

Wrocław, 21.07.2022

Recenzent
Prof. n. techn. dr hab. n. fiz. inż. lek. Halina Podbielska
Katedra Inżynierii Biomedycznej
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Politechnika Wroclawska
50-370 Wrocław
Wybrzeże Wyspiańskiego 27

Recenzja rozprawy doktorskiej

Zastosowanie termografii jako metody wspomagającej monitorowanie organizmu w czasie wysiłku sportowego u profesjonalnych sportowców

Autor rozprawy: mgr inż. Mariusz BINEK

Promotor: **prof. zw. dr hab. Zofia Drzazga**

**Uniwersytet Śląski
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Instytut Fizyki im. Augusta Chelkowskiego**

Recenzję rozprawy doktorskiej sporządzono na prośbę Dyrektora Instytutu Fizyki im. Augusta Chelkowskiego – Pana dr hab. Sebastiana Pawlusa prof. UŚ, wyrażoną w piśmie z dnia 22. czerwca 2022 na podstawie Uchwały Rady Instytutu z dnia 21. czerwca 2022. Data wpływu pisma na Politechnikę Wrocławską: 1. lipca 2022.

Ocena aktualności zagadnień poruszanych w recenzowanej rozprawie doktorskiej

Zastosowanie termowizji w diagnostyce medycznej pozwala na ocenę stanu zdrowia, wykrywanie patologii, a także na monitorowanie oddziaływania różnych czynników zewnętrznych na organizm człowieka. Termowizyjne badania układów biologicznych nie są jednakże ograniczone jedynie do nauk medycznych i wymagają wyjątkowo inter- i wielodyscyplinarnego podejścia oraz współpracy lekarzy lub fizjoterapeutów z inżynierami i fizykami. Liczba publikacji z zakresu obrazowania termowizyjnego w zastosowaniach medycznych stale rośnie. Przykładowo, analizując bazę PubMed.gov, można się przekonać, że jeszcze w latach osiemdziesiątych notowano rocznie kilka publikacji, a w roku 2021 w bazie zarejestrowano 458 artykułów, a w połowie tego roku jest ich już 225. Ma to niewątpliwie związek z coraz lepszym i bardziej dostępnym sprzętem do badań termowizyjnych.

Problematyka rozprawy związana z zastosowaniem termografii do monitorowania wpływu wysiłku sportowego na organizm autorstwa Pana Mariusza Binka jest więc jak najbardziej aktualna.

Ocena struktury rozprawy i sposobu prezentowania zagadnień

Recenzowana rozprawa doktorska liczy wraz z przypisami i dodatkami 79 stron. Bibliografia cytuje 68 pozycji i jest prezentowana w kolejności cytowania. Bibliografia jest adekwatna do omawianych treści, zawiera pozycje należące do klasyki w tej tematyce, a także pewną liczbę cytowań prac w miarę współczesnych, aczkolwiek mało najnowszych. Praca składa się z trzech publikacji w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym współautorstwa Doktoranta, poprzedzonych wstępem teoretycznym i streszczeniami w języku polskim i angielskim.

Część teoretyczna pt. *Założenia pracy* zawiera rozważania na temat badań termowizyjnych, w tym rys historyczny i opisy, dotyczące zastosowania termowizji w monitoringu wysiłku sportowego. Cytowana literatura w tej części jest adekwatna, aczkolwiek nie jest najnowsza, mało cytowań z ostatnich lat. W tej części pojawiają się też usterki językowe i niejasne sformułowania. Przykładowo na str. 12: „zadnie” zamiast zadanie lub „w szeregu właściwości biochemicznych i hematologicznych, które w próbkach krwi pobranych..” chyba raczej chodziło o parametry. Na str. 13 jest napisane: „narciarze muszą sukcesywnie zwiększać czynniki fizjologiczne” – niejasne jest jednak, o jakie czynniki fizjologiczne chodzi i co oznacza sformułowanie „zwiększanie czynników fizjologicznych”.

Te niejasności nie przeczą jednakże faktowi, że Doktorant ma w miarę przyzwoitą ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie zastosowania termowizji w medycynie sportowej i monitorowaniu treningów, głównie pływaków i narciarzy.

Następnym rozdziałem jest *Cel pracy*, w którym to rozdziale Doktorant przedstawia trzy cele pracy, każdy odpowiadający danej publikacji: 1. badanie odpowiedzi termicznej po wysiłku w zależności od uprawianej dyscypliny (porównanie pływaków i narciarzy biegowych), 2. określenie odpowiedzi termicznej po wysiłku w zależności od płci na przykładzie osób uprawiających narciarstwo biegowe, 3. wpływ odnowy biologicznej prowadzonej w formie seansów w saunie fińskiej.

Następnie Doktorant prezentuje *Material i metodykę badań*, w tym narzędzia obróbki

obrazów termowizyjnych i narzędzia statystyczne, wykorzystane w analizie wyników. Kolejny rozdział zawiera omówienie wyników, prezentowanych w kolejnych artykułach oraz wnioski, sformułowane dość skrótowo; szkoda, że nieodnoszące się bardziej szczegółowo do postawionych celów pracy. Na końcu dołączone są oryginalne prace, wszystkie opublikowane w *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*; jeden artykuł w 2018 roku, dwa kolejne w 2020 i 2021 roku. Każda publikacja poprzedzona jest objaśnieniem w języku polskim. W tej najnowszej publikacji Doktorant jest pierwszym autorem, w dwóch pozostałych - drugim. Do prac dołączone są oświadczenia współautorów.

Układ pracy jest poprawny, a kolejność prezentowania zagadnień logiczna. Lepiej by jednak było, gdyby w tej części, oprócz celów, pojawiły się też tezy pracy doktorskiej, do których można by się odnieść w podsumowaniu i wnioskach.

Ocena merytoryczna pracy i osiągnięć stanowiących podstawę ubiegania się o stopień doktora

Podstawę ubiegania się o stopień doktora stanowi zbiór trzech publikacji. Pierwsza publikacja, zatytułowana *A preliminary study on infrared thermal imaging of cross-country skiers and swimmers subjected to endurance exercise*, dotyczy badań wstępnych na niewielkiej liczbie sportowców – 6 uprawiających biegi narciarskie i 4 pływani, w podobnym wieku i o podobnych parametrach wydolnościowych, przy różnicy zawartości tkanki tłuszczowej, która była wyższa u pływaków. Obie grupy poddano tej samej aktywności fizycznej na bieżni. Zdjęcia termowizyjne rejestrowano przed i po aktywności fizycznej, z powierzchni przedniej i tylnej ciała, przy czym różnice średnich temperatur wyznaczone były w wybranych strefach ciała. Równocześnie mierzono wybrane parametry fizyczne i biochemiczne. W zasadzie nie udało się wykazać korelacji pomiędzy zmianami tych parametrów a zmianami temperaturowymi.

Główny wniosek z przeprowadzonych badań sprowadza się do stwierdzenia, że zaaplikowane na bieżni ćwiczenie skutkuje różną odpowiedzią termiczną w badanych grupach, z tym, że u pływaków stwierdzono zmiany statycznie istotne. To związane jest z większą zawartością tkanki tłuszczowej, co wydaje się być intuicyjne i było potwierdzone także przez innych badaczy.

Przygotowanie tego artykułu wymagało opracowania koncepcji badań, przeprowadzenia eksperymentu, a także analizy wyników. Jednakże praca nie jest wolna

od pewnych braków. Doktorant stwierdza, że przeprowadzone badania mogą być pomocne w ocenie wydolności sportowców czy w opracowaniu planów treningowych, jednakże, w jaki sposób miałyby to być wykorzystane, niestety nie zostało powiedziane. Nie pokazano również, jak interpretować wyniki analizy statystycznej w badaniach na tak nielicznym materiale.

Wpływ odnowy biologicznej prowadzonej w formie seansów w saunie fińskiej, wymieniony jako trzeci cel rozprawy, analizowany jest w publikacji nr 2, zatytułowanej: *Does repeated dry sauna bathing change thermoregulation process in elite cross-country skiers?*.

Badania dotyczą 10 zawodników (podziału na płcie nie uwzględniono) - narciarzy biegowych poddanych kąpielom w saunie fińskiej (w sumie 10 seansów). Jako obciążenie fizyczne zastosowano 60-minutowy bieg na bieżni. Również w tym eksperymencie, oprócz rejestracji termowizyjnej przed, po i 10 minut po ćwiczeniach, wykonano badania krwi (hemoglobina, hematokryt), a także badano tętno i zużycie tlenu przed i po ćwiczeniach. Pierwsze ćwiczenie wykonano przed pobytem w saunie fińskiej, a drugie 12 h po zakończeniu cyklu, składającego się z 10 seansów kąpieli w saunie. W tak zaplanowanych badaniach i pomiarach nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu cyklu odnowy w saunie na zmiany temperaturowe po ćwiczeniach.

Niewątpliwie przygotowanie i przeprowadzenie tych badań wymagało nie tylko opracowania koncepcji, ale rzetelnego podejścia do strony eksperymentalnej i analizy otrzymanych wyników. Jednakże, nasuwa się tu wiele pytań. Dlaczego wybrano taki protokół badań; dlaczego odnowa biologiczna w postaci 10 zabiegów w kolejnych dniach miałyby wpłynąć na badane parametry po skończeniu tego cyklu? Jaki jest końcowy wniosek; czy z faktu, że nie stwierdzono wpływu sauny na badane parametry, wynikają jakieś np. wskazania dla sportowców? Czy, gdyby eksperyment dotyczył osób niebędących zawodowymi biegaczami narciarskimi, można było się spodziewać innych wyników?

Omawiając tę publikację, Doktorant nawiązuje do innych swoich badań, związanych z odnową biologiczną za pomocą zabiegów kriostymulacji (nieprawidłowo nazywanymi w pracy krioterapią). Stwierdza, że wpływ kriostymulacji jest wyraźniejszy w zakresie niektórych badanych parametrów. Jednakże nie podaje żadnych danych ilościowych, a wyniki, które opisowo przedstawia, nie zostały opublikowane (były przedmiotem wystąpienia konferencyjnego).

Trzecia publikacja, wchodząca w skład rozprawy doktorskiej, dotyczy drugiego celu pracy i nosi tytuł: *Do exist gender differences in skin temperature of lower limbs following exercise test in male and female cross-country skiers.*

W medycynie spersonalizowanej, opartej na prewencji, predykcji i zindywidualizowanym podejściu do pacjenta (PPPM, 3P Medicine) podkreśla się różnorodność reakcji osobniczych na różnego rodzaju oddziaływania zewnętrzne, również w zależności od płci. W tym aspekcie przeprowadzone badania, opisanej w powyższej publikacji, dobrze wpisują się w najnowsze trendy badań i praktyki medycznej.

Badania przeprowadzono na grupie 10 zawodników i 6 zawodniczek, którzy wykonywali 60-minutowe ćwiczenia na bieżni. Badania termowizyjne przeprowadzono, przed, po i 10 minut po zakończeniu treningu. Mierzono również tętno, temperaturę, zużycie tlenu, BMI, zawartość tkanki tłuszczowej, stwierdzając różnice między płciami w wartościach tych parametrów, co jest wnioskiem raczej trywialnym. Stwierdzono natomiast, że różnice temperatur po ćwiczeniach są u kobiet wyższe niż u mężczyzn, a przed ćwiczeniami kobiety charakteryzowały się niższą temperaturą w okolicy kończyn dolnych. W konkluzji pracy sugerowane jest inne podejście treningowe w zależności od płci, brak jednakże wskazań, na czym miałyby to polegać.

Podsumowanie – mocne i słabe strony pracy

Do mocnych stron pracy należy zaliczyć:

1. Różnorodność przeprowadzonych badań i dobre opanowanie techniki pomiarów za pomocą rejestracji termowizyjnej.
2. Wykazanie przydatności termowizji do monitorowania treningu sportowców.
3. Interdyscyplinarny charakter badań.

Słabe strony pracy związane są z następującymi kwestiami:

1. Niedbałość o stronę językową pracy.
2. Brak hipotez utrudnia ocenę czy założone plany badawcze zostały zrealizowane.
3. Brak dyskusji na temat bezpośredniego związku dysertacji z uprawianą dyscypliną naukową, w której Kandydat ubiega się o stopień doktora.
4. Brak dyskusji na temat wybranych testów statystycznych i sposobu analizy statystycznej. Dlaczego wybrano takie testy, a nie inne?

Mankamentem pracy są błędy językowe, edytorskie, interpunkcyjne, a nawet ortograficzne, a także niepoprawne sformułowania. Przykładowo Mgr. zamiast mgr (bez kropki) przy stopniu Autora dysertacji (strona tytułowa), w Podziękowaniach: „wzbogacające moją wiedzę i tą pracę” zamiast „wzbogacające moją wiedzę i tę pracę” czy „osobą” zamiast „osobom” czy też „sauna Fińska” pisana raz z dużej raz z małej litery etc.

Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa, ma charakter interdyscyplinarny i bardzo dobrze ilustruje znaczenie badań podstawowych i laboratoryjnych w medycynie sportowej, wskazując na rolę fizyków i inżynierów na tym polu.

Uważam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania wspomniane w regulujących te kwestie dokumentach (*Dz. U. 2018 poz. 1668, art. 186, 187 Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z p. zm.*), a Doktorant jest współautorem trzech publikacji w recenzowanym czasopiśmie naukowym o obiegu międzynarodowym (art. 186.1. pkt 3), zaliczanym według ostatniej listy MEIN m.in. do dyscypliny „nauki fizyczne” (Komunikat Ministra Edukacji i Nauki z 1. i 21. grudnia 2021).

Mając zatem na uwadze osiągnięte wyniki oraz przepisy o stopniach i tytułach naukowych, wnoszę o dopuszczenie Pana Mariusza Binka do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Równocześnie liczę na to, że wszelkie niejasności dotyczące recenzowanej dysertacji, zostaną w czasie obrony wyjaśnione.



Prof. n. tech. dr hab. n. fiz. inż. lek. Halina Podbielska