

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Chmury „Ocena zmian wybranych mechanizmów kontroli posturalnej w odpowiedzi na rzeczywiste i wirtualne bodźce prowadzące do wytrącenia równowagi”

Recenzję sporządzono na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna, prof. dr. hab. inż. Roberta Michnika, z dnia 24 października 2024 r. Praca doktorska mgr inż. Marty Chmury została przygotowana pod kierunkiem promotora, dr hab. inż. Jacka Jurkojcia, prof. PŚ, a promotorem pomocniczym był dr inż. Piotr Wodarski.

1. Ocena układu rozprawy doktorskiej i formalnej strony pracy

1.1. Formalna strona pracy

Recenzowana praca stanowi zbiór sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w latach 2022-2024. Całość rozprawy obejmuje 75 stron treści artykułowej, uzupełnionej o 36-stronicowe streszczenie w języku polskim oraz 35-stronicowe streszczenie w języku angielskim. Prace ukazały się w renomowanych czasopismach, takich jak *Acta Bioeng Biomech* (3 artykuły; IF = 1,0; 100 pkt. MNiSW), *Applied Sciences* (1 artykuł; IF = 2,5; 100 pkt. MNiSW), *PLOS One* (1 artykuł; IF = 2,9; 100 pkt. MNiSW) oraz *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (1 artykuł; IF = 5,2; 140 pkt. MNiSW). Sumaryczny wskaźnik impact factor (IF) publikacji wynosi około 13,6, co przekłada się na średni IF równy 2,267.

Publikacje wchodzące w skład rozprawy charakteryzują się dobrym poziomem naukowym. Niemniej jednak, kluczowym aspektem oceny rozprawy doktorskiej jest wkład

i samodzielność Doktorantki w realizację badań. Wszystkie publikacje mają charakter współautorski, a udział mgr inż. Marty Chmury w poszczególnych pracach wynosił od 15% do 40%. Jednocześnie Doktorantka nie jest pierwszym autorem w żadnej z tych publikacji, co może budzić wątpliwości odnośnie poziomu samodzielności w projektowaniu i realizacji badań. Oczekuje się, aby w ramach rozprawy doktorskiej Doktorantka wykazała się większym zaangażowaniem w kluczowe elementy procesu badawczego, takie jak formułowanie koncepcji oraz projektowanie eksperymentów. Te aspekty są fundamentalne dla pełnego wykazania samodzielności naukowej i kompetencji badawczych na poziomie wymaganym od doktorantów. Z drugiej strony, warto podkreślić, że praca w zespole badawczym umożliwiła Doktorantce zdobycie cennego doświadczenia i rozwój umiejętności, co z pewnością będzie miało pozytywny wpływ na jej dalszą karierę naukową.

Pomimo powyższych zastrzeżeń, należy docenić dobry poziom merytoryczny opublikowanych prac, które wnoszą istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna.

1.2. Układ rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska składa się z autoreferatu, cyklu publikacji naukowych oraz załączonych oświadczeń współautorów. Autoreferat zawiera szczegółowe streszczenia w języku polskim i angielskim, rozszerzone omówienie wkładu własnego oraz przegląd literatury, co pozwala na syntetyczne przedstawienie zagadnienia badawczego. Doktorantka przybliżyła cele i przebieg badań, a także wskazała znaczenie uzyskanych wyników w kontekście ich wkładu w rozwój badań podstawowych. W autoreferacie odwołała się do 33 pozycji literatury, natomiast przegląd literatury w publikacjach wchodzących w skład cyklu rozprawy oparto na 34, 44, 25, 26, 36 oraz 43 właściwie dobranych źródłach naukowych.

We wprowadzeniu Doktorantka trafnie zidentyfikowała ograniczenia obecnych metod w analizie zmian niecyklicznych w sygnałach posturalnych, wynikających z jednostek chorobowych, wpływających na strategie utrzymania równowagi ciała. Zaproponowane podejście zakłada zastosowanie zaawansowanych technologii i metod badawczych, które umożliwiają głębsze zrozumienie mechanizmów kontroli równowagi. W ramach pracy określiła trzy cele badawcze:

1. Opracowanie metodyki pomiaru zdolności utrzymania równowagi ciała człowieka umożliwiającej ocenę zmian w strategii kontroli posturalnej w odpowiedzi na spodziewane i niespodziewane bodźce.

2. Określenie wpływu wirtualnych i rzeczywistych bodźców wytrącających z równowagi na zjawisko przygotowania posturalnego jako narzędzia diagnostycznego zdolności utrzymania równowagi.
3. Analiza możliwości praktycznego zastosowania metody detekcji chwilowych korekt postawy do oceny zmian w kontroli strategii posturalnej w odpowiedzi na różne bodźce.

Doktorantka, realizując założone cele, sięgnęła po odpowiednie narzędzia badawcze oraz zaadaptowała i zmodyfikowała metody, dostosowując je do specyfiki swoich badań.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Warto podkreślić, że merytoryczna wartość opisanych badań została pozytywnie oceniona przez recenzentów publikacji, które składają się na rozprawę doktorską. Z mojej strony ocena pracy jest oparta na przedstawionym autoreferacie, który stanowi podsumowanie kluczowych wyników badań.

Wybór tematu rozprawy doktorskiej jest interesujący i aktualny, ponieważ dotyczy zagadnienia, które ma istotne znaczenie zarówno w kontekście teoretycznym, jak i praktycznym. Problematyka oceny zdolności utrzymania równowagi ciała człowieka jest kluczowa w inżynierii biomedycznej, zwłaszcza w obliczu rosnącej liczby osób borykających się z problemami zdrowotnymi związanymi z układem mięśniowo-szkieletowym oraz równowagą posturalną. Wykorzystanie nowoczesnych technologii, takich jak techniki fotogrametryczne czy zaawansowane metody pomiarowe, stanowi przełom w diagnozowaniu i monitorowaniu tych zdolności. Dodatkowo, interdyscyplinarne podejście do tej problematyki, które łączy inżynierię z medycyną, otwiera nowe możliwości w obszarze rehabilitacji, diagnostyki oraz personalizowanej opieki zdrowotnej. Tego rodzaju badania wpisują się w priorytetowe obszary badawcze współczesnej inżynierii biomedycznej, a ich wyniki mogą mieć istotne znaczenie zarówno w kontekście poprawy jakości życia pacjentów, jak i rozwoju innowacyjnych technologii wspomagających leczenie i diagnostykę.

Analizując stan wiedzy w zakresie tematu rozprawy doktorskiej stwierdza się brak obszernej analizy dotychczasowych badań, co może ograniczać pełniejsze zrozumienie kontekstu, w jakim realizowane były opisane prace. Włączenie takiej analizy pozwoliłoby na głębszą refleksję nad dotychczasowym dorobkiem naukowym oraz umożliwiło wskazanie, w jaki sposób przeprowadzone badania wnoszą innowacyjne rozwiązania.

Część badawcza rozprawy opiera się na sześciu publikacjach naukowych, które ukazują interdyscyplinarne podejście i wykorzystanie nowoczesnych metod badawczych. Praca *Analysis of Center of Pressure Displacements and Head Movements Triggered by a Visual Stimulus Created Using Virtual Reality Technology* [A1] stanowi kluczowe badanie w kontekście wpływu bodźców wizualnych na równowagę posturalną w środowisku wirtualnej rzeczywistości. Wyniki wskazują, że wizualne bodźce destabilizujące, takie jak symulacja upadku ze schodów, mogą mieć istotny wpływ na kontrolę postawy, co zostało zbadane na podstawie ruchu głowy oraz przemieszczeń środka nacisku (COP). Mimo cennych wniosków, ograniczona liczba uczestników badania (10 osób) utrudnia generalizowanie wyników, co wskazuje na konieczność przeprowadzenia dalszych badań na większej próbie.

Kolejna praca, *The Effect of Selected Lower Limb Muscle Activities on a Level of Imbalance in Reaction to Anterior-Posterior Ground Perturbation* [A2], koncentruje się na reakcji ciała na rzeczywiste bodźce destabilizujące, takie jak przesunięcie podłoża. Wyniki wskazują na kluczową rolę mięśnia piszczelowego przedniego oraz na znaczenie zgięcia w stawie kolanowym i nacisku na podłoże w procesie stabilizacji posturalnej. Badanie to wnosi istotny wkład w zrozumienie mechanizmów adaptacji posturalnej w odpowiedzi na dynamiczne zmiany otoczenia.

Praca *The Stock Market Indexes in Research on Human Balance* [A3] przedstawia innowacyjne podejście, wykorzystując metody analizy technicznej stosowane na rynkach finansowych do analizy równowagi posturalnej. W badaniu uczestniczyły 83 osoby, co zapewnia odpowiednią reprezentatywność wyników. Dzięki zastosowaniu wskaźników giełdowych możliwe było wykrywanie zmian trendów w równowadze ciała, co otwiera nowe perspektywy badawcze. Szczegółowa analiza danych w dziedzinie czasu i częstotliwości wzbogaca interpretację wyników.

Dalsze badania, opisane w publikacji *Impact of Visual Disturbances on the Trend Changes of COP Displacements Courses Using Stock Exchange Indices* [A4], koncentrują się na wpływie zaburzeń wizualnych na zmiany trendów w przemieszczeniach COP. Z kolei praca *Trend Change Analysis in the Assessment of Body Balance During Posture Adjustment in Reaction to Anterior-Posterior Ground Perturbation* [A5] analizuje zmiany trendów w równowadze posturalnej w odpowiedzi na przesunięcie podłoża w płaszczyźnie przednio-tylnej. Obydwie prace podkreślają znaczenie analizy trendów jako metody wspomagającej tradycyjne podejścia, takie jak analiza czasowa i pomiary elektromiograficzne (EMG), co pozwala na bardziej kompleksowe uchwycenie zmian w równowadze.

Praca *Trend Change Analysis of Postural Balance in Parkinson's Disease Discriminants Between Medication States* [A6] stanowi istotny krok w kierunku praktycznego zastosowania przedstawionych metod. Badania wykazały różnice w stabilności posturalnej pacjentów z chorobą Parkinsona pomiędzy stanem „on” i „off” leczenia dopaminergicznego. Analiza zmian trendów okazała się skutecznym narzędziem diagnostycznym, co ma potencjał do zastosowania w monitorowaniu efektów leczenia i postępów choroby.

Istnieje kilka obszarów, które wymagają pogłębienia i szczegółowego omówienia, co może stać się przedmiotem dyskusji podczas obrony rozprawy:

1. Przede wszystkim, choć uzyskane wyniki badań są obiecujące, ich potencjalne implikacje nie zostały dostatecznie rozwinięte. Brakuje szczegółowego omówienia, w jaki sposób odkrycia Doktorantki wpisują się w szerszy kontekst badań w dyscyplinie inżynieria biomedyczna oraz jakie mogą być ich długofalowe skutki dla rozwoju tej dyscypliny.
2. Istotnym aspektem do wyjaśnienia pozostaje również wkład Doktorantki w poszczególne publikacje współautorskie, na których oparta jest rozprawa. Precyzyjne wskazanie jej indywidualnego udziału w uzyskanych wynikach i wprowadzonych innowacjach jest niezbędne dla pełnego zrozumienia i oceny jej pracy.
3. Warto również rozważyć, czy zastosowana analiza trendów w zakresie COP (Center of Pressure) i EMG (elektromiografia) jest wystarczająca do wykrywania wszystkich typów zaburzeń równowagi. Należałoby zbadać, jakie inne czynniki mogą wpływać na wyniki i w jaki sposób można je uwzględnić w przyszłych badaniach, aby jeszcze lepiej scharakteryzować mechanizmy posturalne. W tym kontekście otwarte pozostają pytania badawcze dotyczące nowych kierunków, które można podjąć na podstawie uzyskanych wyników. Wytyczenie potencjalnych obszarów dalszych badań mogłoby wzbogacić rozprawę i wskazać jej znaczenie dla przyszłych działań naukowych.
4. Istotnym zagadnieniem są także ograniczenia metodyczne wynikające z realizacji badań w warunkach rzeczywistych oraz wirtualnej rzeczywistości. Szczegółowe omówienie tych ograniczeń jest kluczowe dla oceny wiarygodności oraz rzetelności wyników. Wskazanie, w jaki sposób zastosowane technologie i procedury wpływają na interpretację danych, pozwoliłoby na lepsze osadzenie badań w kontekście praktycznym.
5. Kolejnym aspektem, który warto omówić, jest potencjalne zastosowanie wyników badań w praktyce klinicznej. Wskazanie konkretnych rekomendacji dla terapeutów czy specjalistów w dziedzinie zdrowia oraz możliwości wykorzystania uzyskanych wyników w diagnostyce i terapii neurologicznej znacznie zwiększyłoby praktyczną wartość pracy.

6. W przedstawionej pracy brakuje szczegółowej dyskusji uzyskanych wyników. Zasadnym byłoby uwzględnienie analizy porównawczej z wynikami badań innych autorów.

3. Podsumowanie

Praca doktorska mgr inż. Marty Chmury, oparta na eksperymentalnych badaniach, wskazuje interesujące elementy. Kluczowe osiągnięcia rozprawy obejmują dokładne określenie zmian w aktywacji mięśni kończyny dolnej podczas wytrącania z równowagi, zarówno spodziewanego, jak i niespodziewanego, co zostało wzbogacone analizą kątów w stawach. Taka kompleksowa analiza pozwoliła na uzyskanie szczegółowego obrazu mechanizmów posturalnych. Ponadto, jednym z istotnych odkryć badawczych jest wykazanie, że próby kompensacyjne mające na celu przygotowanie organizmu na nadchodzące zakłócenia równowagi, mogą w pewnych sytuacjach prowadzić do pogorszenia zdolności utrzymywania stabilności. Ponadto, szczegółowe wskazanie parametrów korekt postawy oraz ich zmienności w kontekście APA stanowi ważny element pracy, otwierając nowe możliwości w zakresie diagnostyki i oceny zdolności posturalnych.

Rozprawa została napisana w sposób świadczący o dobrym przygotowaniu teoretycznym i praktycznym Doktorantki. Uwagi zawarte w tej recenzji mają charakter marginalny i nie wpływają na ogólną wartość naukową i aplikacyjną pracy.

4. Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska mgr inż. Marty Chmury pt. *Ocena zmian wybranych mechanizmów kontroli posturalnej w odpowiedzi na rzeczywiste i wirtualne bodźce prowadzące do wytrącenia równowagi* spełnia zarówno wymagania formalne, jak i merytoryczne, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późniejszymi zmianami). Praca stanowi znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna.

Na podstawie przedstawionego dorobku naukowego oraz treści rozprawy, wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr inż. Marty Chmury do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Podpisała Jolanta Pauk (podpis odręczny)