli procentowego wkładu konkretnego aktonu w generowanej przez zespół mięśni sile. Podrozdział 2.3 zawiera 7 prawidłowo sformułowanych hipotez badawczych. Za niedopuszczalne uważam stosowanie w pracy

naukowej, nawet ujętych w cudzysłów nieuzasadnionych neologizmów i zwrotów żargonowych, tak jak ma to miejsce w hipotezie 5 w postaci pojęcia „mięśnie podporowe”. W rozdziale 2.4 przedstawiono założenia dotyczące metodyki badań. W punkcie 3 tego rozdziału założono konieczność „centralnego ustawiania obciążanej kończyny dolnej lub jednej z kul na platformie dynamometrycznej”. Skutkiem tego założenia jest duże, dodatkowe ograniczenie swobody ruchu podczas chodu kangurowego, natomiast wydaje się że wpływ niecentralnego obciążenia platformy na błąd pomiaru siły reakcji podłoża nie jest istotny i można go pominąć.

Treść podrozdziałów 3.1 i 3.1.1 dotyczącą badanego materiału należy podać w jednym podrozdziale 3.1. W badaniach wzięło udział 20 pacjentów po jednostronnym urazie kończyny dolnej. W pracy wykorzystano wyniki badań 18 pacjentów. Dobór pacjentów do badań został dokonany prawidłowo z zachowaniem ogólnie stosowanych zasad zapewniających odpowiednią jednorodność badanej grupy.

W rozdziale 3.2. „Metody badań” przedstawiono etapy badań oraz zastosowane metody pomiarowe: dynamometrię tensometryczną za pomocą dwóch platform firmy AMTI, stereofotogrametrię z wykorzystaniem kamer systemu firmy BTS oraz pomiary sygnału EMG wykonane za pomocą 16 kanałowego systemu NORAXON. Zdefiniowano liczne parametry kinematyczne pozwalające na opis i analizę chodu kangurowego z dwiema kulami. Wszystkie metody zastosowane w badaniach zostały dokładnie opisane. Pewne zastrzeżenia budzi sposób opisu ruchów miednicy, a przede wszystkim nazewnictwo tradycyjnie w Polsce stosowane przez lekarzy, anatomów, fizjoterapeutów, zastosowane także w tej pracy i nie zawsze zgodne z pojęciami stosowanymi w mechanice i współczesnych systemach analizy ruchu takich jak VICON, BTS i inne. Jeżeli miednica jest traktowana jako bryła sztywna, do zdefiniowania jej położenia w przestrzeni należy podać 6 współrzędnych. Są to 3 współrzędne liniowe wyrażane na przykład w metrach w przyjętym układzie odniesienia i 3 współrzędne kątowe wyrażane w stopniach kątowych w tym samym układzie odniesienia 0xyz. Badany przemieszcza się w kierunku 0y, kierunek 0z jest zgodny z pionem, a oś 0x skierowana jest w prawo. Taki układ odniesienia został przyjęty w tej pracy w systemie BTS. Obroty względem tych osi definiują położenie miednicy. Obrót wokół osi 0x to kąt pochylenia miednicy (*pelvic tilt*), obrót wokół osi 0y to wznoszenie i opadanie miednicy (*pelvic obliquity*) i obrót względem osi 0z to rotacja zewnętrzna i wewnętrzna (*pelvic rotation*). W związku z powyższym zastosowany w pracy sposób zdefiniowania kątów miednicy nie jest jednoznaczny. W literaturze istnieje wiele

sposobów definiujących kąty opisujące ustawienie miednicy. Przyjęte definicje kątów określających pozycję miednicy najlepiej przedstawić na rysunku wraz z pokazaniem przyjętej pozycji początkowej. Warto także wykorzystać w opisie przemieszczeń miednicy nazewnictwo polskie stosowane w lotnictwie: pochylenie to kąt obrotu w płaszczyźnie strzałkowej, obrót wokół osi  $Ox$ , (*pelvic tilt*), przechylenie to kąt obrotu w płaszczyźnie czołowej, obrót wokół osi  $Oy$  (*pelvic obliquity*) i odchylenie to kąt obrotu w płaszczyźnie poprzecznej, względem osi  $Oz$  (*pelvic rotation*). Takie zdefiniowanie przemieszczeń kątowych miednicy zdecydowanie ułatwi porozumiewanie się w opisie jej funkcjonowania bez konieczności odwoływania się do formalizmu matematycznego, jest to nazewnictwo intuicyjne i dobrze odzwierciedlające idiomatyczne nazewnictwo angielskie. W badaniach zastosowano dostępną na rynku, aparaturę badawczą renomowanych firm na najwyższym poziomie technologicznym. Na podkreślenie zasługuje fakt zestawienia kompleksowego systemu badawczego do synchronicznego pomiaru parametrów i funkcji opisujących lokomocję z wykorzystaniem kul. Skuteczne pomiary wielkości opisujących synchronicznie kinetykę ruchu człowieka z przyborem w zakresie sił reakcji podłoża, kinematyki wielosegmentowego modelu ciała człowieka i przyboru oraz biopotencjałów towarzyszących działaniu wybranych mięśni jest znaczącym osiągnięciem doktorantki nie spotykanym w piśmiennictwie światowym. W opisie obróbki sygnału EMG doktorantka niewłaściwie przetłumaczyła pojęcie *rectification* jako „rektyfikacja”, należy tu użyć określenia „wyprostowanie” czyli obliczenie wartości bezwzględnej zarejestrowanego sygnału EMG co zostało wytłumaczone językiem potocznym w opisie tej operacji. Do opracowania i analizy uzyskanych danych pomiarowych zastosowano odpowiednio dobrane metody statystyczne z programu STATISTICA 8.0.

Wyniki badań i dyskusję zawiera rozdział 4. Na początku tego rozdziału podano wyniki badań ankietowych, które potwierdzają powszechnie znane kwestie dotyczące przeciążenia stawów kończyn górnych podczas lokomocji o kulach. Na przykład „aż 90% badanych uskarżało się na ból dłoni i nadgarstków podczas chodu kangurowego”. Wyniki badań ankietowych nie zostały wyeksponowane we wnioskach końcowych, nie zostały zinterpretowane w dyskusji. W tabelach 4.2 do 4.21 zamieszczono wyniki pomiarów. W tabelach podano uśrednione wartości wszystkich zmierzonych parametrów oraz ich odchylenia standardowe, które mogą zostać uznane jako przyczynek do opracowania wartości referencyjnych do oceny chodu kangurowego o kulach. Na rycinach przedstawiono uśrednione przebiegi czasowe przebiegów parametrów kinetycznych

chodu kangurowego o kulach. W opisie wyników asymetrii rotacji miednicy zawartych w tabeli 4.5 nie podano definicji (wzoru) współczynnika asymetrii, który został zastosowany do oceny asymetrii ani nie powołano się na wykorzystanie współczynnika znanego z literatury. Wydaje się, że kąt progresji stopy lepiej nazywać konsekwentnie w stosunku do innych stawów kątem rotacji stopy. Niedokładnie zdefiniowano kryterium oceny powtarzalności pomiarów w rozdziale 4.1.7., które było podstawą do stwierdzenia: „że powtarzalność wyników pomiarów powyższych wielkości była bardzo dobra, zawierająca się w przedziale od 0 do 10% dla 739 prób,...”. Stwierdzenie to jest niezrozumiałe z powodu niedokładnej definicji kryterium zastosowanego do oceny powtarzalności pomiarów. W rozdziale 4.2.4 podano wyniki pomiarów wartości maksymalnych składowych pionowych sił reakcji podłoża oraz stwierdzono niskie wartości sił poziomych reakcji podłoża na działanie kul co spowodowało zaniechanie dalszej analizy tych sił. Nasuwa się tu, wniosek, że kule nie służą do propulsji a jedynie do odciążania zdrowej kończyny dolnej i utrzymywania pionowej pozycji ciała. Wniosek ma istotne znaczenie poznawcze i potwierdza intuicyjną ocenę dynamiki lokomocji o kulach. W rozdziale 4.3 autorka krytycznie ocenia zastosowane w pracy sposoby normalizacji wyników pomiarów sEMG co uniemożliwiło jej uzyskanie jednoznacznych uśrednionych funkcji pobudzenia badanych mięśni. Problem niejednoznaczności wyników pomiarów sEMG jest dobrze znany a jego rozwiązanie wymaga zastosowania bardzo zaawansowanego aparatu matematycznego do analizy biopotencjałów oraz bardzo dużego doświadczenia. Z tego względu pozytywnie oceniam uzyskane przez doktorantkę wyniki pomiarów bioelektrycznej aktywności mięśni oraz sposobu ich przedstawienia i interpretacji. W rozdziale 4.4. zostały zamieszczone wyniki analizy współzależności pomiędzy zmierzonymi, podczas chodu kangurowego z kulami wielkościami kinetycznymi. Stwierdzone istotne statystycznie współzależności zostały zinterpretowane i zgadzają się z fizycznym uzasadnieniem zaobserwowanych współzależności. W pracy, przede wszystkim w rozdziale 4 „Wyniki badań i dyskusja” wykorzystano łącznie 71 pozycji literaturowych, w tym 55 artykułów w języku angielskim z renomowanych czasopism naukowych oraz 3 strony internetowe. Literatura jest bardzo dobrze dobrana do tematyki dysertacji i została wykorzystana we wstępie oraz w dyskusji do porównania własnych wyników z wynikami innych autorów. W rozdziale 5 dokonano podsumowania w postaci opracowania 22 szczegółowych wniosków z badań oraz weryfikacji 7 sformułowanych we wstępie hipotez. Wszystkie wnioski są prawidłowe, jak również prawidłowo zweryfikowano przyjmując lub odrzucając hipotezy badawcze. Pewnym

mankamentem jest brak w zakończeniu rozdziału 5 uogólnionej charakterystyki chodu kangurowego z kulami z punktu widzenia obciążenia układu ruchu, aktywności bioelektrycznej mięśni i wniosków praktycznych wynikających z pracy, które mogłyby być przydatne w praktyce rehabilitacyjnej.

#### **Uwagi szczegółowe:**

Str. 16 linia 3 od dołu: co oznacza określenie „punkt osiowy pomiędzy stopami” czy chodzi o środek parcia stóp na podłożu (CoP)?

Str. 16 ostatnia linia na dole jest: „płaszczyzny podparcia” powinno być „powierzchni podparcia”

Str. 18, 4 linia od góry: na czym polega „optymalizacja wzorca chodu” i według jakiego kryterium miała by nastąpić optymalizacja. W biomechanice – nauce przyrodniczej optymalizacja dotyczy wyłącznie wyboru najlepszego (optymalnego) rozwiązania modelu matematycznego. W tym przypadku chodzi o opracowanie wzorca chodu swobodnego, nie patologicznego, odzwierciedlającego istotne cechy badanego sposobu lokomocji.

Str. 22 linia 5 nad rysunkiem: jest „wypadkowy środek ciśnień” powinno być „środek parcia”.

Str. 22 linia 5 nad rysunkiem: jest „38kPa” powinno być „38 kPa”, wartość oddziela się spacją od jednostki, uwaga dotyczy wielu innych błędnych zapisów w dalszych częściach pracy.

Str. 23 1 akapit: pierwsze zdanie niewłaściwie zredagowane pod względem stylistycznym.

Str. 32 punkt 2: jest „Określenie względnych maksymalnych wartości trzech składowych sił reakcji podłoża spod obciążanej kończyny dolnej i spod kuli.” Można zastąpić „Określenie względnych maksymalnych wartości trzech składowych sił reakcji podłoża obciążanej kończyny dolnej i kuli.”

Str. 35 podpis pod ryciną 2.1.: powinno być „Ryc.2.1. Charakterystyki kinematyczne i dynamiczne w cyklu chodu normalnego, a) charakterystyki kątów w stawach kończyny dolnej, b) charakterystyki sił reakcji podłoża, Simoneau (2010).”.

Str. 42, 2 – 4 linia od dołu, akapit powinien być przeredagowany zgodnie z uwagami dotyczącymi definiowania kątów opisujących położenie miednicy.

Str. 44, 2 linia jest „ $d_{CC}$  – długość cyklu kul [m], powinno być długość kroku kul [m], ponieważ długość cyku definiuje się w dziedzinie czasu.

Str. 50 linia 6 od dołu uwaga jak wyżej.

Str. 51, 2 linia od góry: jest „z prędkością optymalną” powinno być z „z właściwą sobie prędkością”.

Str. 66 Tytuł rozdziału 4.2.1. jest „Wartości składowej pionowej siły reakcji spod stopy obciążanej” powinno być „Wartości składowej pionowej siły reakcji podłoża dla stopy obciążanej”.

#### **Wniosek końcowy:**

Przedstawiona do recenzji praca spełnia wymagania stawiane rozprawie doktorskiej. Podjęta tematyka dotyczy bardzo ważnego problemu jakim jest diagnostyka funkcjonalna pacjentów poruszających się o kulach chodem kangurowym. Znajomość techniki ruchu podczas lokomocji tego typu jest bardzo ważna dla prawidłowego przygotowania pacjenta do bezpiecznego poruszania się z uwzględnieniem profilaktyki przeciążeń w stawach kończyn górnych. W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskano wartości referencyjne przydatne do oceny techniki lokomocji chodem kangurowym z kulami. Należy podkreślić, że technika chodu kangurowego została, zgodnie z głównym celem badań zidentyfikowana kompleksowo w zakresie sił reakcji podłoża kończyn dolnych i kul, licznych parametrów kinetycznych dotyczących części ciała człowieka i kul, jak również parametrów sygnału EMG uzyskanego z elektrod powierzchniowych.

Wnoszę do Rady Wydziału Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji, Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusz Piaseckiego w Poznaniu o dopuszczenie mgr Agaty Rzepnickiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

*M. Wychowanski*