



**AKADEMIA GÓRNICZO-  
HUTNICZA**

**im. Stanisława Staszica w Krakowie**

**WYDZIAŁ INŻYNIERII  
MECHANICZNEJ I ROBOTYKI**

---

**ROZPRAWA DOKTORSKA**

*Badania wpływu drgań ogólnych niskiej  
częstotliwości na wybrane parametry  
funkcjonalne organizmu człowieka*

mgr inż. Andrzej Uhryński

Promotor: Dr hab. inż. Piotr Krzyworzeka prof. AGH

Kraków 2010

## SPIS TREŚCI

Ważniejsze skróty i oznaczenia użyte w pracy _____	5
<b>1. Wstęp</b> _____	<b>7</b>
<b>2. Cel, zakres pracy oraz hipotezy badawcze</b> _____	<b>9</b>
2.1. Teza pracy _____	9
2.2. Cel pracy _____	9
2.3. Zakres pracy _____	9
2.4. Hipotezy badawcze _____	10
<b>3. Aktualny stan wiedzy na temat wpływu drgań na człowieka</b> _____	<b>11</b>
3.1. Dopuszczalne wartości drgań mechanicznych działających na człowieka _____	11
3.2. Negatywny wpływ drgań na człowieka _____	12
3.3. Pozytywne wykorzystywanie ekspozycji drgań na organizm człowieka _____	17
<b>4. Zasady wykonywania badań i analiz</b> _____	<b>28</b>
4.1. Model wpływu drgań na człowieka _____	28
4.2. Charakterystyka i bezpieczeństwo eksponowanego bodźca _____	29
4.3. Charakterystyka miejsca badań oraz grup testowych _____	31
4.3.1. Miejsce badań _____	31
4.3.2. Charakterystyka grup testowych _____	31
4.4. Metodyka eksperymentu _____	34
4.5. Zasady wykonywania badań i pomiarów, sprzęt badawczy _____	40
4.5.1. Opis platformy wibracyjnej _____	40
4.5.2. Badanie posturograficzne stabilności postawy _____	42
4.5.3. Analizy termograficzne ciała _____	45
4.5.4. Badanie elektrokardiograficzne mechaniki pracy serca _____	50
4.5.5. Ciśnienie tętnicze oraz tętno _____	54
4.5.6. Temperatura głęboka organizmu _____	56
4.5.7. Masa ciała oraz zawartość tkanki tłuszczowej _____	57
4.5.8. Badanie poziomu aktywacji (Test Thayera) _____	59
4.6. Zasady analiz statystycznych i numerycznych _____	62
4.6.1. Zasady wnioskowania statystycznego _____	62
4.6.1. Zasady wyboru testów statystycznych _____	64

<b>5. Wyniki analiz ilościowych</b>	<b>68</b>
<b>5.1. Grupa eksponowana</b>	<b>68</b>
5.1.1. Badanie posturograficzne stabilności postawy	69
5.1.2. Analizy termograficzne ciała	74
5.1.3. Badanie elektrokardiograficzne mechaniki pracy serca	78
5.1.4. Ciśnienie tętnicze oraz tętno	79
5.1.5. Temperatura głęboka organizmu	81
5.1.6. Masa ciała oraz zawartość tkanki tłuszczowej	83
5.1.7. Badanie poziomu aktywacji (Test Thayera)	85
<b>5.2. Grupa kontrolna</b>	<b>88</b>
5.2.1. Badanie posturograficzne stabilności postawy	89
5.2.2. Analizy termograficzne ciała	91
5.2.3. Badanie elektrokardiograficzne mechaniki pracy serca	93
5.2.4. Ciśnienie tętnicze oraz tętno	94
5.2.5. Temperatura głęboka organizmu	96
5.2.6. Masa ciała oraz zawartość tkanki tłuszczowej	98
5.2.7. Badanie poziomu aktywacji (Test Thayera)	100
<b>5.3 Porównania pomiędzy grupami Eksponowaną a kontrolną</b>	<b>103</b>
5.3.1. Badanie posturograficzne stabilności postawy	104
5.3.2. Analizy termograficzne ciała	108
5.3.3. Badanie elektrokardiograficzne mechaniki pracy serca	110
5.3.4. Ciśnienie tętnicze oraz tętno	112
5.3.5. Temperatura głęboka organizmu	114
5.3.6. Masa ciała oraz zawartość tkanki tłuszczowej	115
5.3.7. Badanie poziomu aktywacji (Test Thayera)	117
<b>6. Dyskusja, wnioski i perspektywy</b>	<b>120</b>
Bibliografia	130
Załączniki	

## **6. Dyskusja, wnioski i perspektywy**

### **Wpływ na stabilność postawy**

Dotychczasowe wyniki badań wpływu wibracji na stabilność postawy były niejednoznaczne. Postulowano zarówno pozytywny, nieistotny, czy też nawet niekorzystny wpływ drgań ogólnych niskiej częstotliwości na równowagę człowieka.

Stabilność to zdolność odzyskiwania stanu równowagi, zdolność aktywnego przywracania typowej pozycji ciała w przestrzeni, utraconej w wyniku działania czynników destabilizujących. Czynnikiem destabilizującym może być własna aktywność ruchowa organizmu lub też siły zewnętrzne pojawiające się wskutek interakcji z otoczeniem [Błaszczak 2006]. W niektórych badaniach, jak np. Bautmans i inni [2005] stosowano mało precyzyjne mierniki – test „time up and go” - zdolność do wykonania złożonej czynności ruchowej na czas. Wykazano poprawę w populacji ludzi w podeszłym wieku, ale nietrudno zauważyć, że stabilność postawy mogła wzrosnąć również pośrednio, przez poprawę siły mięśniowej, a niekoniecznie wskutek lepszej kontroli ośrodków nerwowych zawiadujących zmysłem równowagi.

W moim doświadczeniu przyjąłem parametry opisujące zmienny nacisk stóp stanowiący odzwierciedlenie czworoboku podparcia i pośrednio amplitudy wychwiań we płaszczyznach (x, y), co opisuje w złożony proces zachowania stabilnej postawy stojącej człowieka.

Istotny statystycznie wzrost zmiennej „pole powierzchni stóp” w grupie badanej o 2.17% w porównaniu z kontrolną -0.89%, świadczy o adaptacji elementów sklepienia poprzecznego i podłużnego stopy do podłoża (ryc. 5.3.1.3). Dokładniejsze przyleganie stóp do podłoża poprawia stabilność postawy stojącej poprzez zwiększenie czworoboku podparcia.

Zmiany adaptacyjne dotyczyły zarówno prawej – dominującej (ryc. 5.1.1.4), jak i lewej – nie dominującej stopy (ryc. 5.1.1.5). Po porównaniu wyników z grupą kontrolną (-0,98%) wykazano istotne statystycznie zmiany pola lewej stopy o 2.45%, zwykle nie dominującej, o mniejszej masie mięśniowej, a przez to być może słabiej wytrenowanej, więc bardziej podatnej na trening wibracyjny (ryc. 5.3.1.4).

Potwierdzeniem wzrostu stabilności postawy jest spadek średniego nacisku stóp na podłoże (ryc. 5.1.1.6) w grupie eksponowanej -1.49% (0.3% wzrostu w Gr. K) na

drżania niskiej częstotliwości. Jest to dowodem przystosowania się ośrodkowego analizatora układu równowagi pod wpływem zmiennych harmonicznym przemieszczeń w osi pionowej i wymuszenia takiego napięcia mięśni oraz więzadeł układu podporowego, aby sklepienie stopy przylegało stabilnie z możliwie najpełniejszym rozłożeniem obciążenia na poszczególne składowe całego układu. Istotność ta utrzymuje się również w porównaniu z grupą kontrolną (ryc. 5.3.1.5.).

Wynik badania średniego odchylenia w osi x (COP) (ryc. 5.3.1.6.) świadczy o istotnym statystycznie zwiększeniu średniej amplitudy wychyleń w płaszczyźnie poprzecznej (prawy – lewy) o 45,48% po 20 min. ekspozycji (9,47% w Gr. K). Ale studiując wykresy tego parametru w czasie 19-stu dni badań widzimy, że trend jest silnie spadkowy, co świadczy o poprawie stabilności postawy.

Zdaje się to potwierdzać doświadczenie Torvinena z zespołem, który w 2002 roku zaobserwował zmniejszenie amplitudy wychyleń postawy ciała rejestrowanych na platformie posturograficznej pod wpływem 4-minutowej ekspozycji na wibracje. Natomiast badania Polonyova i Hlavacka w 2001 roku wykazały, że jednostronne wibracje mięśnia łydki spowodowały wychylenie ciała w tył, ale w kierunku przeciwnym do wibrowanego mięśnia. Obie prace sugerują bezpośredni wpływ drgań ogólnych na stabilność postawy. Wyniki mojego doświadczenia potwierdzają to również w zakresie drgań ogólnych o niskiej częstotliwości.

### **Wpływ na zewnętrzną temperaturę kończyn dolnych**

Drgania ogólne niskiej częstotliwości istotnie statystycznie zmniejszają maksymalną temperaturę kończyn dolnych rejestrowaną kamerą termowizyjną z przodu -0,58% ( ryc. 5.3.2.3.) oraz z tyłu -0,52 (ryc. 5.3.2.4.). W grupie kontrolnej zaobserwowano wzrost temperatury maksymalnej odpowiednio 0,26% z przodu i 0,19% z tyłu.

W czasie ekspozycji drgań największy udział w amortyzacji i tłumienia bodźca mają kończyny dolne znajdujące się najbliżej wzbudnika kinematycznego platformy wibracyjnej. Z powyższych względów należy przypuszczać, że amortyzacja drgań odbywa się większym kosztem pracy mięśni podudzi - znajdujących się bliżej, niż mięśni ud - znajdujących się dalej od źródła drgań. Rytmiczna praca mięśni prostowników i zginaczy kończyny dolnej powoduje rozszerzenie naczyń krwionośnych

oraz wzmożone ukrwienie i ocieplenie skóry oraz tkanki podskórnej nad nimi. Spadek temperatury maksymalnej przodu i tyłu sugeruje, że pod wpływem ekspozycji dochodzi do redystrybucji krwi na obwód – tzn. z dużych tętnic do tętniczek i naczyń włosowatych mięśni, tkanki podskórnej i skóry.

Zbliżonej obserwacji dokonali Kerschan – Schnidl i in. (2001), którzy zaobserwowali wzrost prędkości przepływu krwi i spadek oporu naczyniowego w tętnicy podkolanowej oraz wzrost ilości naczyń krwionośnych w wybranym mięśniu łydki i uda. Natomiast Mc Murfee z zespołem (2005) stwierdził, że wibracje o niskiej amplitudzie i wysokiej częstotliwości zmniejszają liczbę naczyń krwionośnych we włóknie mięśniowym mięśnia kończyny dolnej myszy.

Wynika z tego, że bodziec wibracyjny silnie stymuluje ukrwienie kończyn dolnych, ale w dawkach nadmiernych może prowadzić nawet do uszkodzenia naczyń krwionośnych. Stosowane przeze mnie parametry drgań wydają się mieć korzystny wpływ na ukrwienie kończyn dolnych człowieka, prowadzą do korzystnej redystrybucji krążenia rozszerzając naczynia obwodowe. Wynik badania termowizyjnego kończyn dolnych jest tego pośrednim dowodem.

### **Wpływ na mechanikę pracy serca (EKG)**

Jednym z rozważanych możliwych efektów pozytywnego oddziaływania wibracji na organizm człowieka jest wpływ na układ sercowo – naczyniowy.

Rittweger w 2000 roku poddawał obserwacji sportowców eksponowanych na drgania wysokiej częstotliwości i wykonujących przysiady, aż do uczucia wyczerpania. Stwierdził on między innymi wzrost częstotliwości pracy serca, obniżenie ciśnienia tętniczego rozkurczowego, wzrost poboru tlenu przez organizm oraz zwiększenie przepływu krwi w naczyniach mięśni kończyn dolnych. Również ten sam autor dowiódł w 2001 roku zwiększonego poboru tlenu przez organizm pod wpływem trzuminutowej ekspozycji drganiami wysokiej częstotliwości.

Odcinek ST jest wyrazem repolaryzacji mięśnia sercowego. Jego obniżenie lub uniesienie powyżej 1 mV od linii izoelektrycznej może świadczyć o niedokrwieniu serca. Jest to stan bezpośredniego zagrożenia życia zawałem serca lub nagłą śmiercią sercową (Pruszczyk i in. 2009). W opisywanym doświadczeniu stwierdzono statystycznie istotne obniżenie ST w grupie eksponowanej na drgania w porównaniu

z grupą kontrolną (Gr. E= -2,12%; Gr. K= 4,64%; ryc. 5.3.3.3.). W liczbach bezwzględnych nie przekraczało ono 5% przyjętej cechy (1 mV), więc w sensie klinicznym nie stanowi ono zagrożenia dla zdrowia. Może być natomiast interpretowane jako obniżenie napięcia układu współczulnego, co samo w sobie jest zjawiskiem korzystnym, gdyż prowadzi do optymalizacji pracy mięśnia sercowego (Opolski i in. 2004).

## **Wpływ na ciśnienie tętnicze oraz tętno**

Ciśnienie skurczowe zależy od rozszerzenia naczyń obwodowych oraz zmniejszenia ich oporu. Ciśnienie rozkurczowe jest miarą obciążenia serca w rozkurczu. Jego zmniejszenie odbywa się kosztem zmniejszenia napięcia (relaksacji) mięśnia sercowego. Biorąc pod uwagę przytoczone badania Rittwegera należało spodziewać się wyraźnego obniżenia ciśnienia tętniczego pod wpływem ekspozycji na wibracje. Z drugiej strony badanie Madhavan i in. (2006) wykazało, że wibracje skutecznie niwelują niekorzystny efekt długotrwałej pozycji siedzącej, odtwarzając efekt pompy żyłnej charakterystycznej dla chodzenia i podnosząc średnie ciśnienie tętnicze.

Niestety nie udało się wykazać istotnych statystycznie zmian ciśnienia tętniczego w grupie eksponowanej w porównaniu z kontrolną. Ale co ważne, wraz z upływem kolejnych dni eksperymentu ciśnienie tętnicze miało tendencję spadkową.

Wysokie tętno jest niezależnym czynnikiem ryzyka nagłego zgonu sercowego (Jouven i in. 2005) . W przyrodzie obserwuje się ujemną korelację pomiędzy częstością uderzeń serca a długością życia. Obniżenie tętna spoczynkowego występuje u sportowców, jako wyraz adaptacji do wysiłku. Uważa się, że tętno spoczynkowe zdrowego człowieka nie powinno przekraczać 75 uderzeń na minutę.

W doświadczeniu będącym przedmiotem rozprawy nie udało się wykazać istotnego statystycznie obniżenia tętna w zestawieniu z grupą kontrolną, obie grupy zanotowały spadek odpowiednio -1,07% Gr. E oraz -2,73% Gr. K. Jednak zauważalny jest jego spadek podczas 19-stu dni eksperymentu, co jest zjawiskiem jak najbardziej pozytywnym i może świadczyć o fizycznym trenowaniu organizmu (ryc. 5.3.4.3.).

## **Wpływ na tkankę tłuszczową, masę i temperaturę ciała**

W trakcie ekspozycji na wibracje dochodzi do zamiany energii kinetycznej na ciepłą poprzez uaktywnienie sił tarcia. W 1956 r. Hettinger wykazał po raz pierwszy kataboliczne działanie drgań wysokiej częstotliwości na tkankę tłuszczową zwierząt. Drgania ogólne są amortyzowane głównie przez układ mięśniowy i kostny. Skurcz i rozkurcz mięśni, ucisk chrząstek stawowych, mikronaprężenia beleczek kostnych, kurczenie i rozkurczanie się włókien kolagenowych skóry i powięzi, wszystko to powoduje powstawanie ciepła.

W proces ten w jakiś sposób włączona jest również tkanka tłuszczowa, świadczy o tym spadek jej zawartości wykazany na ryc. 5.3.6.4. aż o -2,37% w ciągu 20 minut drgań, (-1.12% Gr. K). Można to wytłumaczyć reakcją na mechaniczne odkształcanie, miejscowym wzrostem ciepłoty, uaktywnieniem procesów spalania tkanki tłuszczowej (katabolicznych) (Traczyk 1989).

Potwierdza to istotne statystycznie obniżenie masy, uczestniczek poddanych ekspozycji na drgania niskiej częstotliwości -0,07% w porównaniu do grupy kontrolnej -0,02% (ryc. 5.3.6.3).

Spadek masy ciała i zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie obserwowany jest nie tylko zaraz po treningu drganiami, ale również (przede wszystkim) w ciągu 19 kolejnych dni trwania badań.

## **Wpływ na poziom aktywacji (Test Thayera)**

Skala aktywacji Thayera uważana jest za narzędzie subiektywnej oceny nastroju. Thayer, dotychczasowej jednowymiarowej koncepcji aktywacji przechodzącej od uczucia pobudzenia do senności, przeciwstawił własną dwuwymiarową, która pozwala lepiej wyjaśnić podłoże wielu reakcji emocjonalnych i stresowych. Wymiar związany z pobudzeniem motoryczno - poznawczym określany jest jako *Energy – Tiredness* (wigor – zmęczenie). Natomiast z pobudzeniem emocjonalnym związany jest wymiar określany jako *Tension – Calmness* (napięcie – uspokojenie).

### **Uwagi dotyczące całości wyników**

Uczestnicy grupy eksperymentalnej uzyskiwali na trzech (spośród czterech) podstawowych wymiarach skali Theyera istotnie statystycznie odmienne wyniki od



uczestników grupy kontrolnej. Wynika ono ze zmian związanych z procedurą eksperymentalną, a w szczególności z czynnikami będącymi faktycznym sposobem zastosowanego oddziaływania (ekspozycja).

Biorąc pod uwagę średnie wyniki z przebiegu całości eksperymentu zauważyć należy, że grupa eksperymentalna cechuje się wyższym poziomem aktywacji ogólnej, niższym poziomem dezaktywacji – senności oraz wyższym poziomem dezaktywacji ogólnej (ryc. 5.3.7.3. - 5.3.7.5.). Wszystkie te trzy zjawiska można ocenić jako pozytywny efekt oddziaływania ekspozycji osób badanych na drgania.

Brak istotnego różnicowania pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną w odniesieniu do Aktywacji Wysokiej można by uznać za zjawisko oczekiwane ze względu na charakter zastosowanych bodźców eksperymentalnych. Szczegółowa analiza danych wykazuje różnicowanie pomiędzy obiema grupami w czasie trwania eksperymentu, nie ma to jednak przypuszczalnie większego związku z ekspozycją na drgania.

### **Aktywacja ogólna**

Wymiar ten związany jest z ogólną gotowością do działania, zdolnością przyswajania i interpretowania informacji oraz wykonywania konstruktywnych czynności. W zakresie emocjonalnym aktywacja ogólna kojarzona jest najczęściej z takimi charakterystykami emocjonalnymi, które łączą się z motywacją autonomiczną i spontaniczną, jak również z ogólnym zwiększeniem prawdopodobieństwa wystąpienia afektu pozytywnego.

Wzrost w zakresie Aktywacji Ogólnej w grupie eksperymentalnej 5,18% był istotnie większy niż w grupie kontrolnej 1,57% (ryc. 5.3.7.3.). Samo wystąpienie jednak zjawiska wzrostu aktywacji ogólnej w obu grupach sugerować by mogło, że oddziaływanie bodźców eksperymentalnych nie stanowiło znaczącego czynnika w ogólnej pozytywnej tendencji. Podobną interpretację sugeruje także rozrzut wyników oraz analiza zmian w grupie eksperymentalnej i kontrolnej na przestrzeni pierwszych pięciu pomiarów (znaczną współbieżność zmian w obu grupach).

Interpretacja taka nie wydaje się jednak wiarygodna ze względu na cztery ostatnie pomiary pokazujące wystąpienie znaczących różnic w poziomie aktywacji ogólnej w grupie eksperymentalnej pomiędzy pomiarem przed i po ekspozycji. Zjawisko to pokazuje raczej istotność wpływu ekspozycji na poziom aktywacji ogólnej

ujawniający się jednak i pogłębiający dopiero z czasem. Sam charakter analizowanej tu zmiennej skłania także do przyjęcia takiego stanowiska. Podstawowy poziom motywacji afektywnej i aktywacyjnej nie podlega bowiem najczęściej możliwym do uchwycenia modyfikacjom zewnętrznym w krótkich okresach czasu. Także jedynie przy zastosowaniu dłuższych procedur badawczych możliwe jest wyeliminowanie wpływu zakłócających czynników zewnętrznych (takich jak chwilowe zmiany nastroju), w istotny sposób mogących zakłócić jednorazowy wynik uzyskiwany w tym wymiarze.

### **Dezaktywacja/senność**

Wymiar ten związany jest z ogólnym poczuciem zmęczenia, zniechęcenia, zaniechania działania. Stanowiąc może podstawowy komponent niskiej podatności na wystąpienie afektu pozytywnego. Wiązać się może także z drażliwością.

Wykazano spadek w zakresie tego wymiaru w grupie eksponowanej -3,74% (ryc. 5.3.7.4.) przy jednoczesnym zachowaniu niemal wyjściowego poziomu w grupie kontrolnej 0,35%. Różnica ta okazała się istotna statystycznie.

Pomimo, że teoretycznie nie opisują dwóch przeciwnych biegunów tego samego procesu o charakterze aktywacyjno – emocjonalnym, na podstawie uzyskanych wyników można założyć, że w wyniku zastosowania procedury eksperymentalnej Dezaktywacja/Senność i Aktywacja Ogólna podlegały powiązanym zmianom o przeciwnym względem siebie kierunku. Wpływ procedury eksperymentalnej na cechy mierzone na wymiarze Dezaktywacji/Senności podobnie jak w przypadku Aktywacji Ogólnej ujawniły się dopiero w końcowej fazie prowadzenia badań.

Można sumarycznie założyć, że oddziaływanie za pomocą ekspozycji na drgania wpływa na zmiany w zakresie aktywacji podstawowej i podatności na zmiany podstawowych charakterystyk zmienności afektywnej dopiero w czasie odroczonym. Wpływ ten jest pozytywny, choć zależy też wyraźnie od cech jednostkowych osób poddanych oddziaływaniu.

### **Dezaktywacja ogólna**

Wymiar dezaktywacji ogólnej opisuje stan rozluźnienia, zrelaksowania, otwartości na doznania. Wiązany bywa najczęściej z wolno płynącym pozytywnym afektem, nie podlegającym łatwym modyfikacjom pozytywnym nastrojem itp.

Wykazano istotną statystycznie różnicę pomiędzy grupą eksperymentalną (4,6%) i kontrolną (0,37%). W grupie eksperymentalnej wystąpił oczekiwany wzrost dezaktywacji ogólnej, podczas gdy średni wynik zmian procentowych w grupie kontrolnej pozostał praktycznie bez zmian (ryc. 5.3.7.5.).

Dezaktywacja ogólna okazała się na przestrzeni wszystkich pomiarów wykazywać zupełnie inny przebieg, niż pozostałe analizowane wymiary. Warto jednak zauważyć, że zjawisko to dotyczy jedynie grupy eksperymentalnej. Przebieg zmian w grupie kontrolnej jest podobny jak w przypadku pozostałych zmiennych.

Ogólny przebieg „falowania” zmian w Dezaktywacji Ogólnej wydaje się być podobny do tego obserwowanego w grupie kontrolnej. Wydaje się więc, że obie grupy poddane były jednakowym czynnikiem zewnętrznym wpływającym na zmiany. Niemniej jednak w grupie eksperymentalnej, za wyjątkiem jednego dnia pomiarowego, wystąpiły każdorazowo wyraźne zmiany pozytywne w zakresie poziomu Dezaktywacji Ogólnej. Sugeruje to, że poddanie osób badanych ekspozycji na drgania każdorazowo wywołuje wzrost obserwowany na tym wymiarze. Co więcej wydaje się, że im niższy poziom początkowy DO, tym obserwowany jest większy wzrost.

Wydaje się, że ekspozycja na drgania wywołuje pozytywne zmiany w zakresie relaksacji ogólnej oraz odporności na wpływ krótkofalowych epizodów afektu negatywnego. Wynik ten można uznać za szczególnie ważny także dlatego, iż zakłada się, że dezaktywacja ogólna powiązana jest w sposób wyjątkowo silny z czynnikami kształtującymi długotrwały poziom nastroju oraz utrzymujących się „okresów emocjonalnych”. Ze względu na to można założyć także, że efekt oddziaływania może utrzymywać się w czasie. Za tego rodzaju interpretacją przemawiać mogą wyniki dwóch ostatnich pomiarów w grupie eksperymentalnej (a przeciw wyniki w tym samym okresie w grupie kontrolnej).

### **Wysoka aktywacja**

Wysoka Aktywacja odpowiada za ogólny poziom napięcia emocjonalnego, niepokoju, gotowości do reagowania afektem negatywnym, niższego poziomu dla aktywowania afektu negatywnego, ale również do spontanicznego reagowania na bodźce zewnętrzne.

Wyniki uzyskane na tym wymiarze pokazują brak istotnych różnic pomiędzy grupą eksperymentalną i kontrolną.

Można założyć ze względu na charakter tego wymiaru, że wynik ten jest zgodny z oczekiwaniami. Procesy emocjonalno-afektywne oraz powiązane z nimi procesy aktywacyjne w odniesieniu do lęku i niepokoju podlegają modyfikacjom zewnętrznym za pomocą bodźców o charakterze fizycznym. Modyfikacja taka zdecydowanie częściej powoduje wzrost, a nie spadek obserwowany na tym wymiarze. Ogólny brak zmian można więc uznać w tym przypadku za zjawisko pozytywnie świadczące o zastosowanym oddziaływaniu.

## **Podsumowanie**

Przeprowadzone badania i wykonane analizy wskazują, że ekspozycja drganiami niskiej częstotliwości (o ściśle określonych parametrach) jest treningiem podnoszącym sprawność funkcjonalną człowieka, że można ją stosować w zapobieganiu i/lub rehabilitacji wielu chorób cywilizacyjnych m.in.: otyłości (wykazany spadek masy i zawartości tkanki tłuszczowej), osteoporozy (wzrost stabilności postawy - zmniejszenie zagrożeń przed upadkiem i złamaniami), nadciśnienia tętniczego i niedoboru ruchu (pozytywny wpływ na układ krwionośny). Ekspozycja drganiami może być nową formą codziennego treningu, który prowadzi do utrzymania organizmu w odpowiedniej kondycji fizycznej (zwłaszcza osoby starsze) i psychicznej (wzrost poziomu aktywacji), a co za tym idzie do poprawy jakości życia człowieka.

Odnosząc się do tezy pracy, można stwierdzić, że właściwe wykorzystanie drgań ogólnych niskiej częstotliwości wpływa na poprawę wybranych parametrów funkcjonalnych organizmu człowieka.

## **Perspektywy**

Wyniki pracy wskazują, że ekspozycja drganiami niskiej częstotliwości jest ekwiwalentem wysiłku fizycznego, stanowi trening oporowy który pozbawiony jest niedogodności wynikających z przeciążaniem narządu ruchu. Może mieć szerokie zastosowanie, od treningu sportowego po rekonwalescencję pacjentów np. po zawałach

serca lub z problemami neurologicznymi. Albo po prostu jako trening codzienny organizmu, wykazany spadek tkanki tłuszczowej i zmniejszenie masy ciała stanowi przesłankę do zastosowania drgań niskiej częstotliwości w leczeniu otyłości i nadwagi.

W proponowanych dalszych badaniach należy sprawdzić działanie bodźca w czasie znacznie dłuższym niż 19 dni oraz uzupełnić badania o eksperyment z próbą mieszaną kobiet-mężczyzn, co da pełniejszą wiedzę o skutkach ekspozycji bodźca. Powinny być również prowadzone kolejne badania ekspozycji drgań na organizm człowieka z stosowaniem innych częstotliwości tak, aby dokładniej poznać skutki ekspozycji i ich następstwa.

Warto również, aby w badaniach zwrócono uwagę na możliwość wystąpienia reakcji niepożądanych ze strony organizmu ludzkiego. Jest to nierozdzielnie związane z bezpieczeństwem jakie powinna zapewniać ekspozycja bodźca wibracyjnego, by mógł być z powodzeniem stosowany jako uzupełnienie lub metoda w rehabilitacji medycznej czy treningu sportowym.

Ważne jest aby prowadzić dalsze badania w celu opracowania bezpiecznych i efektywnych programów wykorzystywania drgań niskiej częstotliwości dla dobra człowieka.

Konkluzją idealnie nawiązującą do pracy jest cytat zaczerpnięty z wykładu Profesora R. Tadeusiewicza:

„Maszyny, urządzenia techniczne nie tylko zaspokajają potrzeby, ale powinny wychodzić naprzeciw człowiekowi – spełniać jego marzenia”.