

Wrocław, 8 września 2019 r.

Dr hab. Adam Siemieński
Zakład Biomechaniki
Akademia Wychowania Fizycznego
we Wrocławiu

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr Bogusławy Piechaczek zatytułowanej
„Wpływ pojedynczej sesji ćwiczeń na niestabilnych podłożach na stabilograficzne parametry
równowagi ciała młodych osób”

Przesłana do oceny rozprawa doktorska ma postać monografii liczącej 84 strony, zawierającej 18 rycin i trzy tabele. Układ rozprawy jest typowy dla pracy doświadczalnej: 1. Wstęp, 2. Cel pracy, 3. Hipoteza (z pytaniami badawczymi umieszczonymi w podrozdziale), 4. Materiał i metody badawcze, 5. Wyniki, 6. Dyskusja, 7. Wnioski, 8. Piśmiennictwo. Do tekstu włączono też zwięzłe streszczenie w dwóch wersjach językowych, polskiej i angielskiej, oraz wykaz piśmiennictwa zawierający 83 pozycje.

Oceniana praca należy do ważnego nurtu badań w dziedzinie nauk o ruchu człowieka i w szczególności biomechaniki – badań nad mechanizmami utrzymywania przez człowieka pionowej postawy ciała. Wiele już w tym obszarze wiadomo, znaleziono prawidłowości realizacji tej specyficznej czynności ruchowej dla różnych populacji, wypracowano narzędzia i zdefiniowano wielkości najbardziej przydatne do jej opisu. Poznano też sposoby wpływania na sprawność procesu utrzymywania pionowej postawy ciała, a obecnie jedną z bardziej rozpowszechnionych metod poprawy równowagi ciała jest trening na niestabilnym podłożu. Przyrządy treningowe symulujące takie podłoża znalazły się na wyposażeniu klubów sportowych i siłowni.

To właśnie w jednym z takich miejsc Autorka ocenianej rozprawy doktorskiej zauważyła zaskakującą skuteczność pewnego krótkiego ćwiczenia polegającego na staniu na jednej nodze na pińce BOSU – wyglądało na to, że dzięki niemu jej podopieczna, młoda koszykarka, uniknęła kontuzji. Poszukując odpowiedzi na pytanie, czy był to tylko przypadek, czy też faktycznie tak krótkie ćwiczenia mogły mieć aż tak dobroczynny wpływ na równowagę, Autorka doszła stopniowo do sformułowania projektu opisanego w jej rozprawie doktorskiej.

Na kilkunastu stronach Wstępu do swojej rozprawy Autorka wprowadza czytelnika w problematykę badań nad procesem utrzymywania pionowej postawy ciała przez człowieka oraz omawia główne sposoby usprawniania równowagi ciała. Opisuje szczegółowo zastosowanie przyrządów symulujących niestabilne podłoża i wreszcie skupia się na dokładnym przedstawieniu aktualnego stanu wiedzy o efektach ćwiczeń krótkotrwałych. Przeprowadzając wyczerpujący i aktualny przegląd piśmiennictwa Autorka cytuje wiele dobrze dobranych wcześniej opublikowanych prac i wskazuje na braki w istniejącym stanie wiedzy. Doprowadza ją to do sformułowania w kolejnym rozdziale celu pracy, pytań badawczych oraz hipotez.

Celem pracy stała się ocena dynamiki procesu utrzymywania równowagi oraz wpływu pojedynczej sesji ćwiczeń na wybranych niestabilnych podłożach na parametry

posturograficzne u młodych zdrowych osób. Przyrządy treningowe symulujące niestabilne podłoża, które zaproponowała do badań, to właśnie wspomniana wcześniej piłka BOSU wykorzystywana z dwóch stron, miękkiej i twardej, przyrząd Ortostabil, trampolina oraz poduszka sensomotoryczna.

Sformułowana została hipoteza o możliwości związku pomiędzy dynamiką zmienności motorycznej podczas uczenia się a jego efektami, którą uszczegółowiono za pomocą czterech pytań badawczych. Aby na nie odpowiedzieć, przeprowadzono dwuetapowe badania doświadczalne, do których zaproszono 180 zdrowych osób w wieku około 24 lat.

W części pierwszej dokonano oceny dynamiki sygnału przedstawiającego ruch punktu przyłożenia wypadkowej siły nacisku na podłoże (COP – center of pressure) podczas stania na jednej nodze z oczami otwartymi na wybranych niestabilnych podłożach, tj. na piłce BOSU (strona miękka), na piłce BOSU (strona twarda) oraz na poduszce sensomotorycznej. Wszystkie podłoża ustawiano na platformie dynamometrycznej firmy Kistler. W ramach tej oceny porównano parametry COP podczas pierwszego wejścia na te trzy podłoża z COP uzyskanym na podłożu twardym oraz zbadano zmiany wartości tych parametrów pod wpływem pięciominutowego ćwiczenia.

W drugiej części badań oceniono wpływ pojedynczej sesji ćwiczeń, trwającej 5 minut na wszystkich pięciu wcześniej wymienionych niestabilnych podłożach na parametry posturograficzne. Podobnie jak w części pierwszej badania posturograficzne odbywały się na platformie dynamometrycznej podczas stania na jednej nodze z oczami otwartymi.

Do oceny jakości procesu utrzymania równowagi zastosowano następujące parametry sygnału COP: średnią amplitudę (mm), prędkość (mm/sek), częstotliwość (Hz), entropię oraz wymiar fraktalny. Warto podkreślić, że wśród wielkości charakteryzujących jakość sterowania procesem utrzymywania równowagi Autorka zdecydowała się umieścić dwie tzw. miary nieliniowe, tzn. właśnie entropię stabilogramu oraz jego wymiar fraktalny, co stanowi istotne novum jej podejścia.

W pierwszej części badań stwierdzono znacznie wyższe wartości amplitudy i prędkości w początkowym staniu na poszczególnych przyrządach w porównaniu ze stanem na podłożu stabilnym. Różnice te były wyraźnie większe w płaszczyźnie czołowej niż strzałkowej i szczególnie wyraźne dla piłki BOSU po stronie twardej. Nieco mniejszą różnicę wykazały częstotliwość błędzenia i wymiar fraktalny sygnału COP, jednak tylko w płaszczyźnie czołowej. Największą entropię sygnału COP zaobserwowano na piłce BOSU po stronie miękkiej, a najmniejszą – na piłce BOSU po stronie twardej. Jeśli chodzi o zmiany parametrów sygnałów COP w efekcie ćwiczenia, to jedynie piłka BOSU po stronie twardej spowodowała silne obniżenie wszystkich parametrów w obu płaszczyznach, jednak poza entropią.

W drugiej części badań stwierdzono podobieństwa w działaniu niektórych przyrządów. Dotyczyło to głównie podobieństwa w działaniu piłki BOSU użytej na stronie twardej i przyrządu Ortostabil, z jednej strony, oraz piłki BOSU użytej na stronie miękkiej i trampoliny – z drugiej. Pojedyncza sesja ćwiczeń pokazała także korzystny wpływ na proces utrzymania równowagi ciała oraz retencję, czyli zachowanie osiągniętej poprawy przez 30 min od zakończenia sesji ćwiczeń.

Okazało się, że każdy z badanych niestabilnych przyrządów działa nieco inaczej. Badani inaczej zachowywali się podczas pierwszego stania na niestabilnym podłożu, uruchamiając odmienne strategie w celu utrzymania pionowej postawy ciała. Stwierdzono, że pojedyncza

sesja ćwiczeń wpływa na polepszenie procesu utrzymania równowagi tylko po staniu na piłce BOSU po stronie twardej oraz na przyrządzie Ortostabil. Również i tu stwierdzono retencję: poprawa utrzymała się lub nawet pogłębiła przez 30 min od zakończenia zadania.

Oceniana rozprawa doktorska dostarcza rzetelnego opisu porządnie przeprowadzonych badań doświadczalnych, dobre wrażenie robi też pogłębiona dyskusja, w której Autorka umiejętnie odnosi się do najnowszych publikacji i wykazuje się dobrą znajomością tematyki i czuciem spraw związanych ze sterowaniem ruchami człowieka, w tym z zagadnieniem uczenia się nowych czynności ruchowych. Części dyskusji dotyczące możliwej pozytywnej roli zmienności w kształtowaniu motoryki były szczególnie ciekawe. Może warto by odnieść się tutaj również do prac Marka Latasha dotyczących tej tematyki?

Wcześniej pochwaliłem Autorkę za użycie pewnych nowatorskich narzędzi obliczeniowych. To ważne, że spróbowała w jakiś sposób ocenić stopień chaotyczności zarejestrowanych sygnałów COP, jednak czytając jej rozprawę odczułem pewien niedosyt informacji. Chodzi mianowicie o definicje entropii i wymiaru fraktalnego. Myślę, że praca zyskałaby na wartości, również dydaktycznej, gdyby autorka zdecydowała się przybliżyć nieco czytelnikowi definicje zastosowanych miar.

Jeśli chodzi o pierwszą z nich, z pracy dowiadujemy się jedynie, że jest to entropia sygnału. A tymczasem, jak można przeczytać np. w pracy Ferenetsa i wsp. (Ferenets R, Lipping T, Anier A, Jäntti V, Melto S, Hovilehto S. Comparison of Entropy and Complexity Measures for the Assessment of Depth of Sedation. IEEE Trans Biomed Eng, 2006, 53(6):1067-77), istnieje co najmniej kilka sposobów definiowania entropii, a jeszcze więcej sposobów jej obliczania, i nie są one wcale równoważne jeśli chodzi o to, na jakie faktycznie własności analizowanego sygnału są one najbardziej uczulone. Tak więc wydaje się niezbędnym przynajmniej napisać, jaką dokładnie definicję entropii zastosowano; użyty w rozprawie skrót SE nie pomaga w tym względzie, gdyż może być rozwinięty np. do entropii Shannona (Shannon entropy) bądź entropii spektralnej (spectral entropy), a są to dwa odmienne i nierównoważne sposoby określania stopnia nieuporządkowania sygnałów. Oczekiwałbym pewnej informacji w tej sprawie podczas obrony rozprawy.

W pracy zabrakło mi również informacji o tym, czy w jakiś sposób sprawdzono, jaki może być wpływ na mierzone siły i momenty sił (a są one potrzebne do wyznaczenia punktu COP) umieszczenie między platformą dynamometryczną a stopą przyrządu symulującego niestabilne podłoże. Czy własności lepko-sprężysto-bezwładnościowe przyrządu mogą zniekształcać postać sygnału COP? Czy ewentualne zniekształcenia mogą wpłynąć na wartości parametrów posturograficznych obliczanych w pracy?

Chciałbym również zwrócić uwagę na pewne drobne niedociągnięcia, jak np. niefortunne skróty:

CUN (centralny układ nerwowy) zamiast OUN (ośrodkowy układ nerwowy), nazwa i skrót mocno ugruntowany w piśmiennictwie polskim jako odpowiednik angielskiego CNS (central nervous system), w wielu miejscach tekstu.

sek zamiast s (sekunda), tylko w streszczeniu polskojęzycznym.

CIA (chronic ankle sprain) prawdopodobnie zamiast CAI (chronic ankle instability), strona 6.

Zauważyłem też kilka braków dotyczących sposobu cytowania prac w tekście i spisu piśmiennictwa:

Jedna pozycja (Baliant i wsp., 2017) jest cytowana w tekście na stronie 10, ale jej danych nie ma w spisie piśmiennictwa. Być może chodzi tu o tę samą pracę, która jest w spisie na pozycji 61 (Petró i wsp., 2017) – Petró ma na imię Bálint.

Są też prace wymienione w spisie piśmiennictwa, do których jednak nie ma odniesień w tekście pracy – jest ich pięć: Anderson i Behm, 2005; Behm i wsp., 2002; Behm i wsp., 2005; Rodd i wsp., 2002; Wu, 1997.

Są drobne zaburzenia porządku alfabetycznego (Croft i wsp., 2008), kilka błędów literowych, m.in. w nazwiskach autorów i latach publikacji.

Jedna pozycja w spisie nie ma swojego numeru kolejnego (Rodd i wsp. 2002), prawdopodobnie dlatego, że złała się w tekście z pozycją poprzednią 62. (Prieto i wsp., 1996), która jest niekompletna – zawiera tylko nazwiska autorów i trzy pierwsze słowa tytułu artykułu. Jej pełna postać powinna wyglądać tak: 62. Prieto T, Myklebust J, Hoffmann R, Lovett E, Myklebust B. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. IEEE Trans Biomed Eng, 1996, 43(9): 956-66. Liczba pozycji w piśmiennictwie wynosi więc faktycznie 83, a nie 82.

Podsumowując chcę stwierdzić, że pomimo wymienionych braków rozprawa doktorska mgr Bogusławy Piechaczek jest rzetelną relacją z poprawnie przeprowadzonego i oryginalnego eksperymentu naukowego, którego wyniki poszerzają pole wiedzy o ruchu człowieka. Dlatego przedkładam Radzie Wydziału Fizjoterapii Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu wniosek o dopuszczenie mgr Bogusławy Piechaczek do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Adam Kwieciński