

Gdańsk, 15.11.2025

Dr hab. inż. Wiktoria Wojnicz, Profesor Uczelni
Dyrektor Instytutu Mechaniki i Konstrukcji Maszyn
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
Politechnika Gdańska
ul.G.Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr Rafała Borkowskiego

p.t. Analiza i porównanie reakcji młodych kobiet na

perturbacje przednio-tylne występujące w różnych

fazach cyklu chodu

Podstawa opracowania recenzji: pismo Pana Profesora Andrzeja Mastalerza (Przewodniczącego Rady Nauk o Kulturze Fizycznej AWF Warszawa) z dn. 23.09.2025 r.

1. Ogólny opis recenzowanej Rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Rafała Borkowskiego p.t. *"Analiza i porównanie reakcji młodych kobiet na perturbacje przednio-tylne występujące w różnych fazach cyklu chodu"* ma objętość 194 strony oraz zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim. Rozprawa doktorska składa się z ośmiu głównych rozdziałów: rozdziału 1 (wstęp, s.12-s.83), rozdziału 2 (cel i pytania badawcze, s.84), rozdziału 3 (metody i materiał, s.85-s.112), rozdziału 4 (wyniki, s.113-s.139), rozdziału 5 (dyskusja, s.140 – s.168), rozdziału 6 (ograniczenia badania, s.169), rozdziału 7 (wnioski, s.170-s.171), rozdziału 8 (bibliografia, s. 172-s.194). Bibliografia zawiera spis literatury (184 poz.), 23 rysunki, 26 tabel oraz 1 wzór.

Rozprawa doktorska obejmuje analizę parametrów opisujących chód (w tym parametrów czasowo-przestrzennych, parametrów kinematycznych i parametrów kinetycznych), które zostały zidentyfikowane podczas chodu na bieżni dwupasmowej i działaniu trzech rodzajów zewnętrznych perturbacji w płaszczyźnie strzałkowej ciała na lewym paśmie bieżni w Initial Contact (IC) i Pre-Swing (PSw) cyklu chodu. Temat pracy doktorskiej jest aktualnym problemem naukowym oraz posiada duży potencjał aplikacyjny w sportach wyczynowych związanych z chodem oraz w rehabilitacji narządu ruchu w aktywnościach związanych z chodem.

Temat pracy doktorskiej został rozwinięty pod kierunkiem Pani Prof. dr hab. Michaliny Błażkiewicz-Janeczko na Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie.

2. Zakres i ocena poszczególnych części recenzowanej Rozprawy doktorskiej

We **wstępie (rozdział 1)** Doktorant opisał charakterystykę chodu swobodnego, w tym poszczególnych cykli chodu (**podrozdział 1.1**) i scharakteryzował pojęcie zaburzenia (perturbacji) (**podrozdział 1.2**). Autor przedstawił stan wiedzy obejmujący badania perturbacji w chodzie, który to stan wiedzy został rozwinięty w oparciu o systematyczny przegląd literatury wykonany w kierunku sprawdzenia doniesień dotyczących zaobserwowanych reakcji ciała ludzkiego występujących podczas chodu z perturbacjami (**podrozdział 1.3**), a w szczególności podczas chodu na ścieżce (**podrozdział 1.3.1** i tab.1), podczas chodu na bieżni jedno-pasmowej (**podrozdział 1.3.2** i tab.2), podczas chodu na bieżni dwu-pasmowej (**podrozdział**

1.3.3 i tab.3), podczas chodu na bieżni z jednym pasem i prostym odcinku ścieżki (**podrozdział 1.3.4 i tab.4**).

W **rozdziale 2** Autor przedstawił cel pracy, dwa cele szczegółowe i dwa pytania badawcze.

W **rozdziale 3** Doktorant opisał charakterystykę grupy badanej (**podrozdział 3.1**), zastosowaną aparaturę pomiarową, w tym system GRAIL (**podrozdział 3.2**), zastosowany protokół badania i protokół omarkerowania oraz charakterystykę kinematyczną lewego pasa bieżni wywołującą trzy typy perturbacji podczas chodu (**podrozdział 3.3**). W następnej kolejności Autor wyjaśnił sposób przygotowania danych uzyskanych z pomiarów za pomocą systemu GRAIL i opracowania tych danych za pomocą oprogramowania MATLAB oraz wykonania symulacji numerycznych z wykorzystaniem open source oprogramowania OpenSim (**podrozdział 3.4**). W **podrozdziale 3.5** Doktorant wskazał statystyczne testy i metody, w tym metody Statistical Parametri Mapping (SPM), które zastosował do analizy uzyskanych danych opisujących parametry czasowo-przestrzenne, parametry kinematyczne i parametry kinetyczne.

W **rozdziale 4** Doktorant opisał wyniki uzyskane dla dolnej kończyny, która została poddana trzem rodzajom perturbacji (**podrozdział 4.1**), oraz dla drugiej dolnej kończyny, która wykonywała „*recovery step*” (**podrozdział 4.2**). Dla każdej z tych obu kończyn podano: parametry czasowo-przestrzenne (**podrozdział 4.1.1 i Tab.7; podrozdział 4.2.1 i Tab.12**), parametry kinematyczne (**podrozdział 4.1.2, Ryc.18, i Tab.8; podrozdział 4.2.2, Ryc.21, i Tab.13**), parametry kinetyczne obejmujące siły reakcji podłoża (**podrozdział 4.1.3.1, Ryc.19, i Tab.9; podrozdział 4.2.3.1, Ryc.22, i Tab.14**), parametry kinetyczne obejmujące momenty sił mięśniowych uzyskane z analizy numerycznej modeli z wykorzystaniem oprogramowania OpenSim (**podrozdział 4.1.3.2, Ryc.20, i Tab.10; podrozdział 4.2.3.2, Ryc.23, i Tab.15**) oraz siły mięśni uzyskane z analizy numerycznej modeli z wykorzystaniem oprogramowania OpenSim (**podrozdział 4.1.4 i Tab.11; podrozdział 4.2.4 i Tab.16**).

W **rozdziale 5** Autor przedstawił dyskusję wyników uzyskanych dla dolnej kończyny poddanej trzem rodzajom perturbacji oraz dla drugiej dolnej kończyny wykonującej „*recovery step*”. Dyskusja została podana w nawiązaniu do chodu swobodnego (niezaburzonego perturbacjami). Dyskusja obejmowała omówienie: różnic parametrów czasowo-przestrzennych (**podrozdział 5.1.1 i 5.1.2**), różnic parametrów kinematycznych (**podrozdział 5.2.1 i 5.2.2**), różnic sił reakcji podłoża (**podrozdział 5.3.1 i 5.3.2**), różnic uzyskanych z analizy numerycznej momentów sił mięśniowych (**podrozdział 5.4.1 i 5.4.2**), różnic uzyskanych z analizy numerycznej szczytowych sił mięśni (**podrozdział 5.5.1 i 5.5.2**). W **podrozdziale 5.6** Doktorant podał charakterystykę wpływu trzech rodzajów zewnętrznych perturbacji na reakcje kompensacyjne ciała występujące podczas działania każdej z tych perturbacji.

W **rozdziale 6** Doktorant szczegółowo opisał ograniczenia badania.

W **rozdziale 7** Autor przedstawił wnioski sformułowane na podstawie uzyskanych wyników.

W **rozdziale 8** została podana bibliografia obejmująca 184 pozycji.

3. Ocena Rozprawy doktorskiej

Ocena Rozprawy doktorskiej jest przedstawiona w postaci sześciu punktów: 1) Zagadnienie naukowe rozpatrywane w pracy; 2) Charakter oryginalnego rozwiązania problemu naukowego lub rozwiązania problemu w oparciu o opracowanie projektowe, konstrukcyjne lub technologiczne; 3) Uzasadnienie tematu badań; 4) Ocena rozwiązania podanego w Rozprawie; 5) Krytyczna analiza treści Rozprawy; 6) Ocena formalnej strony Rozprawy.

3.1 Zagadnienie naukowe rozpatrywane w pracy

Doktorant podjął się rozwiązania złożonego zagadnienia naukowego polegającego na identyfikacji i analizie parametrów opisujących chód na bieżni dwupasmowej i działaniu trzech rodzajów zewnętrznych perturbacji działających w płaszczyźnie strzałkowej ciała na lewym paśmie bieżni w Initial Contact (IC) i Pre-Swing (PSw) cyklu chodu. Zakres parametrów analizowanych w pracy obejmował parametry czasowo-przestrzenne, parametry kinematyczne i parametry kinetyczne.

Uważam, iż na podstawie przedstawionego przeglądu literatury Autor Rozprawy w sposób czytelny przedstawił analizę stanu wiedzy oraz sformułował cel pracy, cele szczegółowe i pytania badawcze w celu rozwiązania zagadnienia naukowego rozpatrywanego w Rozprawie.

3.2 Charakter oryginalnego rozwiązania problemu naukowego lub rozwiązania problemu w oparciu o opracowanie projektowe, konstrukcyjne lub technologiczne

Analizując treść Rozprawy, stwierdzam, iż Doktorant w sposób czytelny i spójny przedstawił samodzielne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego identyfikacji i analizy parametrów opisujących zachowanie ciała podczas chodu poddanego działaniu określonych perturbacji zewnętrznych. Opisane w Rozprawie samodzielne rozwiązanie zostało rozwinięte w oparciu o wiedzę z zakresu dziedziny nauk medycznych i nauk o zdrowiu, a w szczególności z zakresu dyscypliny **Nauki o Kulturze Fizycznej**. Ponadto w celu rozwiązania problemu naukowego Doktorant opanował i zastosował inżynierskie narzędzia do modelowania (*open source oprogramowanie OpenSim*), do analizy danych (*MATLAB*) oraz do analizy statystycznej (*open source Statistical Parametric Mapping (SPM1D)* i *Statistica*).

3.3 Uzasadnienie tematu badań

Temat pracy doktorskiej jest aktualnym problemem naukowym oraz posiada duży potencjał aplikacyjny w sportach wyczynowych związanych z chodem oraz w rehabilitacji narządu ruchu.

W mojej opinii podany w Rozprawie przegląd literatury wraz z jej analizą jest przedstawiony w sposób bardzo staranny i logiczny. Stwierdzam, iż Doktorant posiada wystarczającą wiedzę naukową aby samodzielnie realizować następne badania naukowe.

3.4 Ocena rozwiązania podanego w Rozprawie

Po wnikliwej analizie treści Rozprawy wraz z podanymi pozycjami literatury stwierdzam, iż Autor Rozprawy zastosował prawidłową metodę realizacji badań naukowych oraz w sposób czytelny i logiczny podał charakterystykę stanu wiedzy, cel i pytania badawcze oraz metodę realizacji badań i zastosowane materiały, wyniki badań doświadczalnych i badań numerycznych wraz z ich analizą, ograniczenia badania i wnioski końcowe.

W p.3.5 niniejszej recenzji podałam pytania, które powstały podczas analizy treści Rozprawy.

Uważam, iż Autor Rozprawy zaproponował oryginalne naukowe rozwiązanie, które wnosi znaczący wkład naukowy w rozwój dyscypliny **Nauki o Kulturze Fizycznej**.

3.5 Krytyczna analiza treści Rozprawy

W zakresie analizy krytycznej treści Rozprawy przedstawiłam uwagi w postaci **uwag głównych** (są podane poniżej) oraz **uwag szczegółowych** (są podane w p.3.5.1).

Uwagi główne:

- 1) Przedstawione w pracy momenty sił mięśniowych i siły mięśniowe zostały uzyskane za pomocą narzędzia obliczeniowego – modelu numerycznego opracowanego w *open-source oprogramowaniu OpenSim*. Należy zwrócić uwagę, iż uzyskane wartości momentów sił mięśniowych i wartości sił mięśniowych zależą od szeregu wewnętrznych parametrów przyjętych w modelu OpenSim, w tym od numerycznej metody rozwiązania zadania optymalizacji i przyjętej funkcji celu wraz z ograniczeniami oraz przebiegów analizowanych aktonów mięśniowych w przyjętym modelu numerycznym. **Należałoby te wszystkie wewnętrzne parametry wyjaśnić aby można było wywnioskować czy użyte narzędzie obliczeniowe (OpenSim) zostało zastosowane w sposób prawidłowy.**
- 2) Brak weryfikacji doświadczalnej analizowanych sił mięśniowych (np. za pomocą powierzchniowej elektromiografii) prowadzi do problemu dyskusyjnego dot. **prawidłowości przedstawionej w pracy klinicznej interpretacji zaprezentowanych wartości momentów sił mięśniowych i wartości sił mięśniowych (które zostały uzyskane z obliczeń numerycznych).**
- 3) Należy zwrócić uwagę, iż zjawisko badane w pracy (reakcja na wymuszone perturbacje) jest zjawiskiem dynamicznym, które prowadzi do występowania sił bezwładności obejmujących całe ciało, w tym kończyny górne. **Należałoby wyjaśnić czy zastosowane narzędzie obliczeniowe (OpenSim) pozwala i w jakim zakresie na uwzględnienie wpływu sił bezwładności w analizowanych czynnościach (chód pod wpływem perturbacji).**
- 4) Twierdzenie podane na s.142 o treści *"Co więcej, dla wszystkich perturbacji reakcje obserwowano jedynie w płaszczyźnie strzałkowej"* pozostaje twierdzeniem dyskusyjnym, bowiem badane perturbacje wywoływały złożone ruchy ciała osoby badanej we wszystkich trzech płaszczyznach anatomicznych, w tym tułowia i kończyn górnych, ponadto każda z osób badanych była utrzymywana na uprzęży, która asekurowała tę osobę przed upadkiem. **Doktorant powinien wyjaśnić z jakiego powodu analizę wartości momentów sił mięśniowych oraz parametrów kinematycznych (w stawach biodrowych, kolanowych i skokowo-goieniowych) przeprowadzono jedynie w płaszczyźnie strzałkowej ciała.**
- 5) Dyskusja opisana w podrozdziale 5.1 i 5.2 powinna zawierać odpowiednie powołania na Ryciny i Tabele podane w rozdziale 4 oraz na wartości, które Doktorant analizuje i porównuje z wynikami opublikowanymi w literaturę światowej. Uwaga ta dotyczy treści opisanych w dziewięciu podrozdziałach (5.1.1, 5.1.2, 5.2.1, 5.2.2, 5.3.1, 5.3.2, 5.4.1, 5.4.2 oraz 5.6). Brak powołań oraz bardzo małe wizualizacje wyników (Ryc.18, Ryc.19, Ryc.20, Ryc.21, Ryc.22, Ryc.23) utrudniają zrozumienie interpretacji wyników oraz wniosków (rozdział 7) podanych przez Autora rozprawy.

3.5.1 Uwagi szczegółowe do Krytycznej analizy treści Rozprawy

- 1) W celu pracy (s.84) Doktorant podał: „*Celem pracy była identyfikacja parametrów czasowo-przestrzennych, kinematycznych i kinetycznych chodu, które są najbardziej podatne na perturbacje występujące w fazach Initial Contact (IC) i Pre-Swing (PSw) cyklu chodu*”. Należy wyjaśnić:
 - a. jakie są inne parametry stosowane do analizy badanego zjawiska ?
 - b. jaka była podstawa wybrania parametrów opisanych w celu pracy ?
- 2) Podany w p.3.3 protokół badania powinien być uzupełniony o wyjaśnienie:
 - a. **jaka była kolejność wywołania perturbacji Acc_ToeOff, Dec_ToeOff i Dec_Initial w każdej próbie?**
 - b. **jaka jest liczba perturbacji każdego rodzaju uzyskana w badaniu jednego ochotnika?**
 - c. **w jaki sposób należy interpretować wizualizacje podane na Rys.5A i Ryc.5B w nawiązaniu do protokołu badania?**
- 3) Należy wyjaśnić podstawę oceny podaną w sformułowaniu „**w skali od 1 do 5**”, które jest podane w następującym zdaniu: „*Wielkość każdej perturbacji wynosiła pięć w skali od 1 do 5. Oznaczało to zmianę prędkości pasa bieżni o około 0.5 ~ 0.6 m/s. Zatem, podczas perturbacji Acc_ToeOff prędkość lewego pasa bieżni wynosiła 1.7 ~ 1.8 m/s (Rycina 5 B).*”
- 4) Opis dotyczący przetwarzania danych podany w p.3.4.1 zawiera sporo nieścisłości:
 - a. **w nawiązaniu do opisu** „...Z uwagi na fakt, że chód badanych charakteryzował się zmiennością osobniczą, oprogramowanie D-Flow dostosowywało moment wywołania perturbacji do odpowiedniej fazy cyklu chodu, jednocześnie zapewniając, że perturbacje będą występowały w 30, 40, 50, 60 i 70 sekundzie próby” **należy doprecyzować podane sformułowanie** „oprogramowanie D-Flow dostosowywało moment wywołania perturbacji”.
 - b. **należy wyjaśnić w jaki sposób interpretować treść podaną w zdaniu** „...oprogramowanie D-Flow dostosowywało moment wywołania perturbacji do odpowiedniej fazy cyklu chodu, jednocześnie zapewniając, że perturbacje będą występowały w 30, 40, 50, 60 i 70 sekundzie próby ” **z treścią podaną w kolejnym zdaniu** „Celem było wywoływanie perturbacji w określonej fazie cyklu chodu, a nie w dokładnym momencie czasowym...”?
 - c. **w nawiązaniu do opisu** „Trzeci etap stanowiło określenie w z wykorzystaniem oprogramowania OpenSim początku cyklu chodu na podstawie wystąpienia sił reakcji podłoża pod daną kończyną” **należy wyjaśnić w jaki sposób zostało użyte oprogramowanie Open-Sim do identyfikacji zdarzeń czasowych?**
- 5) **Należy doprecyzować:**
 - a. **sformułowanie podane na s.92:** „Narzędzie statycznej optymalizacji wykorzystano dwukrotnie w stosunku do każdego badanego. Pierwsza analiza dotyczyła kroku, w którym wywołano perturbację, natomiast druga – recovery step”;
 - b. **sformułowanie podane na s.94:** „W modelu Gait2392 każdy mięsień jest symulowany jako siłownik mięśniowo-ścięgnisty, który generuje siłę w zależności od geometrii odpowiadającego mu mięśnia oraz aktualnej pozycji stawu.”

- c. w jaki sposób wybrano parametry poszczególnych modeli mięśni opisanych na s.94 i Ryc.7?
 - d. w jaki sposób uwzględniono wpływ więzadeł w modelu numerycznym opracowanym w OpenSim?
- 6) Należy wyjaśnić powód przyjęcia metody opisanej na s.111: *"Analiza statystyczna sił mięśniowych polegała na porównaniu maksymalnych wartości sił generowanych przez poszczególne mięśnie.."*
- 7) W pracy wyniki analiz (Ryc.18, Ryc.19, Ryc.20, Ryc.21, Ryc.22, Ryc.23) są podane w postaci **bardzo małych rysunków, których odczytanie jest dość kłopotliwe. Ponadto na rysunkach tych należałoby także podać siatkę pionową obrazującą poszczególne fazy chodu (które Doktorant zdefiniował w podrozdziale 1.1.) oraz ustalić podobną skalę pionową na Ryc.18 (1A,1B, 1C) i na Ryc.21 (1A,1B, 1C).**
- 8) Należy wyjaśnić czy jest podany prawidłowy zakres skali pionowej na:
a. Ryc.18 (A2, A3, B2, B4, C2, C4)?
b. Ryc.21 (A2, B2, B4, C2, C4)?
- 9) W nawiązaniu do Tab.11:
a. należy podać interpretację utworzonych klastrow;
b. wyjaśnić dlaczego w opisie trzeciego klastra (Acc_ToeOff) pominięto **Pośladowy wielki (24.70% *)**?
c. wyjaśnić dlaczego w opisie drugiego klastra (Dec_ToeOff) pominięto **Naprężacz powięzi szerokiej (42.36% *)**?
- 10) W nawiązaniu do Tab.12 należy podać interpretację utworzonych klastrow.
- 11) Wnioski (s.7-8): należy wyjaśnić jakie **różnice** omówiono w Streszczeniu we Wnioskach.
- 12) Rozdział 1.1: należy doprecyzować w jakich płaszczyznach anatomicznych i w jakich osiach anatomicznych opisano kąty kończyny dolnej w poszczególnych fazach chodu (IC, LR, MS, TS, PSw, ISw, MSw, TSw).
- 13) s.22: jaka jest podstawa podanej liczby prac (26) w zdaniu: *"... wywoływano poślizgnięcia była faza IC (26 prac)..."*?
- 14) s.24: wyjaśnić sformułowanie **„na reakcje kinematyczne i mięśniowe”**, które zostało podane w następującym zdaniu: *„... Zbadanie wpływu tego treningu na reakcje kinematyczne i mięśniowe....”*?
- 15) s.24: wyjaśnić podane skróty „S1” i „S3”.
- 16) s.51: wyjaśnić w jaki sposób oszacowano siłę mięśni w nawiązaniu do opisu (Ding & Yang, 2016) *"... Osoby upadające wykazywały znacznie niższą siłę mięśni obsługujących staw kolanowy w do osób..."*
- 17) s.89: należy wyjaśnić w jaki sposób interpretować następujące zdanie w stosunku do treści podanych w pierwszym akapicie: *„Zastosowanie wyższych wartości perturbacji wywoływało*

silniejsze reakcje posturalne (Aprigliano et al., 2015), co ułatwiało ich identyfikację oraz obserwację."?

- 18) s.92: należy wyjaśnić w jaki sposób interpretować sformułowanie „**analizy reakcji**” podane w zdaniu: *"...Dla każdego uczestnika badania w programie OpenSim dokonano czteroetapowej analizy reakcji na poszczególne rodzaje perturbacji..."*?
- 19) s.96: należy doprecyzować sformułowanie: *"W procesie modelowania na powierzchni rzeczywistych kości wygenerowano siatki wielokątów, a następnie przeprowadzono skanowanie, aby uzyskać współrzędne wierzchołków tych figur geometrycznych."*
- 20) s.97: należy doprecyzować sformułowanie: *"Jednakże, aby dostosować rozmieszczenie markerów do schematu HBM2 używanego w badaniu (Rycina 4), ich położenie zostało ręcznie zmodyfikowane..."*
- 21) s.100: należy wyjaśnić w jaki sposób Doktorant interpretuje „**zadania kinematyki odwrotnej**” w nawiązaniu do opisu: *"w formacie *.mot, uzyskane w wyniku analizy zadania kinematyki odwrotnej..."*
- 22) s.102: należy wyjaśnić jaka jest podstawa metody „**skalowania proporcjonalnego**” w nawiązaniu do zdania: *"Skalowanie nie ogranicza się tylko do wymiarów geometrycznych, ale obejmuje również parametry, takie jak masa i momenty bezwładności segmentów ciała. Parametry te są **skalowane proporcjonalnie** do rzeczywistych wymiarów badanego..."*
- 23) s.102: należy doprecyzować treść podaną w zdaniu: *"Stopień zgodności położenia markera wirtualnego z położeniem markera eksperymentalnego zależy **od wagi danego markera**. Im wyższa wartość tej wagi, tym większy nacisk algorytm kładzie na wierne odwzorowanie położenia markera..."*
- 24) s.105: należy doprecyzować treść podaną w zdaniu: *"Ograniczenia równowagi oznacza, że momenty generowane przez wszystkie siły mięśniowe muszą równoważyć momenty sił mięśniowych obliczone z wykorzystaniem odwrotnej dynamiki..."*
- 25) s.105: należy doprecyzować treść podaną w zdaniu: *"Mianowicie, dla każdego momentu czasowego narzędzie SO dąży, by **siły mięśniowe równoważyły momenty stawowe**..."*
- 26) s.106 oraz s.110: należy wyjaśnić dlaczego został wykorzystany **test Wilcoxona** w nawiązaniu do zdania: *"Do porównań parametrów czasowo-przestrzennych oraz wartości sił mięśniowych wykorzystano test Wilcoxona..."*
- 27) s.110: należy wyjaśnić dlaczego został wykorzystany **test t dla prób zależnych** w nawiązaniu do zdania: *"W tym przypadku wybrano „ttest_paired” czyli test t dla prób zależnych..."*
- 28) s.114: wymagana jest weryfikacja danych podanych w Tab.7 dla „Czas podwójnego podporu [s] podany dla N (Q1, Mdn., Q3)”;
- 29) s.128: wymagana jest weryfikacja wszystkich danych podanych w Tab.12 dla N (Q1, Mdn., Q3) z wyjątkiem dla „Czas cyklu chodu[s]”.

3.6 Ocena formalnej strony Rozprawy

W zakresie oceny formalnej poniżej podaję kilka niespójności wymagających wyjaśnienia:

1) Pozycje Bibliografii oraz cytowania podane w Rozprawie:

- Cytowanie [Chodkowska, Błażkiewicz, et al. (2024)] wymaga doprecyzowania;
- Następujące cytowania wymagają doprecyzowania:
 - [Aprigliano et al., 2019] należałoby doprecyzować czy cytowanie dotyczy [Aprigliano et al., 2019b] czy [Aprigliano et al., 2019a]?
 - [Okubo et al., 2019] poz. 118. czy poz. 121.?
 - [Ren et al, 2022] poz. 141. czy poz. 142.?
 - [Rieger at al,2020] poz. 144. czy poz. 145.?
 - [Wang et al, 2020] poz. 172. czy poz. 174., czy poz. 175?
 - [Wang et al, 2019] poz. 176. czy poz. 177. ?
 - [Yang et al, 2018] poz. 180. czy poz. 181?
- s.22 i s.28: doprecyzować jakie pozycje opisują cytowania [Wang 2020a] i [Wang 2020b]?
- s.28: doprecyzować jakie pozycje opisuje cytowanie [Wang 2020c]?
- Brak cytowania na poz. 29. [Claudino, J. G., et al. (2021)].

2) Z jakiego powodu w Spisie treści nie podano następujących podrozdziałów: p.3.4.2.1, p.3.4.2.2, p.3.4.2.2.1, p.3.4.2.2.2, p.3.4.2.2.3, p.3.4.2.2.4, p.3.4.2.3, p.3.4.2.3.1, p.3.4.2.3.2, p.3.4.2.3.3, p.3.4.2.3.4; p.3.5.2.1, p.3.5.2.2, podrozdziały p.4.1.3, podrozdziały p.4.2.3?

3) s.7 (2 linijka od góry) – czy w pracy siła mięśni była „rejestrowana” czy obliczana?

4) s.13 (5-6 linijka od góry) – czy podana definicja dot. zapoczątkowania fazy przenoszenia jest prawidłowa „... *Faza ta rozpoczyna się w momencie oderwania stopy od podłoża, a...*”?

5) s.92 (7 linijka od góry) – co znaczy „0” w sformułowaniu „3.4.2.2.3, 0 i 3.4.2.3”?

6) s.99 – zawartość Ryc.10 jest bardzo okrojona w stosunku do opisu podanego pod Ryc.10.

7) s.113 – w pierwszym i drugim akapicie należałoby podać numery odpowiednich podrozdziałów.

8) s.149 – co oznacza „w podrozdziale 0.” ?

Pojedyncze błędy ortograficzne - s.7, s.10, s.16, s.17, s.19, s.29, s.31, s.34, s.35, s.36, s.39, s.40, s.50, s.90, s.143, s.145.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona mi do recenzji Rozprawa doktorska mgr Rafała Borkowskiego p.t. **„Analiza i porównanie reakcji młodych kobiet na perturbacje przednio-tylne występujące w różnych fazach cyklu chodu”** stanowi samodzielne opracowanie problemu naukowego, które potwierdza, iż Doktorant posiada umiejętności niezbędne do realizacji badań naukowych oraz analizy i prezentacji wyników badań naukowych.

Pomimo uwag krytycznych i formalnych podanych w recenzji, stwierdzam, iż **mgr Rafał Borkowski** w przedstawionej Rozprawie doktorskiej przedstawił istotne naukowo osiągnięcia będące wynikiem przeprowadzonych badań, które wnoszą wkład w rozwój dyscypliny **Nauki o Kulturze Fizycznej**. Ponadto Autor rozprawy jest współautorem 3 publikacji z listy czasopism punktowanych.

Biorąc pod uwagę całość, stwierdzam, iż **Rozprawa doktorska mgr Rafała Borkowskiego** spełnia wymogi zawarte w *Ustawie z dnia 11 września 2024 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”* (Dz.U. 2024 poz. 1571), mieści się w zakresie dziedziny nauk medycznych i nauk o

zdrowiu, a w szczególności w zakresie dyscypliny **Nauki o Kulturze Fizycznej**, oraz wnioskuję do Rady Nauk o Kulturze Fizycznej Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie o dopuszczenie Pana mgr Rafała Borkowskiego do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora, w tym przyjęcie tej Rozprawy i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

