

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
WE WROCŁAWIU

Marcin Urbaniak

REGENERACJA POWYSIŁKOWA U KARATEKÓW
A MOC MAKSYMALNA I PRÓG BOLESNOŚCI
MIĘŚNI SZKIELETOWYCH.

Autoreferat pracy doktorskiej
wykonanej w Zakładzie Sportu Paraolimpijskiego

Promotor:

dr hab. Adam Kawczyński prof. AWF

Recenzenci:

prof. dr hab. Bogdan Ciszek

prof. dr hab. Adam Maszczyk

dr hab. Michał Spieszny prof. AWF

WROCŁAW 2022

I. WSTĘP

Karate jest dyscypliną sportową należącą do sportów walki. Występuje w wielu stylach (goju, shotokan, kyokushin czy wado) w zależności od twórcy - mistrza. Historia tej dyscypliny sięga XVII wiecznej Japonii i wiąże się z podbijaniem przez to państwo kolejnych terytoriów i rozbijania jej ludności. Jednak ze względu na potrzebę samoobrony powstała sztuka walki nie wymagająca żadnej broni (Chaahène i wsp. 2012). Karate jak i inne sporty walki bazuje na wysiłku beztlenowym. Konieczne wydaje się włączenie do treningu, kształtowania wytrzymałości zawodnika, co potwierdza się w czasie jaki spędzany jest na zwiększaniu i doskonaleniu tego elementu. Pomimo tego często zdarza się, że walka kończy się przed czasem ze względu na wyprowadzenie celnego uderzenia przez jednego z zawodników. Prowadzi nas to do kolejnych elementów treningu, jakimi jest kształtowanie techniki oraz siły. Zawodnicy odnoszący sukcesy na poziomie międzynarodowym, dużo czasu poświęcają na trening siłowy. Wyprowadzenie uderzenia (kończyną dolną bądź górną), wiąże się z potrzebą wykonania pracy ekscentrycznej, ważne jest więc, zwiększanie siły oraz elastyczności mięśni pracujących na oddalających się przyczepach mięśniowych (Chaahène i wsp. 2012).

Charakterystycznym objawem wysiłku fizycznego opóźniona bolesność mięśniowa (ang, delayed onset muscle soreness, DOMS). Zespół opóźnionego bólu mięśniowego opisywany jest jako występowanie dyskomfortu i bólu w trakcie skurczu mięśnia, pojawiający się po jego zwiększonej pracy, najczęściej po wykonywaniu ćwiczeń ekscentrycznych. Bolesność mięśniowa jest połączona z uczuciem sztywności mięśnia na skutek występującego obrzęku (Valle i wsp.2013). Badacze nie są zgodni jaki jest przedział czasowy w którym dochodzi do DOMS. Podawane ramy czasowe wynoszą wg. Valle i współpracowników pierwsze oznaki pojawiają się po 6-12 godzinach od zakończenia wysiłku i nasilają aż do osiągnięcia maksimum po 48-72 godzinach (Valle i wsp.2013). Natomiast Koh podaje, że objawy pojawiają się po 12-24 godzinach i osiągają swoje najwyższe wartości pomiędzy 24-48 godzinach. Jeszcze inne dane podaje Imtiyaz i współpracownicy. Zgodnie z jego wytycznymi bolesność pojawia się po 8-10 godzinach. Autorzy są zgodni co do czasu kiedy zanikają objawy, pomiędzy 5 a 7 dniem od wykonywanych ćwiczeń (Koh i wsp. 2013, Imtiyaz i wsp 2014).

Trening sportowy można uznać za efektywny, gdy odpowiednio dobrany bodziec treningowy wpłynie na parametr jaki ma zostać poprawiony u zawodnika. Dopiero wtedy dochodzi do superkompensacji i zwiększenia zdolności wysiłkowej sportowca. Poprawa wytrzymałości czy siły zawodnika wiąże się, ze zwiększoną pracą mięśniową, po której

dochodzi do wystąpienia bolesności mięśniowej (Śliwowski i wsp. 2013). Zawodnicy zmagający się z minimalnymi objawami bólowymi, będącymi efektem zmęczenia mięśnia, nie są w pełnej gotowości do walki o najwyższe sportowe cele, co więcej wzrasta u nich ryzyko wystąpienia kontuzji, wykluczającej ze startów, na określony czas, w zależności od tego jak poważny był uraz (Petersen i wsp 2005) (Woods i wsp. 2004). Nie można zapomnieć o występowaniu czynników psychologicznych takich jak strach odczuwany w trakcie ruchu po wystąpieniu kontuzji, który długotrwale może zmniejszyć zdolność sportowca do uzyskania wysokich wyników sportowych (Roelofs i wsp. 2007).

Tutaj pojawia się rola fizjoterapeutów, masażyistów, terapeutów manualnych oraz osteopatów którzy, pracują nad tym, aby jak przywrócić zawodnika do pełni sił i przyspieszyć jego regenerację, (Grant i wsp 2014) spełniają także rolę profilaktyczną, (Nelson 2013) aby nie tylko przywrócić zawodnika do pełnej sprawności, ale również aby uniknął kontuzji. Jest wiele nurtów w fizjoterapii i osteopatii a co za tym idzie jest wiele różnych metod zapobiegania i zmniejszania bolesności mięśniowej oraz profilaktyki urazów. Jedną z najbardziej powszechnych i podstawowych metod jest rozciąganie. Wielu sportowców w tym amatorów rozciąga się przed lub po aktywności fizycznej. Celem tego zabiegu jest zwiększenie zdolności wysiłkowej, zmniejszenie ryzyka wystąpienia kontuzji czy zmniejszenie bólu po ćwiczeniach (Herbert i wsp. 2011). Natomiast najczęściej stosowaną metodą mającą na celu przywrócenie sprawności zawodnikowi jest masaż sportowy. (Zainuddin i wsp. 2005).

II. CEL PRACY

Celem pracy było stwierdzenie czy masaż tkanek głębokich jest skuteczną metodą odnowy biologicznej, poprzez mierzalny powrotu mocy maksymalnej oraz podnoszenia się progu bolesności mięśniowej u karateków po wysiłku fizycznym.

a. Hipoteza

Masaż tkanek głębokich sprzyja powstawaniu w organizmie warunków pozwalających na skrócenie czasu powrotu mocy maksymalnej mięśni oraz przyspiesza podnoszenie się progu bolesności mięśniowej.

b. Pytania badawcze

Czy masaż tkanek głębokich ma wpływ na powstawanie w organizmie warunków pozwalających na szybsze podnoszenie się progu bolesności mięśniowej u badanych karateków?

Czy masaż tkanek głębokich skraca czas powrotu mocy maksymalnej mięśni u badanych karateków?

III. METODY I MATERIAŁ BADAWCZY

a. Materiał badawczy

Badaniu została poddana grupa 20 zawodników karate odnoszących sukcesy na poziomie krajowym. Zawodnicy znajdowali się w przedziale wiekowym pomiędzy 18 a 32 rokiem życia, ze średnią wieku wynoszącą 25 lat, średnia wysokość ciała 179,1 cm, a średnia masa ciała wynosiła 72,6 kg. Wszyscy zostali poproszeni o utrzymanie normalnej codziennej aktywności podczas trwania eksperymentu.

Kryteria włączenia do badań były następujące:

- 1) brak bólu w obrębie kończyn dolnych bezpośrednio przed eksperymentem,
- 2) brak wcześniejszych urazów kończyn dolnych, mogących ograniczać możliwości wysiłkowe lub powodować wystąpienie objawów bólowych,
- 3) brak treningu siłowego w ciągu ostatniego miesiąca,
- 4) aktualne badania lekarskie, wydane przez lekarza sportowego, dopuszczające do wysiłku fizycznego.

Badanie to uzyskało zgodę Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych nr 6/2019.

b. Metody badawcze

Eksperyment badawczy składał się z siedmiu części:

- 1) pierwszy pomiar wyjściowy progu bolesności mięśniowej i mocy maksymalnej mięśni kończyn dolnych bezpośrednio przed treningiem,
- 2) protokół ćwiczeń ekscentrycznych,
- 3) drugi pomiar mocy maksymalnej i progu bolesności mięśniowej kończyn dolnych po ćwiczeniach,
- 4) sesja masażu tkanek głębokich,
- 5) trzeci pomiar ewaluacyjny progu bolesności mięśniowej i mocy maksymalnej oraz sesja masażu tkanek głębokich 24 godziny po ćwiczeniach,

6) czwarte wyznaczenie progu bolesności mięśniowej i mocy maksymalnej oraz sesja masażu tkanek głębokich 48 godzin po ćwiczeniach

7) piąty pomiar progu bolesności mięśniowej i mocy maksymalnej mięśni kończyn dolnych 72 godziny po ćwiczeniach.



Rycina 1. Algorytm badania

Wszystkie pomiary zostały wykonane przez jedną, przeszkoloną i zaznajomioną ze sprzętem osobę. Masaż był wykonywany przez jednego dyplomowanego fizjoterapeuty.

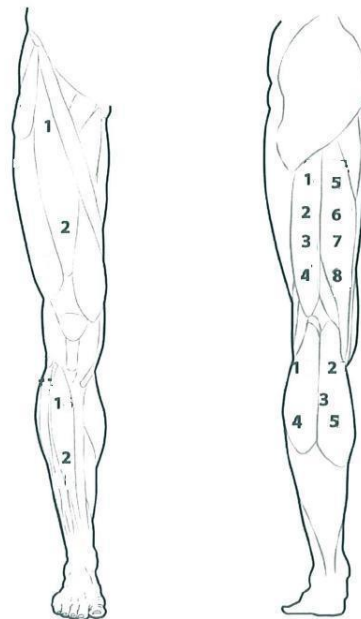
c. Trening siłowy

Trening siłowy został poprzedzony rozgrzewką, w trakcie której ćwiczenia skupiały się na aktywacji mięśni biorących udział we właściwej części treningu siłowego. Zawodnicy zostali poddani treningowi siłowemu kończyn dolnych do którego obciążenie zostało dobrane w oparciu o ciężar jednokrotnego maksymalnego powtórzenia [1RM]. W ramach treningu siłowego badani wykonali 5 serii przysiadów po 5 powtórzeń z obciążeniem równym 60% 1RM. Zawodnicy wykonywali przysiady z odpowiednio dobranym ciężarem na sztandze i mieli za zadanie wykonywać powtórzenia jak najszybciej, ponieważ jest to najskuteczniejsza metoda kształtowania mocy mięśniowej. Przysiad wykonywany był do ok 90° zgięcia w stawie kolanowym, a następnie badany wracał do pozycji wyjściowej. Przerwa pomiędzy poszczególnymi seriami przysiadów wynosiła od 60 do 90 sekund. (Trzaskoma & Trzaskoma 2001).

d. Próg bolesności mięśniowej

Wszystkie pomiary progu bolesności mięśniowej zostały wykonane przez jednego operatora. Badani, podczas pomiaru, znajdowali się w pozycji leżenia przodem oraz tyłem. Uczestnicy kładli się na leżance z kończynami górnymi ułożonymi swobodnie wzdłuż ciała,

z głową w otworze znajdującym się w leżance. Zostali także poproszeni o maksymalne rozluźnienie kończyn dolnych podczas badania. Pomiar został wykonany za pomocą algometru elektronicznego (Somedic, Algometer type II, Hörby, Szwecja) pozwalającego na wyznaczenie progu bolesności mięśniowej (Park i wsp. 2011, Mutlu i wsp. 2015). Pomiar progu bolesności mięśniowej zostały wykonane w siedemnastu punktach zlokalizowanych na obu kończynach dolnych osoby badanej - osiem punktów pomiaru dla grupy tylnej mięśni uda, pięć punktów pomiaru dla grupy tylnej mięśni podudzia, dwa punkty dla mięśnia prostego uda oraz dwa punkty dla mięśnia piszczelowego przedniego. Punkty te zostały wyznaczone wzdłuż osi długiej mięśni, po środku głowy mięśnia w równych odległościach od siebie i od przyczepów końcowych mięśni oraz na połączeniu głów mięśni w przypadku pomiaru dokonywanego na tylnej części podudzia. W każdym z siedemnastu punktów dla każdej kończyny został dokonany pomiar progu bolesności mięśniowej poprzez przyłożenie nacisku pionowo w dół za pomocą algometru. Osoby badane zostały poproszone, aby w momencie odczucia pierwszych dolegliwości bólowych zatrzymać pomiar przyciskiem „stop”. W ten sposób została wygenerowana wartość progu bolesności mięśniowej, wyrażona w [kPa].



Rycina 2. Schemat punktów badania progu bolesności mięśniowej



Rycina 3. Algotometr firmy Somedic, type II Hörby (Szwecja), (<http://somedic.com/en/algometer.html>)

e. Moc maksymalna

Moc maksymalna mięśni została oszacowana na podstawie pomiarów wykonywanych pionowych wyskoków. Badani mieli za zadanie wykonać 3 wyskoki dosiężne z rękami umieszczonymi na biodrach w trakcie, którego dane zostały zebrane z użyciem systemu Opto-Jump (Bolzano, Włochy). Pomiaru mocy maksymalnej mięśni zostały wykonane w pozycji stojącej, wyskok był poprzedzony wykonaniem przysiadu w celu wygenerowania największej siły mięśni kończyn dolnych.



Rycina 4. System Opto-jump (Bolzano, Włochy), (<http://podologie-grossetie-pessac.fr/>)

f. Masaż tkanek głębokich

Masaż tkanek głębokich (ang. Deep Tissue Massage, DTM) jest jedną z form masażu (Majchrzycki i wsp. 2014), mających na celu obniżenie napięć w obrębie mięśni oraz ściśle powiązanej z nimi powięzi (Romanowski i wsp. 2017). Metoda ta opiera się na rozluźnianiu tkanek miękkich (tj. mięśnie, ścięgna, więzadła), a w efekcie poprawie przesuwalności poszczególnych warstw tkanek między sobą, w możliwie jak najskuteczniejszy sposób w opracowywanej tkance. W masażu tym zachowane zostają zasady warstwowości opracowywania tkanek, od powierzchniowych do głębiej leżących. Działając na kolejne warstwy mięśni, czekamy na rozluźnienie warstw znajdujących się bliżej skóry, tak aby rozluźnianie tkanki było jak najbardziej efektywne. Masaż ten pozwala na wykorzystanie powierzchni przedramienia, grzbietowej powierzchni paliczków kończyny górnej, bocznej powierzchni paliczków kończyny górnej (kłykci/kostek), a także dłoniowej strony ręki (Riggs 2007).

Badani, w trakcie sesji masażu, byli proszeni o położenie się na przygotowanym wcześniej stole do masażu. Masaż wykonywany był zarówno w leżeniu przodem jak i tyłem, tak aby objąć masażem zarówno przedni jak i tylny przedział mięśni kończyn dolnych. W badaniu została wykorzystane takie techniki jak: głaskanie, uwalnianie z uwięźnięcia, mobilizacja do rozciągnięcia, a także masaż poprzeczny. Poszczególne techniki były wykorzystywane w wymienionej wyżej kolejności:

- głaskanie,
- uwalnianie z uwięźnięcia,
- mobilizacja do rozciągnięcia,
- masaż poprzeczny.

g. Metody statystyczne:

Zastosowane oprogramowanie: PASW Statistic SPSS 18

Zastosowana została analiza wariancji dla pomiarów powtarzalnych (ANOVA)

Test Bonferroni został wykonany jako test post-hoc

Poziom $p < 0.05$ został przyjęty jako istotny statystycznie.

Powtarzalność metody obserwacji gry została sprawdzona za pomocą współczynnika korelacji wewnątrz czynnikowej (ICC), przy użyciu modelu 2-czynnikowego mieszanego.

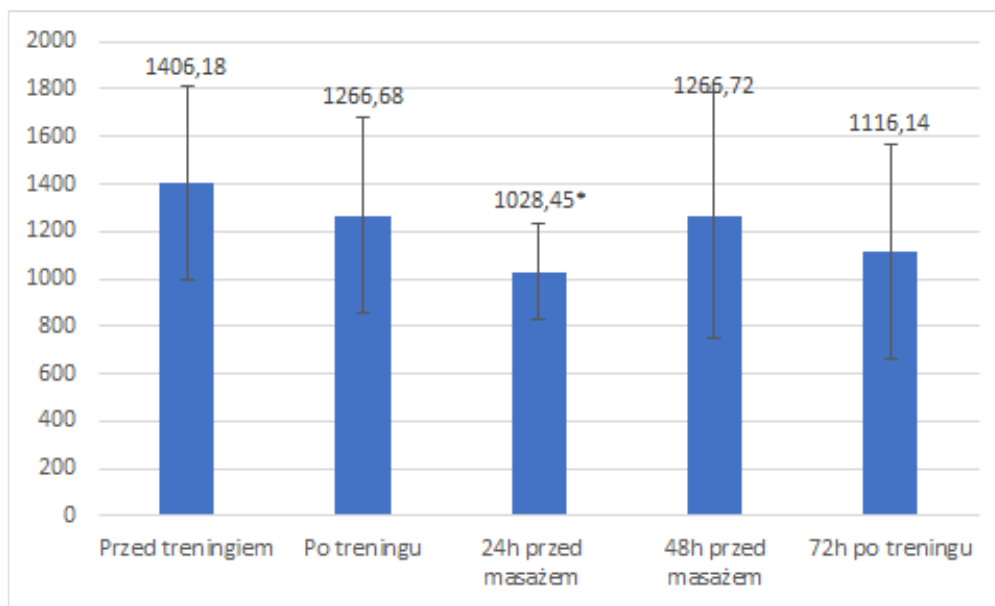
IV. WYNIKI

Współczynnik korelacji wewnątrz-czynnikowej dla pomiarów progu bolesności mięśniowej wyniósł: ICC = 0,72, dla pomiarów mocy maksymalnej wyniósł ICC = 0,92.

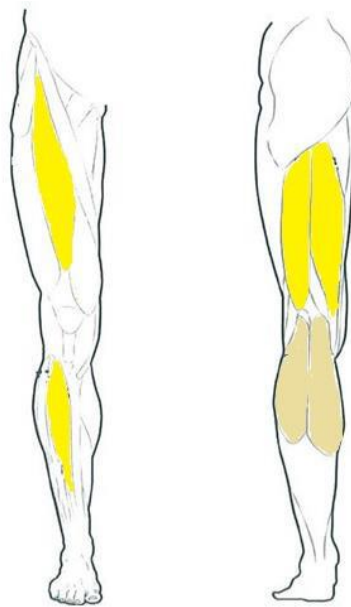
a. Próg bolesności mięśniowej

Wartość progu bolesności mięśniowej została określona dla 4 mięśni zgodnie ze schematem punktów umieszczonym wcześniej. Wzorec rozwoju opóźnionej bolesności mięśniowej udało się zmienić dla 3 badanych mięśni. Był to mięsień prosty uda, dla którego próg bolesności mięśniowej był najniższy po 24 godzinach od wykonania ćwiczenia. W kolejnych pomiarach próg bolesności nie wykazywał zmian istotnych statystycznie względem pomiaru początkowego.

Wykres 1. Wartość bolesności mięśniowej dla mięśnia prostego uda



Legenda: * oznacza zmianę progu poziomu bolesności mięśniowej istotną statystycznie $p \leq 0.05$ w stosunku do pomiaru przed treningiem



Rycina 5. Schemat mięśni objętych badaniem (na żółto mięśnie, w których udało się uzyskać zmianę wzorca rozwoju bolesności mięśniowej przy zastosowaniu masażu tkanek głębokich, na kremowo mięśnie, gdzie nie udało się zmienić wzorca bolesności mięśniowej)

Tabela 2. Wartości progu bolesności mięśniowej dla badanych mięśni

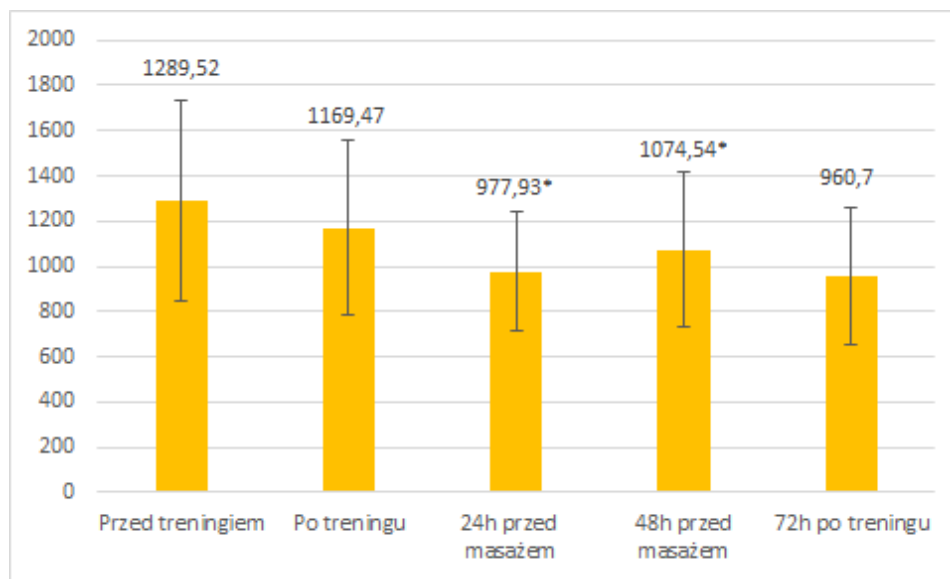
Badanie	Średnia ± SD			
	m. prosty uda	m. piszczelowy przedni	m. dwugłowy uda	m. brzuchaty łydki
Przed treningiem	1406,18±406,47	1499,64±392,46	1423,68±429,13	1289,52±439,89
Po treningu	1266,68±415,35	1507,68±376,43	1383,13±398,19	1169,47±385,69
24h przed masażem	1028,45±202,92*	1311,36±303,33	1189,39±314,07	977,93±260,68*
48h przed masażem	1266,72±517,11	1330,36±377,09	1213,70±304,39	1074,54±343,31*
72h po treningu	1116,14±453,29	1336,64±509,53	1223,46±393,56	960,70±302,92

Legenda: * oznacza zmianę progu poziomu bolesności mięśniowej istotną statystycznie $p \leq 0.05$ w stosunku do pomiaru przed treningiem

Nie doszło do istotnej statystycznie zmiany progu bolesności mięśniowej dla mięśnia piszczelowego przedniego, pozostał on na stałym poziomie przez wszystkie pomiary. Zmiana progu bolesności mięśniowej nie miała również miejsca w przypadku mięśnia dwugłowego uda i próg utrzymywał się na niezmienionym poziomie.

Zmiana wzorca zaszła w mięśniu brzuchatym łydki. W tym przypadku masaż tkanek głębokich nie miał wpływu na rozwój opóźnionej bolesności mięśniowej.

Wykres 2. Wartość progu bolesności mięśniowej dla mięśnia brzuchatego łydki

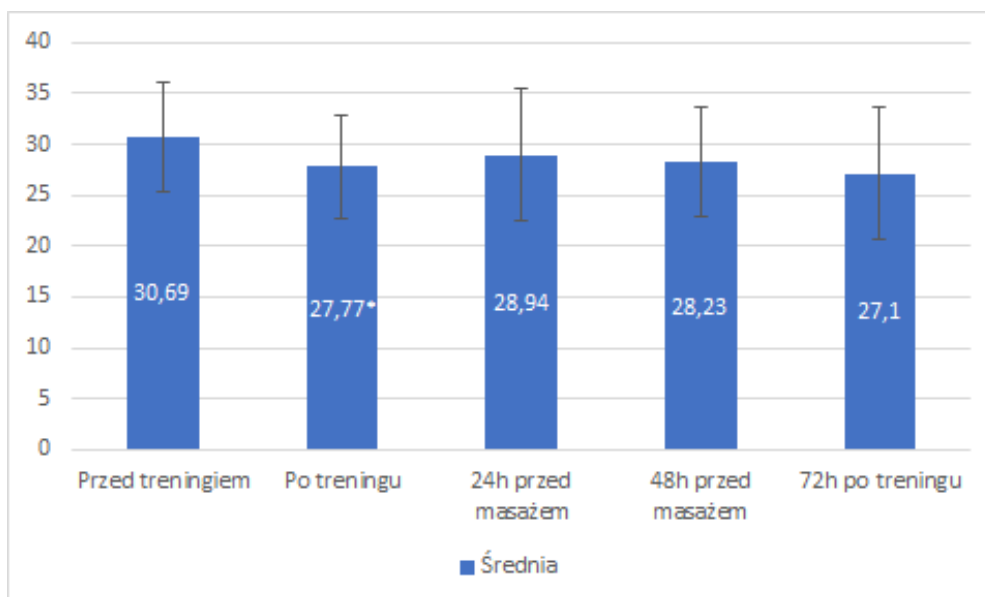


Legenda: * oznacza zmianę progu poziomu bolesności mięśniowej istotną statystycznie $p \leq 0.05$ w stosunku do pomiaru przed treningiem.

b. Moc maksymalna

Wartość mocy maksymalnej nie zmieniła się w sposób istotny statystycznie w stosunku do pomiaru początkowego z wyłączeniem drugiego pomiaru dokonanego bezpośrednio po przeprowadzonym treningu.

Wykres 3.. Wartość mocy maksymalnej kończyn dolnych



Legenda: * oznacza zmianę progu poziomu bolesności mięśniowej istotną statystycznie $p \leq 0.05$ w stosunku do pomiaru przed treningiem

Tabela 3. Wartość mocy maksymalnej kończyn dolnych

Pomiar	Średnia ± SD
Przed treningiem	30,69±5,43
Po treningu	27,77±5,15
24h przed masażem	28,94±6,44
48h przed masażem	28,23±5,33
72h po treningu	27,10±6,50

Tabela 4. Wyniki analizy statystycznej dla pomiarów mocy maksymalnej kończyn dolnych

Źródło	Badanie	Współczynnik F	Istotność statystyczna
Badanie	po a przed	15,012	0,003*
	24h po a przed	2,269	0,16
	48h po a przed	3,223	0,1
	72h po a przed	4,16	0,066

Legenda:

*- wartość istotna statystycznie

Przed – przed treningiem

Po – bezpośrednio po treningu

24h po – 24 godziny po treningu, przed masażem

48h po – 48 godzin po treningu, przed masażem

72h po – 72 godziny po treningu

V. WNIOSKI

1. Masaż tkanek głębokich może być skuteczną metodą regeneracji powysiłkowej, ponieważ:
zapewnia skrócenie czasu powrotu mocy maksymalnej
oraz podnoszenie się progu bolesności mięśniowej
2. Odstępy pomiędzy kolejnymi sesjami masażu na poziomie 24 godzin, umożliwiają wytworzenie oraz podtrzymanie procesów regeneracji powysiłkowej.
3. System Opto-jump i algometr, pozwoliły na rzetelną ocenę postępu procesu regeneracji zawodników.
4. Skuteczność systemu Opto-jump oraz algometru pozwala na ich praktyczne i obiektywne zastosowanie w procesie odnowy biologicznej w sporcie wyczynowym.
5. Ćwiczenia zastosowane w protokole badawczym powinny być jak najbardziej zbliżone do ruchów wykonywanych w trakcie treningu specyficznego dla danej dyscypliny sportowej lub warunków startowych.

VI. PIŚMIENNICTWO

1. Chaahène H, Hachana Y, Franchini E, Mkaouer B, Chamarf K. Physical and Physiological Profile of Elite Karate. *Athletes. Sports Med* 2012; 42 (10): 829-843.
2. Valle X, Til L, Drobic F, Turmo A, Montoro JB, Valero O, Artells R. Compression garments to prevent delayed onset muscle soreness in soccer players. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2013 Oct-Dec; 3(4): 295–302.
3. Koh HW, Cho SH, Kim CY, Cho BJ, Kim JW, PhD, Bo K H. Effects of Vibratory Stimulations on Maximal Voluntary Isometric Contraction from Delayed Onset Muscle Soreness. *J Phys Ther Sci.* Sep 2013; 25(9): 1093–1095.
4. Imtiyaz S, Veqar Z, Shareef M.Y. To Compare the Effect of Vibration Therapy and Massage in Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness. *J Clin Diagn Res.* Jan 2014; 8(1): 133–136.
5. Śliwowski R, Andrzejewski M, Wieczorek A, Barinow-Wojewódzki A, Jadczyk Ł, Adrian S, Pietrzak M, Wieczorek S. Changes in the anaerobic threshold in an annual cycle of sport training of young soccer player. *Biol Sport.* Jun 2013; 30(2): 137–143.
6. Petersen J, Hölmich P, Evidence based prevention of hamstring injuries in sport, *Br J Sports Med* 2005;39:319-323
7. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A, The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries, *Br J Sports Med* 2004;38:36-41
8. Roelofs J, Sluiter JK, Frings-Dresen M, Goossens M, Thibault P, Boersma K, Vlaeyen J, Fear of movement and (re)injury in chronic musculoskeletal pain: Evidence for an invariant two-factor model of the Tampa Scale for Kinesiophobia across pain diagnoses and Dutch, Swedish, and Canadian samples, *Pain* 131, 2007 181–190
9. Grant ME, Steffen K, Glasgow P, Phillips N, Booth L, Galligan M, The role of sports physiotherapy at the London 2012 Olympic Games, *Br J Sports Med.* 2014 Jan;48(1):63-70
10. Nelson N, Delayed onset muscle soreness: is massage effective?, *J Bodyw Mov Ther.* 2013 Oct;17(4):475-82

11. Herbert RD, de Noronha M, Kamper SJ. Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011 Jul 6;(7):CD004577. doi: 10.1002/14651858.CD004577.pub3.
12. Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Effects of Massage on Delayed-Onset Muscle Soreness, Swelling, and Recovery of Muscle Function. *J Athl Train.* 2005 Jul-Sep; 40(3): 174–180.
13. Trzaskoma Z, Trzaskoma A., (2001). *Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców*, Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa
14. Park G, Kim CW, Park SB, Kim MJ, Jang SH. Reliability and usefulness of the pressure pain threshold measurement in patients with myofascial pain. *Ann Rehabil Med.* 35(3) 2011:412-7.
15. Mutlu EK, Ozdincler AR. Reliability and responsiveness of algometry for measuring pressure pain threshold in patients with knee osteoarthritis *J. Phys. Ther. Sci.* 27: 2015 1961–1965,
16. Majchrzycki M, Kocur P, Kotwicki T. Deep tissue massage and nonsteroidal anti-inflammatory drugs for low back pain: a prospective randomized trial. *ScientificWorldJournal.* 2014; 287597
17. Romanowski MW, Špiritović M, Rutkowski R, Dudek A, Samborski W, Straburzyńska-Lupa A. Comparison of Deep Tissue Massage and Therapeutic Massage for Lower Back Pain, Disease Activity, and Functional Capacity of Ankylosing Spondylitis Patients: A Randomized Clinical Pilot Study. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2017: 9894128.
18. Riggs A. (2007) *Deep tissue massage: A visual guide to techniques*. North Atlantic Books