

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko:

Mariusz Naczek

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne

2000 - Magister wychowania fizycznego – Instytut Wychowania Fizycznego w Gorzowie Wielkopolskim, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, studia ukończone z wyróżnieniem, wyróżniona praca magisterska o tytule: Zróżnicowanie parametrów okresu narastania siły w zależności od wielkości maksymalnego gradientu narastania.

2002 - Trener II klasy lekkoatletyki - Instytut Wychowania Fizycznego w Gorzowie Wielkopolskim, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, studia podyplomowe.

2008 - Doktor nauk o kulturze fizycznej – stopień nadany uchwałą Rady Zamiejscowego Wydziału Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, tytuł rozprawy doktorskiej: Narastanie siły i relaksacja w mięśniach zginaczach oraz prostownikach stawów łokciowego i kolanowego podczas dowolnych skurczów izometrycznych u młodych mężczyzn.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

2000 – 2001 – asystent w Zakładzie Fizjologii Zamiejscowego Wydziału Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu

2001 – 2003 – asystent w Zakładzie Lekkoatletyki Zamiejscowego Wydziału Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu

2003 – 2008 – asystent w Zakładzie Fizjologii Zamiejscowego Wydziału Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu

2008 – obecnie – adiunkt w Zakładzie Nauk Fizjologicznych Zamiejscowego Wydziału Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Osiągnięcie naukowe stanowi jednotematyczny cykl trzech prac naukowych opublikowanych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk o kulturze fizycznej w czasopismach naukowych, posiadających Impact Factor (IF). Wspólny tytuł w/w cyklu publikacji to „**Skuteczność treningu inercyjnego u młodych mężczyzn przy wykorzystaniu innowacyjnego systemu treningowo pomiarowego – Inertial Training Measurement System**”.

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

1. **Naczk Mariusz**, Brzenczek-Owczarzak Wioletta, Arlet Jarosław, Naczk Alicja, Adach Zdzisław. Training effectiveness of the Inertial Training and Measurement System. Journal of Human Kinetics, 2014, 44: 19-28. [IF = 0,698; MNiSW, Lista A =15 pkt]
2. **Naczk Mariusz**, Naczk Alicja, Brzenczek-Owczarzak Wioletta, Arlet Jarosław, Adach Zdzisław. Impact of inertial training on strength and power performance in young active men. Journal of Strength and Conditioning Research, 2013, September 3; published ahead of print, PMID: 24263657 [IF = 1,858; MNiSW, Lista A = 40 pkt]
3. **Naczk Mariusz**, Naczk Alicja, Brzenczek-Owczarzak Wioletta, Arlet Jarosław, Adach Zdzisław. Efficacy of inertial training in elbow joint muscles: influence of different movement velocities. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2015 Mar 13; published ahead of print, PMID: 25766053 [IF = 0,757; MNiSW, Lista A = 20 pkt]

Łącznie: Impact Factor = 3,313, liczba punktów MNiSW = 75.

Oświadczam, że mój udział w tworzeniu w/w publikacji był wiodący, na każdym etapie

powstawania prac, co dokładnie wskazane jest w załącznikach 3 i 4 (przedstawienie wkładu własnego autora oraz oświadczenia współautorów powyższych prac). Ponadto powyższe prace zawiera załącznik 10 (dwie z nich nie mają jeszcze oficjalnego wydruku – published ahead of print – zatem załączono ostatnie zaakceptowane do druku wersje artykułów).

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wstęp

Charakterystyka treningu inercyjnego

Trening inercyjny jest jedną z form treningu siłowego. Chociaż idea treningu inercyjnego nie jest nowa - pierwszy raz została zaprezentowana przez laureata nagrody Nobla A.V Hilla w 1922 (Hill, 1922) to wciąż jako metoda treningowa jest mało znana. W latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku nad tym treningiem pracowali naukowcy Związku Radzieckiego, jednak brakuje doniesień naukowych z tego okresu. W ciągu minionego ćwierćwiecza zagadnieniem treningu inercyjnego zajmował się głównie zespół prof. Tescha – Karolinska Institutet (Szwecja) oraz naukowcy amerykańscy. Jaka jest idea treningu inercyjnego i czym różni się on od klasycznych metod treningu siły? W klasycznych metodach treningu siły wykorzystuje się grawitację naszej planety. Dzięki przyciąganiu ziemskiemu ciężar sztangi, hantli itd. zależy od ich masy. Zatem przy względnie stałej składowej grawitacyjnej, ciężar jest proporcjonalny do masy ciała fizycznego, które obciąża mięśnie podczas ćwiczeń. W treningu inercyjnym, w bardzo dużym stopniu zredukowano rolę grawitacji, z tego powodu trenażery inercyjne zwane są urządzeniami niezależnymi od grawitacji (z ang. the gravity-independent devices). W treningu inercyjnym przyspieszenie grawitacyjne zostało zastąpione przyspieszeniem generowanym przez siłę mięśni osoby ćwiczącej. Podczas pracy koncentrycznej mięśni, w ruch wprowadzany jest element bezwładnościowy np. tarcza inercyjna. Po przekroczeniu przez rozpędzoną masę punktu „zwrotnego” rozpoczyna się faza ekscentryczna pracy mięśni (wywołana bezwładnością wprowadzonego w ruch elementu inercyjnego). W fazie tej, kierunek działania dźwigni kostno - stawowej jest przeciwny do kierunku działania siły mięśniowej, tzn. ćwiczący dąży np. do zginania w stawie łokciowym, ale bezwładność wprowadzonej w ruch masy powoduje przez pewien czas prostowanie w tym stawie. Zatem w wyniku działania wspomnianej siły bezwładności w treningu tym występuje mocno zaakcentowana (w porównaniu do innych metod treningu siły) praca ekscentryczna (Norrbrand i wsp. 2008), która prawdopodobnie przyczynia się do znacznego wzrostu siły mięśniowej. Wyniki nielicznych badań nad treningiem inercyjnym wskazują, że w

stosunkowo krótkim czasie (5 tygodni) prowadzi on do istotnego wzrostu masy i siły mięśniowej (Tesch i wsp. 2004, Seynness i wsp. 2007), poprawy koordynacji nerwowo-mięśniowej (Norrbrand i wsp. 2010) oraz zwiększenia sztywności ścięgien (Onambele i wsp. 2008). Według Caruso i wsp. (2006), zmiany fizjologiczne zachodzące w wyniku stosowania treningu inercyjnego powinny prowadzić do usprawnienia cyklu rozciągnięcie-skurcz i zwiększyć wykorzystanie w fazie koncentrycznej skurczu mięśniowego energii sprężystej, zmagazynowanej w mięśniach i ścięgnach w trakcie fazy ekscentrycznej. Caruso i wsp. (2006) podkreślają też, że w związku z tym trening inercyjny powinien być stosowany w dyscyplinach sportu, w których duże znaczenie ma wysokość wyskoku pionowego jak np. w koszykówce lub siatkówce. Jednakże jak dotąd przydatność treningu inercyjnego w sporcie, oceniana była jedynie przez McLodę i wsp. (2003) oraz Davisona i wsp. (2010) a wyniki ich badań są sprzeczne. Ciekawym jest fakt, że specyfika tego treningu powoduje wywołanie zmęczenia mięśni w warunkach, w których nie ma grawitacji ziemskiej i z tego powodu może on być z powodzeniem wykorzystywany przez astronautów pozostających przez dłuższy czas w przestrzeni kosmicznej (Tesch i wsp. 2004). Niestety, pomimo dotychczasowych starań różnych badaczy nie ma danych dotyczących optymalnej metodyki treningu inercyjnego, a ilość prac publikowanych z tego zakresu wciąż jest niewielka. W mojej ocenie wynika to m.in. z konstrukcji trenerów, które są wykorzystywane do prowadzenia treningu inercyjnego.

Innowacyjne inercyjne urządzenie treningowo pomiarowe – Inertial Training Measurement System (ITMS)

Stosowane dotychczas trenerzy inercyjne (Yo-Yo, Impulse Training Systems - ITS, Inertial Kinetic Exercise – IKE, Versa Pulley) posiadają sporo zalet: część z nich daje możliwość szerokiego dozowania obciążeń treningowych, niektóre z nich umożliwiają kontrolę efektywności treningu oraz pozwala na bieżącą analizę jakości realizowanej jednostki treningowej (feedback). Ponadto niektóre z w/w rozwiązań technologicznych umożliwiają wykonywanie ćwiczeń podobnych w strukturze ruchu do techniki przejawianej podczas walki sportowej w danej konkurencji. Niestety, żaden z dostępnych na rynku trenerów nie posiada wszystkich w/w funkcjonalności, co ogranicza wypracowanie optymalnej metodyki treningowej oraz szerokie zastosowanie treningu inercyjnego w praktyce sportowej, rehabilitacyjnej i prozdrowotnej. W związku z powyższym w 2008 roku zespół badaczy Zakładu Fizjologii, Zamiejscowego Wydziału Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, którego byłem członkiem, podjął próbę skonstruowania urządzenia, które będzie w pełni funkcjonalnym trenerem inercyjnym oraz przyrządem pomiarowym. W wyniku podjętej współpracy z Wydziałem Mechaniki Uniwersytetu Zielonogórskiego, w 2009 roku skonstruowano prototypowy, kołowy trener Inertial Training Measurement System (ITMS), a po przetestowaniu prototypu, zbudowano cztery zmodyfikowane egzemplarze. W początkowym etapie urządzenie

przetestowano pod kątem funkcjonalności oraz powtarzalności pomiarów. Okazało się, że wyliczone wartości ICC dla analizowanych parametrów (siła, moc, praca i prędkość ruchu tarczy inercyjnej) były wyższe niż 0,969, co świadczy o wysokiej powtarzalności pomiarów. Elementem inercyjnym w ITMS-ie jest obrotowa tarcza zamocowana pionowo w konstrukcji metalowej. Do czoła tarczy jest przymocowana lina, która przechodząc przez system bloczków, pozwala na wprawianie w ruch tarczy inercyjnej i nadawanie jej odpowiedniej siły bezwładności. W osi tarczy zamontowany jest enkoder pozwalający na rejestrację drogi w ruchu obrotowym tarczy i czasu jej pokonania, natomiast lina przechodzi przez jeden z bloczków z którym zintegrowany jest tensometr pozwalający na rejestrację siły. Dane z enkodera oraz tensometru przesyłane są do modułu akwizycji danych, a następnie do komputera. Program dedykowany ITMS-owi (MAD01) umożliwia bieżącą kontrolę, rejestrację i archiwizację parametrów treningu. Ćwiczący obserwuje na monitorze komputera szereg wybranych przez siebie wskaźników w postaci graficznej i liczbowej (siła mięśni, moc mięśni, pokonana droga, czas jej pokonania itd.), które mogą być uśredniane zarówno dla jednego powtórzenia, jak i całej serii ćwiczenia. Program pozwala ćwiczącemu ustawić górne i dolne zakresy wybranych wskaźników np. siły, drogi. Umożliwia to trenującemu wykonywanie ćwiczeń zgodnie z założeniami treningowymi; przykładowo jeśli rozwijana siła jest zbyt mała wówczas ekran rozświetla się na czerwono a system emituje dźwięk sygnalizujący zbyt niski poziom rozwiniętej siły (podobnie dzieje się po przekroczeniu górnego zakresu siły – choć efekty wizualne i dźwiękowe są odmienne). ITMS jest także systemem wielostanowiskowym; zmiana punktu zaczepienia liny na wysięgniku pozwala na trening wielu różnych grup mięśniowych całego ciała. Według mnie te cechy trenażera sprawiają, że jest on poważną konkurencją dla konwencjonalnych „atlasów” stosowanych w praktyce sportowej i w treningu prozdrowotnym. Jednoczesne wykorzystanie podczas ćwiczeń dwóch trenażerów daje praktycznie nieograniczone możliwości, co do ilości ćwiczeń inercyjnych, jakie można wykonywać. Ponadto konstrukcja trenażera umożliwia wykonanie ćwiczeń siłowych, których struktura ruchu jest bardzo zbliżona do zasadniczego zadania ruchowego, jakie przejawia sportowiec podczas zawodów, a to ułatwia wykorzystanie siły zwiększonej w następstwie treningu podczas zmagania sportowych (Wilson i wsp. 1996, Young 2006). Szczegółowy opis oraz fotograficzną i graficzną dokumentację ITMS-u zawierają prace stanowiące monotematyczny cykl publikacji.

Korzystając z w/w funkcjonalności ITMS-u w swoich badaniach zmierzam do ustalenia tego, czy trening inercyjny prowadzi do istotnych zmian siły i mocy różnych grup mięśniowych. Dążę także do ustalenia podłoża fizjologicznego ewentualnych zmian, jakie może wywoływać trening inercyjny przy użyciu ITMS-u. Ponadto w dłuższej perspektywie postaram się wyznaczyć optymalne parametry treningu (ilość serii, czasu trwania serii, czasu przerwy odpoczynkowej, prędkości ruchu podczas treningu itd.), zależnie od celów treningowych. Zakładam, że w wyniku

wielu prowadzonych badań będę otrzymywał kolejne informacje o skuteczności treningu inercyjnego odzwierciedlanej w zmianach fizjologicznych oraz funkcjonalnych. Uważam, że finalnie moje dotychczasowe oraz kolejne badania przyczynią się do opracowania skutecznej metodyki treningu inercyjnego, co ze względu na wielość zmiennych będzie procesem żmudnym i długotrwałym. Przedstawiony do oceny cykl jednotematycznych publikacji stanowi pierwszy etap tego procesu.

Cele badawcze

Ogólnymi celami przedstawionego cyklu jednotematycznych publikacji są:

- ocena skuteczności treningu inercyjnego w zakresie zwiększania siły i mocy wybranych grup mięśniowych przy wykorzystaniu innowacyjnego trenażera ITMS
- ocena wpływu treningu inercyjnego na możliwości funkcjonalne wybranych grup mięśni
- próba wskazania optymalnego modelu obciążania mięśni w trakcie ćwiczeń inercyjnych

Cele szczegółowe

W pierwszym artykule wchodzącym w cykl jednotematycznych publikacji „Training effectiveness of the Inertial Training and Measurement System”, oznaczanym dalej jako B₁ celem było zbadanie czy krótkotrwały, czterotygodniowy trening inercyjny przy wykorzystaniu innowacyjnego ITMS-u (użyty po raz pierwszy w celach treningowych) spowoduje wzrost siły i mocy mięśni przywodzących w stawie ramiennym. Na podstawie przeglądu piśmiennictwa dotyczącego treningu inercyjnego założyłem, że pomimo bardzo krótkiego okresu treningu może on istotnie zwiększyć siłę i moc mięśni przywodzących w stawie ramiennym. Ponadto, eksperyment miał na celu sprawdzenie czy zastosowanie trzech różnych obciążeń będzie skutkowało różnym poziomem ewentualnych zmian siły i mocy trenowanych mięśni. Dotychczas nie publikowano prac badających wpływ różnych obciążeń stosowanych podczas treningu inercyjnego na jego efektywność, niemniej jednak bazując na wynikach badań dotyczących skuteczności powszechnie stosowanych metod treningu siły, można było oczekiwać, że większe obciążenia spowodują większy wzrost siły mięśniowej (Fleck i Kraemer 2004, Moss i wsp. 1997). Celem badań było także oszacowanie zmian aktywności elektrycznej mięśnia piersiowego większego podczas przywodzenia w stawie ramiennym w następstwie prowadzonego treningu. Wyniki badań innych autorów (Norrbrand i wsp. 2010, Seynness i wsp. 2007) wskazują, że nawet krótkotrwały trening inercyjny prowadzi do zwiększenia aktywności bioelektrycznej trenowanych mięśni. Ograniczeniem na tym etapie badań był fakt, że ITMS nie był wówczas wyposażony w system pomiarowy – pomiarów wstępnych i końcowych siły i mocy mięśniowej dokonywano na dynamometrze izokinetycznym.

W drugim artykule „Impact of inertial training on strength and power performance in young

active men”, oznaczanym dalej jako B_{II}, cele badawcze były już bardziej rozbudowane. Po pierwsze, sprawdzono czy zastosowanie dwóch różnych obciążeń podczas treningu inercyjnego spowoduje różne zmiany siły i mocy mięśni prostujących w stawie kolanowym pod wpływem pięcioletniego treningu inercyjnego (testowania siły i mocy mięśni po raz pierwszy dokonano w warunkach treningowych – ITMS został na tym etapie badań wyposażony w moduł pomiarowy). Po drugie, celem pracy była ocena wpływu zastosowanych obciążeń na zdolności funkcjonalne mięśni prostujących w stawie kolanowym podczas wybranych testów skoczności i mocy. Po trzecie, postanowiono ocenić wpływ treningu inercyjnego na poziom mięśniowej masy ciała oraz na wartości sygnału elektromiograficznego trenowanych mięśni, zależnie od zastosowanych obciążeń. Bazując na wynikach Seynessa i wsp. (2007) przyjąłem, że u osób badanych w tym eksperymencie nastąpi hipertrofia oraz aktywność bioelektryczna trenowanych mięśni.

W wyniku różnych wątpliwości, które pojawiły się w następstwie prowadzonych badań nad treningiem inercyjnym (co do zasadności stosowanych modeli obciążeń), opracowałem odmienny niż w B_I i B_{II} system doboru obciążeń treningowych, co zostało opublikowane w trzecim artykule „Efficacy of inertial training in elbow joint muscles: influence of different movement velocities”, oznaczanym dalej jako B_{III}. Celem pracy była ocena zmian siły i mocy mięśni zginających oraz prostujących w stawie łokciowym w następstwie pięcioletniego treningu inercyjnego w zależności od zastosowanej podczas treningu maksymalnej szybkości ruchu. Analiza indywidualnych wyników badań B_I i B_{II} wykazała, że większa prędkość ruchu osiągniana przez badanych podczas ćwiczeń, obrazowana większą liczbą powtórzeń wykonanych przez badanych w jednej serii (co z kolei było wynikiem mniejszej masy tarczy inercyjnej lub większej siły badanego), powoduje większy przyrost siły niż w przypadku rozwijania mniejszych prędkości ruchu w trakcie ćwiczeń (uwaga: każdorazowo ćwiczono z maksymalną szybkością). W związku z tym postanowiłem przetestować skuteczność treningu inercyjnego w zależności od zastosowanej podczas treningu maksymalnej szybkości ruchu. Podobnie jak w B_{II}, skuteczność treningu inercyjnego postanowiłem ocenić zarówno w warunkach treningowych, jak i odmiennych niż treningowe, celem zweryfikowania hipotezy mówiącej o tym, że trening inercyjny kończyn górnych może powodować zmiany funkcjonalne aparatu ruchu w warunkach innych niż inercyjne. Ponadto celem pracy było także zbadanie wpływu treningu inercyjnego na masę mięśniową kończyn górnych oraz na aktywność elektryczną mięśni dwugłowego i trójgłowego ramienia, zależnie od zastosowanych prędkości treningowych.

Metodyka badań

Badaniom poddano łącznie 142 młodych mężczyzn - studentów wychowania fizycznego. Badani ze względu na specyfikę studiów stanowili grupę osób o wysokim poziomie aktywności fizycznej,

choć zaden z nich nie uprawiał sportu wyczynowo. W każdym z eksperymentów, badanym zalecano utrzymanie dotychczasowego poziomu aktywności fizycznej, poproszono ich o to aby nie wprowadzali żadnych istotnych zmian w zakresie żywienia, stosowanych używek (dot. tytoniu), trybu życia. Ponadto, badanych każdorazowo proszono o abstynencję alkoholową w okresie trwania eksperymentu. Niestety ograniczenia organizacyjne nie pozwoliły na kontrolę w/w zachowań badanych.

W każdym z eksperymentów grupy treningowe wykonywały trening inercyjny 3 razy w tygodniu (poniedziałki, środy i piątki), podczas każdej sesji treningowej dana grupa mięśni poddana była 3 seriom ćwiczeń, z których każda trwała 20 sekund w B_I i 15 sekund w B_{II} i B_{III}. Pomiedzy seriami stosowano 2 minutowe przerwy bierne. Badani zawsze mieli za zadanie wykonywać trening z maksymalną prędkością w zadanym zakresie ruchu. Czas trwania treningu w B_I wyniósł 4 tygodnie a w B_{II} i B_{III} - 5 tygodni. Każdorazowo w fazie rozpędzania tarczy inercyjnej obciążane mięśnie pracowały koncentrycznie, a podczas fazy hamowania – ekscentrycznie. W każdym z eksperymentów przed i po okresie treningu przeprowadzono testy pozwalające ocenić wpływ wykonywanych ćwiczeń na właściwości układu ruchu, choć zakres tych testów każdorazowo był różny.

B_I

W pierwszym badaniu 46 studentów podzielono losowo na 3 grupy treningowe i kontrolną. Pierwsza grupa (T0) trenowała z obciążeniem równym masie tarczy inercyjnej t.j. 19,4 kg, a druga (T5) i trzecia (T10) z obciążeniem odpowiednio o 5 kg i 10 kg większym. Treningowi poddano mięśnie przywodzące w stawie ramiennym. Ze względu na to, iż na tym etapie badań ITMS nie był jeszcze wyposażony w moduł pomiarowy, przed i po okresie treningu oceny siły i mocy trenowanych mięśni dokonano w warunkach izokinetycznych przy prędkości kątowej równej π rad·s⁻¹. Podczas tych badań rejestrowano także sygnał elektromiograficzny mięśnia piersiowego większego.

B_{II}

Badaniom poddano 58 studentów, których losowo przydzielono do 4 grup: T0, która trenowała z obciążeniem równym masie tarczy inercyjnej, T10 – trenującą z obciążeniem większym o 10 kg oraz dwóch grup kontrolnych, które podczas testów wstępnych i końcowych badane były w warunkach inercyjnych z obciążeniem równym masie tarczy inercyjnej - C0 oraz z obciążeniem większym o 10 kg - C10. W eksperymencie treningowi poddano mięśnie prostujące w stawie kolanowym (grupy T0 i T10). U wszystkich studentów przed i po okresie treningu oceniono: siłę i moc mięśni prostujących w stawie kolanowym rozwijane w warunkach inercyjnych, wysokość wyskoków dosiężnych (CMJ - wyskok dosiężny wykonany po szybkim ugięciu nóg z zamachem

ramion oraz SJ - wyskok dosiężny wykonany z ustabilizowanej pozycji kucznej), moc maksymalną rejestrowaną podczas testu ergometrycznego kończyn dolnych, aktywność elektryczną mięśnia czworogłowego uda oraz mięśniową masę ciała.

B_{III}

W trzecim eksperymencie zbadano 38 studentów, których podzielono na 4 grupy; 2 treningowe i dwie kontrolne. Podstawą zróżnicowania treningu była różna prędkość ćwiczeń inercyjnych. Podczas sesji wstępnych każdemu z badanych indywidualnie dobierano obciążenia w ten sposób, aby finalnie w grupach TF (treningowa szybka) i CF (kontrolna szybka) u każdego z badanych średnia prędkość ruchu podczas ćwiczeń inercyjnych wykonywanych z możliwie maksymalną intensywnością wynosiła $7,50 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, a w grupach TS (treningowa wolna) i CS (kontrolna wolna) $5,76 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$. Treningowi poddano mięśnie zginające i prostujące w stawie łokciowym. W obrębie jednej grupy osób prędkości były takie same dla obu testowanych grup mięśniowych. Przed i po okresie treningu oceniono wartość siły i mocy maksymalnej w warunkach treningowych oraz w warunkach izokinetycznych przy dwóch prędkościach: $3,14 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ and $5,24 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$. Obserwowano też zmiany mocy mięśni kończyn górnych rozwijanej podczas testu ergometrycznego Vandewalle'a. Ponadto przed i po okresie treningu oceniano masę mięśniową kończyn górnych oraz sygnały elektromiograficzne mięśni dwugłowego i trójgłowego ramienia w trakcie ćwiczeń inercyjnych.

Szczegółowy opis metodyki badań zawierają prace stanowiące jednotematyczny cykl publikacji.

Wyniki badań

W zależności od celów badawczych, rozkładu danych zastosowano odpowiednie metody statystyczne. Zmiany uważano za istotne gdy $p \leq 0,05$. Wyniki prezentowano w formie procentowych zmian analizowanych wskaźników (dla których podawano także 95% przedziały ufności) oraz przedstawiano rozmiar efektu treningowego (z ang. effect sizes – ES). Zastosowanie kilku sposobów analizy wyników, zwłaszcza podanie ES zwiększa rzetelność oceny oddziaływania procesu treningowego (Rhea, 2004) dane te dodatkowo opisują skuteczność oddziaływania procesu treningowego. W uzasadnionych logicznie przypadkach wyliczano także współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy wybranymi wskaźnikami. W celu uproszczenia przekazu w niniejszym opracowaniu podają jedynie zmiany procentowe analizowanych parametrów oraz istotność różnic.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że w każdym z trzech eksperymentów trening inercyjny wykonywany przy wykorzystaniu innowacyjnego trenażera ITMS jest skuteczny w odniesieniu do

badanych grup mięśniowych, jednocześnie nie odnotowano istotnych zmian analizowanych wskaźników w grupach kontrolnych.

B_I

Na tym etapie badań skuteczność treningu inercyjnego była oceniana w warunkach izokinetycznych. Trening inercyjny wywołał istotny wzrost siły (13% do 15,5%) i mocy mięśniowej (15,5% do 19,5%) we wszystkich grupach treningowych. Zmiany te nie różniły się istotnie pomiędzy trzema grupami treningowymi (T0, T5, T10). Ponadto czterotygodniowy trening mięśni przywodzących w stawie ramiennym spowodował istotne zwiększenie aktywności elektrycznej mięśnia piersiowego większego w grupie T0 (częstotliwość medianowa i średnia częstotliwość mocy wzrosły odpowiednio o 27% i 19%); w pozostałych grupach nie odnotowano istotnych zmian.

B_{II}

Siła i moc mięśni prostujących w stawie kolanowym zwiększyły się odpowiednio o 25,2% i 33,2% w grupie T0 i o 23,3% i 27% w grupie T10 ($p \leq 0,05$). Zwiększenie poziomu siły i mocy mięśni prostujących w stawach kolanowych miało też odzwierciedlenie w poziomie wysokości wyskoków dosiężnych, wartości CMJ i SJ wzrosły istotnie odpowiednio o 3,85% w T0 i o 6,67% w T10. Zaobserwowano także istotny wzrost mocy maksymalnej uzyskiwanej w teście ergometrycznym Vandewalle'a wykonywanym kończynami dolnymi (o 8,02% w T0 i o 7,37% w T10). Zmianom funkcjonalnym w obrębie układu ruchu towarzyszyły zmiany w poziomie mięśniowej masy ciała. Masa mięśni szkieletowych zwiększyła się o 9,83% w T0 i o 15,1% w T10 (w obu przypadkach $p \leq 0,05$). Należy tu jednak dodać, że zmiany mięśniowej masy są wynikiem treningu czterech partii mięśniowych, (w artykule wykorzystano jedynie wycinek projektu badawczego). Efektem treningu był również 16% wzrost amplitudy sygnału EMG w grupie T0 ($p \leq 0,05$). W grupie T10 nie wystąpiły istotne zmiany w tym zakresie. Poziom zmian w T0 i T10 w żadnym z wyżej opisywanych wskaźników nie różnił się istotnie.

B_{III}

W trzecim badaniu siła i moc mięśni zginających w stawie łokciowym wzrosły odpowiednio o 28,4% i 37,7%, w grupie trenującej z większą prędkością oraz o 13,7% i 12,4% w grupie trenującej z mniejszą prędkością; wszystkie zmiany były istotne statystycznie. Jednocześnie przyrost siły i mocy mięśni zginających w stawie łokciowym był istotnie większy w TF niż w TS. Zmiany siły i mocy mięśni prostujących w stawie łokciowym były mniejsze i wyniosły odpowiednio 12,5% i 21,1% w TF ($p \leq 0,05$) oraz 8,5% i 11% w TS ($p \geq 0,05$). Wzrost siły obserwowany w warunkach inercyjnych nie zawsze miał odzwierciedlenie w warunkach innych niż treningowe. W grupie TS

odnotowano istotny wzrost siły (o 10,4% przy prędkości $5,24 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ i o 10,8% przy prędkości $3,14 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$) i mocy (o 12,1% przy prędkości $5,24 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ i 9,4% przy prędkości $3,14 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$) mięśni zginających w stawie łokciowym ocenianej w warunkach izokinetycznych. W grupie TF istotne były jedynie zmiany mocy mięśniowej (wzrost o 9,7% przy prędkości $5,24 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ i o 11,7% przy prędkości $3,14 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$). Siła i moc mięśni prostujących w stawie łokciowym obserwowane w warunkach izokinetyki nie zmieniły się istotnie w następstwie treningu w żadnej z badanych grup. Także moc maksymalna rozwijana w teście ergometrycznym wykonywanym kończynami górnymi nie zmieniła się istotnie w wyniku treningu u żadnej z badanych grup studentów. Wyraźne natomiast były zmiany w aktywności elektrycznej mięśni zginających i prostujących w stawie łokciowym w obu grupach treningowych. Wzrost amplitudy EMG mięśni dwugłowego i trójgłowego ramienia zanotowany podczas testów inercyjnych zawierał się w zakresie od 30,6% do 58% ($p \leq 0,05$). Masa mięśniowa kończyn górnych zwiększyła się istotnie w TF (11,9%) i TS (17,9%). Ponadto, wartości współczynników korelacji Pearsona wskazują na istotną zależność pomiędzy procentowym wzrostem masy mięśni kończyn górnych a procentowym wzrostem siły ($r = 0,74$ w TF i $r = 0,68$ w TS) oraz mocy ($r = 0,72$ w TF i $r = 0,67$ w TS) zarejestrowanym podczas zginania w stawie łokciowym. Takiej zależności nie stwierdzono natomiast dla mięśni prostujących w stawie łokciowym w żadnej z trenowanych grup.

Dyskusja

Wyniki powyższych badań wskazują, że trening inercyjny pomimo stosunkowo krótkiego czasu trwania (w B_I – 4 tygodnie oraz w B_{II} i B_{III} – 5 tygodni) jest bardzo efektywny. Tak znaczący wzrost siły mięśniowej pod wpływem treningu inercyjnego nie jest zaskoczeniem (uśredniony wzrost siły wszystkich trenowanych grup mięśniowych, mierzony w warunkach inercyjnych, wyniósł 18,6%). Pod wpływem pięciodniowego treningu inercyjnego siła mięśni prostujących w stawie kolanowym zwiększyła się o 38,9% u mężczyzn badanych przez Seynassa i wsp. (2007). Taki sam okres treningu spowodował istotny wzrost siły mięśni prostujących w stawie kolanowym u badanych przez Norrbrand i wsp. (2010) oraz Tescha i wsp. (2004) - odpowiednio o 8% i 11%. Z kolei pięciodniowy trening inercyjny mięśni zginających w stawie łokciowym prowadzony przez Alberta i wsp. (1994) wywołał wzrost siły w zakresie od 5% do 27%, w zależności od warunków pomiaru i badanej kończyny. Interesującym jest fakt, że klasyczny trening siły przy stosowaniu podobnej metodyki treningowej pod względem liczby jednostek treningowych w tygodniu i ilości serii w ćwiczeniu zazwyczaj wymaga stosowania dłuższego okresu treningowego w celu uzyskania podobnych zmian siły mięśniowej. Badania Ariela (1977), Hostlera i wsp. (2001) oraz Gettmana i wsp. (1980) wskazują, że klasyczny trening siłowy, prowadzony u mężczyzn przez

okres 16-20 tygodni wywołał wzrost siły odpowiednio o 14%, 29% i 18%.

Prawdopodobnie tak duży wzrost siły mięśniowej w stosunkowo krótkim czasie ma podłoże w mocno zaakcentowanej fazie ekscentrycznej, jaka ma miejsce podczas treningu inercyjnego. Według badań Norrbrand i wsp. (2008) obciążenie mięśni podczas pracy ekscentrycznej obrazowane poziomem rozwijanej siły oraz zapisem sygnału elektromiograficznego aktywnych mięśni jest znacznie większe w trakcie ćwiczeń inercyjnych niż podczas klasycznego treningu siły. Wiadomo, że faza ekscentryczna pracy mięśni ma zasadnicze znaczenie w stymulacji wzrostu komórek mięśniowych (Bamman i wsp. 2001, Moore i wsp. 2005, Roig i wsp. 2009). Zatem, jeśli w treningu inercyjnym praca ekscentryczna mięśni jest mocno zaakcentowana, zmiany masy i siły mięśniowej także powinny być znaczące. Wyniki moich badań potwierdzają tę hipotezę. W pracach B_{II} i B_{III} oceniano wpływ treningu inercyjnego na poziom masy mięśniowej i w obu przypadkach masa mięśniowa wzrosła istotnie (od 9,8% do 17,9%), niezależnie od przyjętego modelu obciążeń treningowych. Zmiany masy mięśniowej były przeze mnie oczekiwane, natomiast tak duży zakres tych zmian jest pewnym zaskoczeniem. Co prawda, w treningu inercyjnym faza ekscentryczna jest silnie zaakcentowana, ale w przypadku użycia ITMS-u miała ona charakter fazowy – co w mojej ocenie czyni go w pewnym stopniu podobnym do treningu pliometrycznego. W treningu pliometrycznym wzrost siły ma głównie podłoże nerwowo-mięśniowe, następuje usprawnienie cyklu rozciągnięcie – skurcz oraz zmniejszenie aktywności narządów ścięgnistych Golgiego (Bosco i wsp. 1981, Komi i Bosco 1978, Komi 2003), zazwyczaj nie notuje się natomiast znaczących zmian troficznych trenowanych mięśni (Fleck i Kraemer 2004). Istotne zwiększenie masy mięśniowej w B_{II} i B_{III} można oceniać dwutorowo. Z jednej strony należy je uznać za pożądane – wyniki badań niniejszych badań sugerują, że trening inercyjny może być wykorzystywany w celu rozbudowy mięśniowej masy ciała i usprawnienia układu ruchu np. w kulturystyce, fitnessie, u osób starszych (o czym mowa w innej publikacji, której jestem współautorem; Brzenczek – Owczarzak i wsp. 2013), czy też w dyscyplinach sportowych, w których wynik sportowy w dużej mierze uzależniony jest od poziomu siły bezwzględnej. Z drugiej strony w konkurencjach, w których wynik sportowy uwarunkowany jest poziomem siły względnej, jak np. w skokach narciarskich, czy w konkurencjach, w których występują kategorie wagowe, zwiększenie mięśniowej masy ciała może być niepożądane. Stosunkowo szybki wzrost mięśniowej masy ciała obserwowany u osób poddanych treningowi inercyjnemu w B_{II} i B_{III} jest zgodny z wynikami Seynnesa i wsp. (2007) którzy zaobserwowali 9% ($p \leq 0,05$) i 13,8% ($p \leq 0,01$) wzrost przekroju poprzecznego mięśnia obszernego bocznego, odpowiednio po 20 i 35 dniach treningu inercyjnego. Także badania Tescha i wsp. (2004) wykazały istotny, 6% wzrost objętości mięśnia czworogłowego uda w następstwie pięciodniowego treningu inercyjnego.

Wyniki B_I, B_{II} i B_{III} wskazują, że wzrost siły trenowanych mięśni nie był powodowany jedynie zmianami troficznymi. Z analizy sygnałów EMG wynika, że trening inercyjny wywołuje istotny wzrost częstotliwości medianowej i średniej częstotliwości mocy sygnału mięśnia piersiowego większego (w T0; B_I) oraz istotny wzrost amplitudy EMG mięśni: prostego uda (w T0; B_{II}), dwugłowego ramienia i trójgłowego ramienia (w TF i TS; B_{III}). Zmiany te pozwalają wnioskować, iż trening inercyjny może powodować adaptację neuronalną polegającą prawdopodobnie na wzroście częstotliwości wyładowań już zrekrutowanych jednostek motorycznych oraz rekrutowaniu nowych jednostek ruchowych o wyższym progu pobudliwości. Podobne obserwacje poczynili Seynnes i wsp. (2007), którzy zaobserwowali istotny 29,8% wzrost aktywności EMG mięśnia obszernego bocznego już po 20 dniach treningu inercyjnego. Wyniki niniejszych badań są też zgodne z obserwacjami Norrbrand i wsp. (2010), którzy wykazali że 5-tygodniowy trening inercyjny wywołał istotny wzrost amplitudy EMG, rejestrowanej w mięśniu obszernym bocznym, podczas gdy zmian takich nie zanotowano w grupie wykonującej klasyczny trening siły. Z kolei wyniki prezentowane przez McLodę i wsp. (2003), Onambele i wsp. (2008) oraz Tescha i wsp. (2004) wskazują, że zmiany aktywności sygnału EMG w następstwie treningu inercyjnego nie są regułą (podobnie jak w przypadku zmian EMG rejestrowanych przy zastosowaniu niektórych protokołów treningowych w niniejszych badaniach: B_I – T5 i T10, B_{II} – T10).

Warto zauważyć, że wyniki prezentowane w jednotematycznym cyklu publikacji wskazują, iż przy stosowaniu mniejszych obciążeń zewnętrznych zmiany w sygnale EMG zawsze były istotne statystycznie, podczas gdy przy stosowaniu większych obciążeń nie zawsze obserwuje się istotne zmiany w tym zakresie. Pozwala to wysnuć hipotezę, że spośród dotychczas stosowanych obciążeń, mniejsze z nich mogą być stosowane w przypadkach w których oczekiwany jest wzrost siły uwarunkowany głównie poprawą sprawności pobudzania jednostek motorycznych aktywowanych mięśni. Jednakże udowodnienie tej hipotezy wymaga dalszych badań, w których stosowane będą bardziej zróżnicowane obciążenia/prędkości ruchu podczas treningu inercyjnego. Wyniki B_{II} wskazują, że zmiany w amplitudzie EMG były istotne w T0; natomiast w przypadku T10 $p \geq 0,05$. W tym samym badaniu wzrost masy mięśniowej w T10 był o 5,3% większy niż w T0; różnica na poziomie $p = 0,07$. Takie tendencje mogą sugerować, że za wzrost siły mięśniowej w T0 i T10 odpowiedzialne są podobne mechanizmy adaptacyjne, ale ich procentowy udział we wzroście siły mięśniowej jest zróżnicowany, zależnie od zastosowanego obciążenia. Prawdopodobnie większe zróżnicowanie protokołów treningowych pozwoli lepiej poznać fizjologiczne podłoże zmian siły i mocy mięśniowej w następstwie treningu inercyjnego. Co ciekawe, wyniki B_{III} mogą sugerować, iż pod wpływem treningu inercyjnego zmiany fizjologiczne zachodzące w mięśniach zginających i prostujących w stawie łokciowym mogą być odmienne. Jest prawdopodobne, że zmiany masy

mięśniowej w obrębie mięśni zginających w stawie łokciowym mogą być większe niż w obrębie mięśni prostujących w tym stawie. Co prawda ze względów technicznych nie badano przekrojów poprzecznych poszczególnych mięśni, ale mogą na to wskazywać wyliczone współczynniki korelacji – istotne zależności pomiędzy procentowym wzrostem masy mięśni kończyn górnych a procentowym wzrostem siły oraz mocy zarejestrowanym podczas zginania w stawie łokciowym, przy jednoczesnym braku tych zależności pomiędzy siłą oraz mocą mięśni prostujących w stawie łokciowym i masą mięśniową kończyn górnych.

Istotnym zagadnieniem praktycznym jest możliwość wykorzystania potreningowego wzrostu siły mięśniowej w warunkach odmiennych niż treningowe. Niestety, doświadczenia własne autora oraz wyniki znaczącej części prac badawczych wskazują na istnienie problemu „transferu” zwiększonej w następstwie treningu siły mięśniowej do zasadniczego zadania ruchowego (z ang. practical application of strength training). Wyniki niektórych badań, w których wykorzystywano klasyczne metody treningu siły potwierdzają, że pomimo wzrostu siły mierzonej w warunkach treningowych poprawie nie ulega np. prędkość biegu na krótkich dystansach (Harris i wsp. 2000, Kotzamanidis i wsp. 2005, Moir i wsp. 2007). Dotychczas opublikowano jedynie dwie prace naukowe zajmujące się zagadnieniem „transferu” siły zwiększanej w następstwie treningu inercyjnego do zasadniczego zadania ruchowego (McLoda i wsp. 2003 oraz Davison i wsp. 2010), przy czym wyniki tych badań są rozbieżne. McLoda i wsp. stwierdzili, że trening inercyjny nie poprawia możliwości funkcjonalnych zawodników bejsbola, co jest przeciwstawne do rezultatów uzyskanych przez Davisona i wsp. Wyniki badań B_{II} i B_{III}, wskazują, że siła zwiększona w następstwie treningu inercyjnego może być wykorzystywana także w warunkach odmiennych niż treningowe. Zwiększenie siły mięśni prostujących w stawie kolanowych spowodowało istotną poprawę wysokości wyskoków dosiężnych oraz mocy rozwijanej podczas testu ergometrycznego wykonywanego kończynami dolnymi. Podkreślenia wymaga jeszcze fakt, że struktura ruchu przejawiana podczas treningu w B_{II} różniła się od tej przejawianej podczas testów funkcjonalnych, a pomimo tego uzyskano istotną poprawę mocy mięśniowej rejestrowanej w tych testach. Badania Wilsona i wsp. (1996) potwierdzają, że bardzo dużą rolę w „transferze” siły do właściwego zadania ruchowego odgrywają struktura ruchu oraz pozycja ciała przyjmowana podczas ćwiczeń. Jeżeli są one podobne do stosowanych w danym teście kontrolnym, wówczas wynik tego testu poprawia się w większym stopniu niż wówczas gdy, są one odmienne. Potwierdzają to także badania B_I w których siła i moc mięśniowa były rejestrowane w odmiennych warunkach niż treningowe, ale pozycja ciała badanego oraz struktura ruchu przejawiana podczas ćwiczeń na ITMS oraz podczas testów z wykorzystaniem systemu izokinetycznego były niemal identyczne. Z kolei w B_{III} zastosowano inne położenie kończyny górnej podczas ćwiczeń i testów izokinetycznych i wówczas wzrost siły notowany na ITMS-ie nie zawsze powodował istotne zmiany siły i mocy mięśni

rejestrowane w warunkach izokinytyki (zwłaszcza w przypadku mięśni prostujących w stawie łokciowym). Także w B_{III} nie uzyskano istotnego zwiększenia mocy maksymalnej rejestrowanej podczas testu ergometrycznego wykonywanego kończynami górnymi – struktura ruchu podczas testu była odmienna niż w trakcie treningu. Zastosowanie podczas ćwiczeń inercyjnych struktury ruchu zbliżonej do przejawianej we właściwym dla sportowca zadaniu ruchowym (co jest możliwe przy stosowaniu ITMS) może istotnie ułatwić ”transfer” siły. Potwierdzają to wyniki badań własnych autora (w trakcie procesu redakcyjnego), które dowodzą że trening inercyjny może przyczyniać się do skrócenia czasu pokonania dystansu 50 i 100 metrów w pływaniu, jeśli struktura ruchu i pozycja ciała badanego w trakcie treningu są zbliżone do przejawianych w warunkach wodnych. Opisany powyżej kierunek zmian (zwłaszcza w B_{II}) wskazuje, że trening inercyjny może być wykorzystany w praktyce sportowej, choć wymaga to dalszych badań.

Reasumując, trening inercyjny z wykorzystaniem nowatorskiego trenażera ITMS wywołuje istotny wzrost siły i mocy mięśni przywodzących w stawie ramiennym, prostujących w stawie kolanowym oraz zginających i prostujących w stawie łokciowym u młodych mężczyzn. Warty podkreślenia jest fakt, iż wyżej wymienione zmiany zaszły w stosunkowo krótkim czasie. Pomimo stosowania różnych obciążeń zewnętrznych, zmiany w poziomie siły trenowanych mięśni w poszczególnych eksperymentach były podobne – nie różniły się istotnie w grupach treningowych, wyjątek stanowią wyniki B_{III} w których siła mięśni zginających w stawie łokciowym zwiększyła się w większym stopniu w TF niż w TS. Wyniki badań B_{III} zachęcają do dalszej pracy nad metodyką treningu inercyjnego, w której podstawą dozowania obciążeń będzie maksymalna szybkość ruchu przejawiana w trakcie ćwiczeń. Zwiększenie siły mięśniowej będące konsekwencją prowadzonego treningu inercyjnego ma zarówno podłoże nerwowe jak i troficzne, co obrazują wzrost aktywności elektrycznej trenowanych mięśni oraz ich hipertrofia. Zastosowane protokoły obciążeń wskazują na praktyczną użyteczność stosowania treningu inercyjnego – wzrost siły mięśni prostujących w stawie kolanowym ma odzwierciedlenie w istotnym zwiększeniu wysokości wyskoków dosiężnych oraz mocy maksymalnej kończyn dolnych.

Biorąc pod uwagę zalety funkcjonalne trenażera ITMS oraz wysoką skuteczność treningu inercyjnego w zakresie zwiększania siły, mocy i masy mięśniowej uważam, iż jest on bardzo perspektywiczną, rozwojową metodą treningu siły. Zaprezentowane powyżej wyniki są jedynie wycinkiem prowadzonych przeze mnie badań. Wyniki B_I, B_{II}, B_{III} oraz innych, nie omawianych w autoreferacie eksperymentów, zachęcają do podejmowania kolejnych badań nad skutecznością i wykorzystaniem treningu inercyjnego w rekreacji ruchowej, sporcie oraz rehabilitacji. Prace te w mojej ocenie mogą przyczynić się do opracowania w przyszłości optymalnej metodyki treningu inercyjnego i rozpowszechnienia tej wciąż mało znanej metody treningu siły.

Piśmiennictwo

- Albert M.S., Hillegass E, Spiegel P. Muscle torque changes caused by inertial exercise training. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1994; 20: 254-261.
- Ariel G. Barbell vs. dynamic variable resistance. *U.S. Sports Association News* 1977. 1: 7
- Bamman M.M., Shipp J.R., Jiang J., Gower B.fA., Hunter G.R., Goodman A., McLafferty C.L., Urban N.J. Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *American Journal of Physiology - Endocrinology And Metabolism* 2001; 280: E383-E390.
- Bosco C., Komi P.V, Ito A. Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica* 1981; 111: 135-140.
- Brzenczek - Owczarzak W., Naczka M., Arlet J., Forjasz J., Jędrzejczak T., Adach Z. Estimation of inertial training efficacy in older women. *Journal of Aging and Physical Activity* 2013; 21(4): 433-443.
- Caruso J.F, Hernandez D.A., Porter A., Schweikert - Kyoko Saito T., Cho M, De Garmo N., Nelson N.M. Integrated electromyography and performance outcomes to inertial resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2006; 20(1): 151-156.
- Davison S.W., Caruso J.F., Taylor S.T., Lutz B.M., Olson N.M., Mason M.L., Szymanski D.J. The benefits of low-friction resistance training in an adolescent baseball player. *Medicina Sportiva* 2010; 14(2): 90-95.
- Fleck FJ, Kraemer WJ. *Designing resistance training programs*. Third Edition. *Humans Kinetics*. Champaign 2004
- Gettman L.R., Culter L.A., Strathman T.A. Physiologic changes after 20 weeks of isotonic vs isokinetic circuit training. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1980; 20(3):265-74.
- Harris G.R., Stone M.H., O'Bryant H.S., Prolux C.M., Johnson R.L. Short - term performance effects of high power, high force, or combined weight - training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2000; 14(1): 14-20.
- Hill A.V. The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *Physiological Laboratory, Manchester* 1922: 19-41.
- Hostler, D., Schwirian, C.I., Campos, G., Toma, K., Hagerman, F.C. and Staron, R.S. Skeletal

muscle adaptation in elastic resistance training young men and women. *European Journal of Applied Physiology* 2001; 86: 112-118.

Komi P.V., Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1978; 10: 261-265.

Komi P.V. *Strength and power in sport*. Blackwell Science USA 2003.

Kotzamanidis Ch. The effect of combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2005; 19(2): 369-375.

McLoda T.A., Murphy, K.M., Davison, S. Functional effects of inertial training of the upper extremity. *Journal of Sport Rehabilitation* 2003; 12: 229-239.

Moir G., Sanders R., Button Ch., Glaister M. The effect of periodized resistance training on accelerative sprint performance. *Sports Biomechanics* 2007; 6(3): 285-300.

Moore D.R., Phillips S.M., Babraj J.A., Smith K., Rennie M.J. Myofibrillar and collagen protein synthesis in human skeletal muscle in young men after maximal shortening and lengthening contractions. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 2005; 288: E1153-E1159.

Moss B.M., Refsnes P.E., Abildgaard A., Nicolaysen K., Jensen J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1997; 75(3): 193-199.

Norrbrand L., Fluckey J.D., Pozzo M., Tesch P.A. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal Applied Physiology* 2008; 102: 271-281.

Norrbrand L., Pozzo M., Tesch P.A. Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal Applied Physiology* 2010; 110(5): 997-1005.

Onambele G.L., Maganaris C.N., Mian O.S., Tam E., Rejc E., McEwan I.M., Narici M.V. Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of Biomechanics* 2008; 41(15): 3133-8.

Rhea M.R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2004; 18: 918-920.

- Roig M., O'Brien K., Kirk G., Murray R., McKinnon P., Shadgan B., Reid W.D. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: systematic review with meta - analysis. *British Journal of Sports Medicine* 2009; 43: 556- 568.
- Saynnes O.R., de Boer M., Narici M. V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology* 2007; 102:368-373.
- Tesch, P.A., Ekberg, A., Lindquist, D.M., Trieschmann, J.T. Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica* 2004; 180: 89-98.
- Wilson G.J., Murphy A.J., Walshe A. The specificity of strength training: the effect of posture. *European Journal of Applied Physiology* 1996; 73: 346-352.
- Young W.B. Transfer of strength and power training to sport performance. *International Journal of Sport Physiology and Performance* 2006; 1: 74-83.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

a) tematyka pozostałych prac badawczych

- przed uzyskaniem stopnia doktora

W początkowym okresie mojej pracy naukowej wdrażałem się w zagadnienia związane z testowaniem poziomu siły mięśniowej, wydolności tlenowej i beztlenowej dzieci, młodzieży, osób starszych. Stopniowo poznawałem kolejne metody służące ocenie wydolności, zdobyłem szereg umiejętności (jak np. obsługa ergospirometrów, elektromiografów, systemów do badań biomechanicznych i innych), które następnie mogłem wykorzystać w pracy naukowej. Badałem także wpływ poszczególnych zmiennych, jak wiek, trening, styl życia na wydolność ustroju. Ponadto zajmowałem się także analizą szybkości narastania siły i relaksacji w różnych mięśniach podczas dowolnych skurczów izometrycznych u młodych mężczyzn. Doświadczenia zdobywane przeze mnie przed uzyskaniem stopnia doktora mają odzwierciedlenie w publikacjach naukowych i wystąpieniach konferencyjnych z tego okresu (załączniki nr 5, 6 i 7).

- po uzyskaniu stopnia doktora

We wszystkich pracach badawczych z tego okresu, zajmowałem się wpływem wysiłku

siłowego i wytrzymałościowego na ustrój człowieka. Między innymi, brałem udział w projekcie badawczym prowadzonym przez prof. nadzw. dr. hab Agnieszkę Zembroń-Łacny, którego ogólnym celem była ocena zmian zapalnych zachodzących pod wpływem długotrwałego wysiłku biegowego o różnej charakterystyce na podstawie wybranych markerów biochemicznych. Ponadto badano wpływ suplementacji grzybów shiitake na zmiany zapalne będące następstwem długotrwałego wysiłku, podczas którego akcentowano pracę ekscentryczną mięśni. Oceniano także wpływ przyjmowania kwasu alfa-liponowego na ilość uwalnianej erytropoetyny oraz na poziom uszkodzeń komórek mięśniowych indukowanych przez długotrwały wysiłek fizyczny. Wyniki tych badań wskazują, że wysiłek ekscentryczny znacząco zwiększa produkcję reaktywnych cząsteczek tlenu i azotu oraz cytokin mięśniowych. Suplementacja kwasu alfa-liponowego przed wysiłkiem może zmniejszać poziom uszkodzeń komórek mięśniowych oraz przyspieszać regenerację miocytów po długotrwałym wysiłku z silnie akcentowaną fazą pracy ekscentrycznej. Przyjmowanie kwasu alfa-liponowego może także wpływać na większe uwalnianie erytropoetyny w okresie powysiłkowym. Z kolei suplementacja ekstraktu z grzybów shiitake nie wpływa istotnie na wielkość stanów zapalnych obserwowanych po długotrwałym wysiłku fizycznym, chociaż wykazuje działanie antyoksydacyjne poprzez regulację stężenia tlenu azotu oraz statusu redoks. Szczegółowe wyniki badań zostały opublikowane w pięciu oryginalnych pracach wykazanych w załączniku nr 5 (łączny IF dla tych publikacji wyniósł 8,12).

W ostatnim czasie moje prace naukowe zawężyły się do badania wpływu treningu inercyjnego na właściwości siłowe u młodych mężczyzn, co stanowi też podstawę jednotematycznego cyklu publikacji. Ponadto, byłem także członkiem zespołu badającego wpływ treningu inercyjnego na siłę i moc mięśniową u kobiet w wieku starszym, a wyniki tych badań zostały opublikowane w pracy Estimation of inertial training efficacy in older women (Brzenczek - Owczarzak W., **Naczk M.**, Arlet J., Forjasz J., Jędrzejczak T., Adach Z. Journal of Aging and Physical Activity 2013, 21(4): 433-443). Wyniki badań wskazały, że czterotygodniowy trening inercyjny spowodował istotny wzrost siły i mocy mięśni przywodzących w stawie ramiennym w obu grupach trenowanych kobiet. Aktualnie zajmuję się opracowywaniem metodyki treningu inercyjnego oraz jego wykorzystaniem w praktyce sportowej.

b) krótka analiza bibliometryczna

Jestem autorem i współautorem 27 prac naukowych, w tym 20 oryginalnych publikacji naukowych (10 z nich posiada impact factor), 2 prac o charakterze recenzyjnym, 1 książki, 2 skryptów dla

studentów oraz 2 rozdziałów monografii pokonferencyjnych. Po uzyskaniu stopnia doktora postanowiłem publikować swoje prace w czasopismach posiadających wskaźnik Impact Factor. Obecnie łączna wartość IF dla moich publikacji wynosi 12,894, liczba cytowań moich prac (wg ISI Web of Science) to 11, a indeks Hirscha = 2. Łączna wartość dorobku naukowego wynosi 287 pkt. KBN/MNiSW, z czego po uzyskaniu stopnia doktora 245 pkt. MNiSW (dane wg Ośrodka Informacji Naukowej ZWKF w Gorzowie Wielkopolskim, AWF Poznań). Pełną analizę bibliometryczną mojego dorobku naukowego zawierają załączniki nr 5 i 6. Jestem także autorem i współautorem 15 doniesień na konferencjach krajowych i zagranicznych (załącznik nr 7).

c) projekty badawcze (po uzyskaniu stopnia doktora).

- w latach 2008 – 2010 byłem wykonawcą grantu pozyskanego z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (decyzja z dnia 04.04.2008 r. o przyznanie środków finansowych na realizację zadania nr 1.R.16) o tytule „Fizjologiczny model oceny obciążeń statycznych występujących u osób niepełnosprawnych w warunkach pracy zawodowej”
- w latach 2009 – 2010 jako kierownik i główny wykonawca realizowałem projekt badań własnych finansowany przez MNiSW, o tytule „Wpływ treningu inercyjnego na właściwości kurczliwe mięśni szkieletowych”.
- w latach 2012 – 2014 jako kierownik zadania realizowałem projekt badań statutowych finansowanych przez MNiSW, o tytule „Wpływ treningu inercyjnego na właściwości szybkościowo-siłowe wybranych grup mięśniowych u młodych mężczyzn”.
- od 10.02.2015 jako główny wykonawca realizuję grant środowiskowy przeznaczony na realizację badań związanych z zaprojektowaniem, wykonaniem i wdrożeniem do użytku innowacyjnych inercyjnych trenażerów do ćwiczeń siłowych „Cyklotren”. Łączny koszt projektu o tytule „Cyklotren - badania, opracowanie technologii, budowa prototypów inercyjnych aparatów treningowo - rehabilitacyjnych oraz wytworzenie nowatorskiego modelu zdalnego treningu personalnego” to 1 132 338 złotych. Dotacja została pozyskana z funduszy europejskich ramach konkursu nr LRPO/2.4/3/2014, ”Priorytet II Działanie 2.4, Transfer badań, nowoczesnych technologii i innowacji ze świata nauki do przedsiębiorstw”. Uczestniczyłem we wszystkich pracach związanych z pozyskaniem grantu na etapie przygotowywania wniosku, w którym zawarte są liczne zadania, za realizację których jestem obecnie odpowiedzialny. Pozyskanie w/w grantu bezpośrednio wiąże się z realizowanymi przeze mnie dotychczas badaniami. Moje publikacje spotkały się z zainteresowaniem lokalnych przedsiębiorców wynikiem czego było nawiązanie przez mnie oraz dwóch innych członków zespołu badawczego ZWKF-u (dr hab. prof. AWF. Zdzisława

Adacha oraz mgr inż. Jarosława Arleta) współpracy z Gorzowskim Ośrodkiem Technologicznym oraz spółką Tessa. Współpraca ta zaowocowała pozyskaniem w/w grantu środowiskowego. Obecnie w wyniku opracowania przeze mnie wytycznych dotyczących wymagań technicznych i metodycznych tworzonego urządzenia trwają prace konstrukcyjne związane z opracowaniem nowych urządzeń inercyjnych – Cyklotren. Docelowo urządzenia te mają łączyć w sobie funkcjonalność różnych urządzeń i umożliwić prowadzenie nie tylko treningu inercyjnego, ale także izokinetycznego, izotonicznego i innych. Zakłada się, że wszystkie parametry treningu będą wyświetlane na ekranie, a urządzenie będzie sterowane zarówno miejscowo z pozycji użytkownika, jak i zdalnie z pozycji administratora z wykorzystaniem łącza internetowego.

d) nagrody za działalność naukową

- w 2009 roku zostałem odznaczony medalem Jędrzeja Śniadeckiego za osiągnięcia naukowe przez Rektora AWF Poznań

e) organizacja konferencji

- współorganizowałem ogólnopolską konferencję naukową Szkoła Fizjologii Ruchu, która odbyła się w dniach 27.09 – 28.09.2010 w ZWKF w Gorzowie Wielkopolskim

Gorzów Wielkopolski, 15 czerwiec 2015 *Mariusz Naczk*
.....
podpis wnioskodawcy