

Dr hab. Katarzyna Kotarska, prof. US
Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej
Wydział Kultury Fizycznej i Zdrowia
Uniwersytet Szczeciński

Szczecin, 14.10.2024r.

Ocena rozprawy doktorskiej Magdaleny Prończuk

pt.: „Wpływ treningu EEG Biofeedback na czas reakcji oraz motywację u sportowców”

Promotor: dr hab. Piotr Żmijewski

Jedną z innowacyjnych metod integrujących naukę kontrolowania stanów emocjonalnych z regulowaniem fizjologicznej odpowiedzi organizmu jest zastosowanie, wciąż jeszcze mało poznanego w sporcie, treningu EEG biofeedback. Wyrównany poziom przygotowania sprawnościowego, technicznego i taktycznego zawodników sprawia, że coraz większą rolę w drodze do osiągnięcia wysokich wyników sportowych odgrywa trening mentalny - psychologiczne wspomaganie sportowców. Zdobyćie tzw. przewagi mentalnej nad przeciwnikiem, niejednokrotnie decyduje o ostatecznym wyniku rywalizacji sportowej, a także pozytywnie wpływa na proces szkolenia sportowców, zwiększając m.in. efektywność działań podejmowanych w celu doskonalenia ich sprawności. Badania z zakresu psychologii sportu szeroko analizują poszczególne aspekty wydajności zawodników. Wykazano, że głównymi psychologicznymi determinantami sukcesu są umiejętności z zakresu zarządzania poziomem pobudzenia, samokontroli emocji, zdolności koncentracji i relaksacji, a także samoświadomość zawodnika. Uważa się, że osiągnięcie równowagi emocjonalnej przez sportowca warunkuje optymalną aktywację jego układu nerwowego.

Badania naukowe nad skutecznością treningu neurofeedback szeroko analizują jego zastosowanie w praktyce klinicznej, niestety mniej publikacji na ten temat można znaleźć w dziedzinie sportu. Przeprowadzone dotąd badania wśród zawodników różnych dyscyplin sportowych wykazały jednak, że kształtowanie umiejętności wytwarzania określonych wzorców aktywności korowej poprzez zastosowania treningu neurofeedback, korzystnie wpływa na zwiększanie ich efektywności i osiągane lepsze wyniki sportowe. Ustalenia naukowców wskazują zatem, że metoda ta może stanowić cenne narzędzie w psychologii sportu w zakresie optymalizacji treningu mentalnego zawodników, poprzez kształtowanie ich zdolności do uzyskiwania właściwego poziomu pobudzenia układu nerwowego, umożliwiającego odpowiednią adaptację, koncentrację i automatyzm działania, mimo warunków podwyższonego stresu konkurencyjnego.

Dlatego uważam, że oceniana rozprawa doktorska przedstawia wartościowe wyniki badań o charakterze aplikacyjnym, poznawczym i społecznym.

Ocena układu rozprawy doktorskiej i formalnej strony

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska została przygotowana w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów, składającego się z trzech oryginalnych publikacji, opublikowanych w latach 2013-2024 w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. Łączna liczba punktów przypisana opublikowanym artykułom naukowym wynosi 350 punktów według wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych ogłoszonym przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Komunikat Ministra Nauki z dnia 05 stycznia 2024 roku) i 8.7 punktów Impact Factor (IF) według bazy Journal Citation Reports (JCR) z dnia 06.04.2024 r. Doktorantka jest we wszystkich pracach pierwszym autorem.

Artykuły naukowe składające się o osiągnięcie naukowego prezentowane są pod wspólnym tytułem: Wpływ treningu EEG Biofeedback na czas reakcji oraz motywację u sportowców i obejmują następujące prace:

1. **Magdalena Prończuk**, Tomasz Chamera, Jarosław Markowski, Jan Pilch, Wojciech Smolka, Adam Zając, Adam Maszczyk. The impact of EEG biofeedback training on the

athletes' motivation and bench press performance. *Biology of Sport*. 2024, Vol. 41, nr 4, s. 1737-1743. Impact Factor: 5.6; MNiSW: 140

2. **Magdalena Prończuk**, Grzegorz Trybek, Artur Terbalyan, Jarosław Markowski, Jan Pilch, Michał Krzysztofik, Maciej Kostrzewa, Aleksandra Mostowik, Adam Maszczyk. The Effects of EEG Biofeedback Training on 19 Visual Reaction Time in Judo Athletes. *Journal of Human Kinetics*. 2023, Vol. 89, s. 247-258. Impact Factor: 2.3; MNiSW: 140
3. **Magdalena Prończuk**, Tomasz Chamera, Alicja Markiel, Jerzy Markowski, Jan Plich, Piotr Żmijewski, Adam Maszczyk. Influence of Beta and Theta Waves as Predictors of Simple and Complex Reaction Times in Examined Groups of Judo Athletes during the Vienna Test. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 2023, Vol. 15(4), s. 2-11. Impact Factor: 0.8; MNiSW: 70

Pani Magdalena Prończuk planowała projekt, opracowywała metodologię, przeprowadzała badania, przygotowywała pierwotną wersję tekstów, redagowała manuskrypty po otrzymanych recenzjach oraz tworzyła ostateczną wersję gotową do opublikowania.

W pierwszej z prac pt. *The impact of EEG biofeedback training on the athletes' motivation and bench press performance*, celem badań było określenie efektów oddziaływania treningu siłowego wspieranego treningiem motywacyjnym i EEG biofeedback na wskaźniki motywacji i zdolność wysiłkową zawodników specjalizujących się w wyciskaniu sztangi leżąc, podczas ćwiczeń na ławce leżąc, z oceną zróżnicowania efektów ze względu na obciążenie zewnętrzne i poziom wytrenowania.

Badaniem objęto 18 zawodników wyciskania sztangi leżąc, którzy zostali podzieleni na dwie grupy: średniozaawansowaną (IG) i zaawansowaną (AG). Sesje treningowe odbywały się co trzy dni, każda trwała 27 minut, obejmując 5×3-minutowe interwały z okresami odpoczynku. W analizie zmian motywacji wykorzystano wskaźniki aktywności mózgu rejestrowane przy pomocy EEG, tj. FAI (Frontal Alpha Asymmetry), a do oceny zdolności wysiłkowej maksymalny ciężar wyciskany przez badanych. W doborze obciążeń wykorzystano wskaźniki relatywne maksymalnego obciążenia w pojedynczym powtórzeniu (tj. % 1RM).

Pomiary wykonano podczas 5 sesji z 3-minutową przerwą na odpoczynek pomiędzy nimi, aby uniknąć potencjalnych skutków zmęczenia. Sesje polegały na wykonaniu jednego

powtórzenia ze sztangą do wyciskania na ławce płaskiej z obciążeniem od 35% ciężaru maksymalnego w pojedynczym powtórzeniu (1RM) do 100% 1RM. Do każdej sesji treningowej zastosowano standardowy protokół rozgrzewki, obejmujący ogólną rozgrzewkę (5 minut) na ręcznym ergometrze rowerowym (tętno około 130 uderzeń na minutę) i ćwiczeń siłowych bez obciążenia zewnętrznego, angażujących całe ciało.

Na podstawie uzyskanych wyników wieloczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) wykazała istotne zróżnicowanie wskaźników FAI ze względu na poziom obciążenia zewnętrznego oraz w odpowiedzi na zrealizowany program treningowy. Odnotowano także istotne różnice w przebiegu wspomnianych zmian ze względu na poziom zaawansowania zawodników (AG vs IG). W grupie AG wykazano istotne różnice wskaźnika FAI między 65%1RM, a 35%1RM, a w grupie IG między 35%1RM, a 50%, 65% i 80%1RM. Wykazano, że istotnym czynnikiem warunkującym efekty treningu siłowego z wykorzystaniem EEG biofeedback jest poziom zaawansowania treningowego zawodników.

Stwierdzono, że im sportowiec skuteczniej wykorzystuje motywację, tym bardziej efektywny jest trening siłowy. W rezultacie można oczekiwać lepszych rezultatów sportowych. Zebrane w niniejszym badaniu doświadczenia skłaniają do stwierdzenia, że EEG biofeedback może być przydatnym w procesie szkolenia sportowego narzędziem do wspierania funkcji mózgu w treningu siły.

W drugiej publikacji pt. *The Effects of EEG Biofeedback Training on Visual Reaction Time in Judo Athletes*, celem badań było określenie czy wpływ programów treningowych z wykorzystaniem EEG biofeedback na czas reakcji będzie zróżnicowany ze względu na częstotliwość sesji i czas trwania sesji u zawodników judo?

W badaniu wzięło udział 24 zawodników kadry narodowej Polskiego Związku Judo. Wybraną grupę losowo podzielono na dwie podgrupy: eksperymentalną i kontrolną. Badanie przeprowadzono w czterech cyklach różniących się częstotliwością i czasem trwania sesji neurofeedbacku (NFB), zarówno w grupie kontrolnej, jak i eksperymentalnej. Pierwszy cykl treningowy składał się z 15 sesji szkoleniowych, prowadzonych co drugi dzień, a każda sesja trwała 10 min. W drugim cyklu badawczym wzrosła częstotliwość sesji treningowych, natomiast czas trwania każdej sesji uległ skróceniu. Sesje szkoleniowe odbywały się codziennie, a każda sesja trwała 4 minuty. W trzecim cyklu badawczym treningi odbywały się codziennie, jednak ich czas trwania został wydłużony do 10 min. Ostatecznie czwarty cykl badawczy składał się z 4minutowych sesji szkoleniowych odbywających się co drugi dzień.

Wszystkie cztery cykle badawcze przeplatane były czterotygodniową przerwą. Podczas każdej sesji treningowej we wszystkich cyklach dokładnie monitorowano procent czasu spędzonego powyżej progu. Próg ten zwiększono w przypadku fal wzmocnionych i w dół w przypadku fal zahamowanych.

Wpływ treningu NFB na czas reakcji wzrokowej zawodników judo oceniano za pomocą komputerowych prostych i złożonych testów czasu reakcji wraz z wybranymi probami Vienna Test System (VTS). Trening EEG biofeedback wykonywany był przy użyciu oprogramowania Biograf Infiniti 6.0 oraz 5 – kanałowego urządzenia dekodującego ProComp5 z sensorem EEG, pozwalającego na odbiór wysokiej jakości sygnału o niskiej zawartości szumów. Jakość urządzenia potwierdzona została certyfikatem ISO oraz certyfikatem medycznym CE. Przed przystąpieniem do rejestracji sygnału EEG każdorazowo sprawdzano poziom impedancji elektrod oraz międzyelektrodowy za pomocą wbudowanego czujnika impedancji.

Warunkiem rozpoczęcia diagnozy oraz treningu EEG biofeedback było uzyskanie poziomu impedancji poniżej 5 k Ω oraz pomiaru między elektrodami różniącego się od siebie nie więcej niż o 1 k Ω . W trakcie każdej sesji EEG biofeedback kontrolowany był również procent czasu powyżej progu, stanowiący główną miarę postępu badanego, co umożliwiło optymalizację poziomu trudności treningu dla każdego zawodnika.

Na podstawie przeprowadzonego badania wykazano, że największą poprawę czasów reakcji uzyskano u badanych podczas zadań o charakterze złożonym, co wskazuje na dużą skuteczność treningu EEG biofeedback w doskonaleniu tej zdolności.

Ponadto stwierdzono, że największą efektywność treningu EEG biofeedback w doskonaleniu czasów reakcji złożonej zaobserwowano w wyniku przeprowadzenia u badanych czterominutowych sesji szkoleniowych o zmniejszonej częstotliwości, natomiast dziesięćminutowy trening o zwiększonej częstotliwości okazał się najkorzystniejszą konfiguracją podczas doskonalenia szybkości reakcji prostej.

W ostatniej publikacji pt. *Influence of Beta and Theta waves as predictors of simple and complex reaction times in examined groups of judo athletes during the Vienna test*, celem badania było sprawdzenie które fale, Theta czy Beta, są istotnymi predyktorami czasów reakcji prostych i złożonych wizualnych u zawodników judo?

W badaniu wzięło udział 24 zawodników judo, wybranych metodą doboru mieszanego (celowego i losowego). Badanie przeprowadzono w dwóch cyklach, zróznicowanych pod

względem częstotliwości, ale o takim samym czasie trwania sesji EEG biofeedbacku, zarówno w grupie kontrolnej, jak i eksperymentalnej.

Pierwszy cykl badania składał się z 15 sesji odbywających się co drugi dzień. Każda sesja treningowa trwała 4 minuty i była modyfikacją treningu Dupee (2016). Druga seria badań, która odbyła się po sześciotygodniowej przerwie, była modyfikacją programu szkoleniowego Thompsona (2008), charakteryzującą się większą częstotliwością spotkań (codziennie), przy czym czas trwania jednej sesji szkoleniowej pozostał taki sam jak w poprzednim cyklu, tj. 4 minuty. Podczas każdej sesji monitorowano procent czasu powyżej progu, który korygowano w górę lub w dół dla fal wzmocnionych i hamowanych, tak aby poziom trudności treningu był optymalny i dostosowany do indywidualnych postępów każdego sportowca.

Podstawowym protokołem treningowym w grupie eksperymentalnej był trening beta1/theta, stosowany w celu zwiększenia koncentracji i uzyskania tzw. „zawężenia uwagi” u sportowców. Wpływ treningu neurofeedbacku na szybkość reakcji wzrokowej zawodników judo zweryfikowano na wybranych probkach z Vienna Test System (VTS). Wszyscy ochotnicy byli zdrowi i zostali poinstruowani, aby na 12 godzin przed badaniem unikali przyjmowania leków, alkoholu i substancji (takich jak kofeina i napoje energetyczne).

Dodatkowo, na 24 godziny przed badaniem, zalecono wszystkim ochotnikom, aby wstrzymali się od wyczerpujących ćwiczeń oporowych. Uczestnicy poinformowani o protokole badania, potencjalnym ryzyku i korzyściach płynących z badania, a następnie otrzymali pisemną informację zgodę na udział w badaniach.

Wyniki prowadzonych badań wykazały, że fale Theta są istotnymi ($p=0.001$) predyktorami czasów reakcji prostych i złożonych wizualnych u zawodników judo. A także analizy regresji pokazały, że zmienne Theta miały istotny wpływ na czas reakcji w badanej grupie eksperymentalnej. Oznacza to, że aktywność fal Theta w mózgu judoków może być kluczowym czynnikiem determinującym szybkość reakcji zarówno na bodźce proste, jak i złożone. Natomiast fale Beta, chociaż również wykazały istotność statystyczną, miały mniejszy wpływ na czas reakcji w porównaniu do fal Theta. Jednak dla pełniejszego zrozumienia i potwierdzenia tych efektów konieczne są dalsze dobrze kontrolowane badania.

Wartość merytoryczna rozprawy

Układ rozprawy doktorskiej Pani Magdaleny Prończuk jest zgodny z normami przyjętymi dla tego typu opracowań, a na podkreślenie zasługuje duża syntetyczność, systematyczność i przejrzystość wynikająca z właściwie przyjętej koncepcji przygotowania

rozprawy. Wysoką jakością jak publikacje odznacza się także część teoretyczna pracy, ponieważ Doktorantka potrafiła w bardzo przystępnej formie przedstawić całość zagadnienia, wskazać cele, przebieg badań i podkreślić ważność uzyskanych wyników.

W mojej opinii rozprawa zasługuje na wysoką ocenę pod względem merytorycznym. Doktorantka umiejętnie wprowadziła czytelnika w tematykę badawczą, a wszystkie potrzebne informacje zawarła w pierwszym rozdziale dysertacji zatytułowanym „Wprowadzenie – teoretyczne podstawy. Pani Magdalena Prończuk prawidłowo wytyczyła nadrzędny cel rozprawy doktorskiej, którym było określenie wpływu treningu EEG biofeedback na czas reakcji oraz motywację wysoko wytrenowanych zawodników. Doktorantka przedstawiła także pytania badawcze, sformułowane na potrzeby poszczególnych artykułów wchodzących w skład niniejszego cyklu:

1. Jakie są efekty oddziaływania treningu EEG biofeedback na wskaźniki motywacji i zdolność wysiłkową podczas wyciskania sztangi leżąc, w zależności od obciążenia zewnętrznego i poziomu wytrenowania u wysokokwalifikowanych zawodników?
2. Czy wpływ programów treningowych z wykorzystaniem EEG biofeedback na czas reakcji będzie zróżnicowany ze względu na częstotliwość sesji i czas trwania sesji u zawodników judo?
3. Które fale, Theta czy Beta, są istotnymi predyktorami czasów reakcji prostych i złożonych wizualnych u zawodników judo?

Cel główny pracy jest logiczny, a postawione pytania badawcze prawidłowo je uszczegółowiają. Badana grupa i metody badawcze zostały opisane obszernie w 3 opublikowanych wcześniej artykułach. Na ich podstawie można stwierdzić, że Doktorantka opanowała nowoczesny warsztat badawczy, a także umiejętnie posługuje się narzędziami statystycznymi do analizy uzyskanych danych. Sposób przedstawienia wyników i krytyczna ich analiza podlegały już ocenie przez recenzentów czasopism, w których zostały opublikowane 3 artykuły będące podstawą rozprawy. Jednak na podstawie kolejnych rozdziałów dysertacji - *Podsumowanie i Wnioski* można stwierdzić, że Doktorantka potrafi krytycznie analizować i umiejętnie interpretować swoje wyniki. Pani Magdalena Prończuk potrafi odnieść uzyskane rezultaty do wyników innych autorów wykazując podobieństwa i różnice, poszukując ich źródeł, na tle prawidłowo i obszernie cytowanego piśmiennictwa. Opis wyników dokonany przez Doktorantkę jest staranny stanowiąc logiczną konsekwencję podjętych metod badawczych.

Dysertacja została poprawnie skonstruowana, uwzględnia wszystkie wymagane elementy rozprawy doktorskiej przygotowanej w formie zbioru artykułów. Zawiera streszczenia w języku polskim i angielskim, Wprowadzenie – teoretyczne podstawy problemu badawczego składającego się z czterech podrozdziałów obejmujących 12 stron oraz rozdziały - *Cel badań i pytania badawcze, Osiągnięcia naukowe, Wnioski, Podsumowanie*. Do dysertacji dołączono 3 opublikowane artykuły naukowe i oświadczenia o współautorstwie za każdą publikację.

Uwagi krytyczne

Doktorantka wybierając taką konstrukcję spisu treści pominęła w mojej opinii rozdział *Materiał i metoda badań*, nie przedstawiając całkowitej liczby badanych zawodników, ich uśrednionego wieku, miejsca prowadzonych badań, nie podała także co było kryterium włączenia i wyłączenia zawodników z badań. Oczywiście liczba badanych i metody są przedstawione w poszczególnych artykułach składających się na dysertację, jednak w moim odczuciu zasadne byłoby ująć zbiorczo dane w rozdziale głównym prezentując całą grupę badaną, przedstawiając szczegółowo opis metody badań.

Ponadto w rozdziale *Cele i pytania badawcze* zabrakło podania hipotezy badań.

Niniejsze uwagi mają charakter marginalny, porządkujący i redakcyjny nie umniejszają wartości naukowej przeprowadzonych badań. Nadmieniam, że przedstawione uwagi nie mają wpływu na wysoką ocenę przedstawionej dysertacji.

Wniosek końcowy

W posumowaniu pragnę podkreślić, że oceniana rozprawa doktorska stanowi właściwie zaplanowane i bardzo dobrze zrealizowane zamierzenie badawcze. Badania zostały zaplanowane w sposób prawidłowy, a ich wyniki pozwoliły na realizację zamierzonego celu pracy. Podjęta tematyka badawcza dotyczy istotnych problemów naukowych, poznawczych i społecznych. Rozprawa doktorska wskazuje nie tylko na duże odczytanie Doktorantki w przedstawianym temacie, ale także umiejętność interpretacji wyników, dążenie do rozwiązywania problemów o charakterze aplikacyjnym, wnikliwą, twórczą dyskusję oraz niewątpliwie dysertacja wnosi nowe elementy do nauki. Rozprawa doktorska Pani Magdaleny Prończuk jest opracowaniem spełniającym wszystkie warunki wymagane odpowiednią ustawą dla dysertacji doktorskich.



Ostsecznie stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani Magdaleny Prończuk pt. *Wpływ treningu EEG Biofeedback na czas reakcji oraz motywację u sportowców* stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego i spełnia wymogi określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 poz. 574 z późn. zm.).

W związku z powyższym, przedstawiam Wysokiej Radzie Naukowej Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku wniosek o dopuszczenie Pani Magdaleny Prończuk do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Katarzyna Łotemba