

# WPŁYW MASAŻU LODEM NA GRADIENT NARASTANIA SIŁY CHWYTU

## THE IMPACT OF ICE MASSAGE ON HAND GRIP FORCE GRADIENT INCREASE

Kamil Mustafa, Mariusz Paweł Furmanek

Katedra Motoryczności Człowieka, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki, Katowice

### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Masaż oraz krioterapia to powszechnie stosowane środki z zakresu odnowy biologicznej. Dotychczasowe badania oceniały zazwyczaj skuteczność obu tych zabiegów stosowanych oddzielnie. Masaż lodem łączy działanie zimna z bodźcami mechanicznymi. Niewiele jest doniesień naukowych na temat wpływu tej formy krioterapii na parametry siłowo-szybkościowe mięśni.

**Cel Pracy.** Zbadanie wpływu masażu lodem na gradient narastania siły chwytu.

**Materiał i metody.** W badaniach wzięło udział 40 celowo wybranych zdrowych studentek Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach (średnia  $\pm$ sd; wiek:  $21,2 \pm 1,57$  lat, wysokość ciała:  $166,9 \pm 6,59$  cm, masa ciała:  $61,15 \pm 10,33$  kg). Grupa została losowo podzielona na dwie równoliczne podgrupy, w których jedna stanowiła grupę kontrolną, a druga została poddana masażowi z użyciem lodu. Testy siły chwytu przeprowadzono przy pomocy ręcznego dynamometru elektronicznego. Osoby badane wykonywały uściski ręki, z maksymalną siłą, przez okres 10 sekund, w rytmach 1 sekunda – uścisk oraz 1 sekunda – przerwa. Masaż przeprowadzono na przedniej (5 min) i tylnej (5 min) stronie przedramienia kończyny niedominującej. W grupie kontrolnej zastosowano 10-minutowy, bierny odpoczynek w pozycji siedzącej, z przedramionami opartymi na stole.

**Wyniki.** Przeprowadzona analiza wariancji dla powtarzanych pomiarów 2 x 2 ANOVA nie wykazała istotnego statystycznie zróżnicowania gradientu narastania siły chwytu zarówno w grupie poddanej interwencji masażem lodem ( $p = 0,319$ ), jak i w grupie kontrolnej ( $p = 0,999$ ).

**Wnioski.** Zastosowany masaż lodem nie wpływa w sposób istotny na gradient narastania siły chwytu w badanej grupie młodych kobiet.

**Słowa kluczowe:** masaż, krioterapia, siła chwytu

### Abstract

**Introduction.** Massage and cryotherapy are two commonly used recovery-inducing treatments. Previous examinations assessed efficiency of both these interventions when applied separately. Ice massage combines the effects of low temperature with mechanical stimuli. There has been scarce evidence how the above said form of cryotherapy impacts muscle strength-speed parameters.

**Purpose.** The aim of the study was to evaluate the impact of ice massage on hand grip force gradient increase.

**Materials and methods.** The study group consisted of 40 purposely selected healthy female students of the Academy of Physical Education in Katowice (mean  $\pm$ sd; age:  $21.2 \pm 1.57$  years old, height:  $166.9 \pm 6.59$  cm, and body mass:  $61.15 \pm 10.33$  kg). The half of the group was randomly subjected to ice massage, while the other half formed a control group. The hand grip force test consisted in a 10-second performance of maximum force hand grips in isometric conditions. The contraction time of 1 sec alternated with a 1 sec rest period. An electronic hand dynamometer was used for measurements. Ice massage prior to the second measurement was performed on the front (5 min) and back side (5 min) of the forearm of the non-dominant limb. Control group had a 10-minute passive rest in a sitting position with forearms resting on a table.

**Results.** The variance analysis of repeated measurements 2 x 2 ANOVA did not reveal any statistically significant differentiation of hand grip force gradient increase in both ice-massaged group ( $p = 0.319$ ), and control group ( $p = 0.999$ ).

**Conclusions.** The results indicate that the ice massage did not significantly affect hand grip force gradient increase in the examined group of young females.

**Key words:** massage, cryotherapy, hand grip force

### Wprowadzenie

Poprawa oraz regeneracja parametrów siłowo-szybkościowych mięśni należą do kluczowych zadań z zakresu odnowy biologicznej, która jest nieodłącznym elementem współczesnego sportu wyczynowego. Badania naukowe pozwalają na dobór najbardziej

efektywnych zabiegów wykorzystywanych w tym obszarze oraz weryfikują zasadność ich stosowania, jako interwencji przed-, między- lub po-wysiłkowych.

Zdolność mięśni do generowania siły możliwa jest m.in. dzięki ich właściwościom kurczliwym. Tempo, w jakim rozwijana jest siła uzależnione jest przede

wszystkim od kontroli nerwowo-mięśniowej, liczby zaangażowanych jednostek motorycznych oraz od rodzaju włókien mięśniowych biorących udział w skurczu [1, 2]. Jeżeli w budowie mięśnia występuje wyższy procent włókien szybkokurczliwych (włókna białe; typ II; FT, *ang. fast twitch*), to posiada on większy potencjał do rozwijania siły w krótszym czasie [2-4]. Oceniając szybkość narastania siły podczas skurczu dowolnego, uwzględnia się zazwyczaj czas osiągnięcia maksymalnej siły izometrycznej, czas osiągnięcia 50% maksymalnej siły izometrycznej lub gradient narastania siły [5-7]. Gradient narastania siły określa stosunek przyrostu siły do czasu, w którym on nastąpił. Charakterystyka ta jest pomocna przy ocenie możliwości szybkościowych poszczególnych grup mięśniowych i tym samym określa ich predyspozycje do wysiłków eksplozywnych.

W niniejszym eksperymencie oceniano gradient narastania siły chwytu. Decydującą rolę podczas czynności chwytnej ręki odgrywają mięśnie przedramienia. Mięśnie zginające rękę odpowiadają głównie za siłę uścisku, prostowniki, natomiast stabilizują pozycję nadgarstka [8]. Testując parametry chwytu wykorzystuje się różne rodzaje ręcznych dynamometrów (analogowe, cyfrowe, hydrauliczne, pneumatyczne, sprężynowe). Według Amerykańskiego Stowarzyszenia Terapeutów ręki (*ang. The American Society of Hand Therapists* – ASHT) oraz Amerykańskiego Stowarzyszenia Medycznego (*ang. The American Medical Association* – AMA) najdokładniejszym narzędziem pomiarowym w tym obszarze badań jest dynamometr hydrauliczny [9, 10]. ASHT rekomenduje również standardową pozycję podczas testów. Jest to pozycja siedząca, ze stopami opartymi o podłoże. Badana kończyna powinna być przywiedziona do tułowia, zgięta w stawie łokciowym do około 90 stopni, z przedramieniem w ustawieniu neutralnym, z ręką w lekkim zgięciu grzbietowym (0 – 30°). Taki sposób pomiaru został poparty badaniami wielu naukowców [11-14].

Popularnymi środkami odnowy biologicznej wykorzystywanymi do poprawy oraz przywrócenia funkcji zmęczonych mięśni są różne formy schładzania tkanek. Zabiegi z zakresu zimno leczenia, wykorzystujące zimno o temperaturze 0°C i niższej określa się mianem krioterapii [15]. Do zalet biologicznego działania niskich temperatur należą m.in.: działanie przeciwbólowe, spowolnienie metabolizmu tkankowego, stymulacja krążenia, redukcja obrzęku i hamowanie stanów zapalnych [16-19]. Nie ma jednak zgody, co do wpływu krioterapii na wydolność mięśniową. Niektórzy badacze nie zaobserwowali żadnych zmian w funkcjach nerwowo-mięśniowych na skutek manipulacji temperaturą tkanek [20, 21]. Inni autorzy z kolei uważają, że właściwości kurczliwe mięśni zdeterminowane są zmianami wewnątrzmięśniowej temperatury [22-24]. Z przeglądu literatury dokonanego przez White'a i Wellsa [19] wynika, że

ochładzanie tkanek może wpływać negatywnie na możliwości siłowe mięśni.

W większości dotychczasowych badań naukowych do schładzania tkanek używano zanurzeń w zimnej wodzie (*ang. cold water immersion* – CWI) oraz miejscowych okładów. Ponadto, stosowano relatywnie długie czasy aplikacji (powyżej 20 min.). Niewiele jest natomiast doniesień na temat wpływu innych form krioterapii na parametry szybkościowo-siłowe mięśni. W obecnym badaniu do oziębienia tkanek wykorzystano masaż lodem, który łączy działanie zimna z mechanicznymi bodźcami masażu. W porównaniu z innymi metodami krioterapii, zabiegi z użyciem lodu są łatwiejsze w aplikacji oraz stwarzają mniejsze ryzyko odmrożenia tkanek [25, 26]. Biorąc pod uwagę krótszy czas wykonywania masażu lodem może on być również bardziej praktycznym środkiem odnowy biologicznej podczas interwencji międzywysiłkowej.

Powyższe przesłanki przyczyniły się do podjęcia problematyki niniejszej pracy, której celem było zbadanie wpływu masażu lodem na gradient narastania siły chwytu. Postawiono następującą hipotezę badawczą: masaż lodem w sposób istotny wpłynie na pogorszenie wartości gradientu narastania siły chwytu.

## **Materiał i metody**

W badaniach wzięło udział 40 celowo wybranych studentek Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach w wieku 19-23 lat. Osoby badane zostały losowo podzielone na dwie równoliczne grupy: masaż lodem (n=20) oraz grupa kontrolna (n=20). Charakterystykę grupy badawczej przedstawiono w tabeli nr 1.

Osoby regularnie uprawiające sport, deklarujące zaburzenia ortopedyczne, neurologiczne, choroby sercowo-naczyniowe, zaburzenia czucia oraz zmiany troficzne skóry, zostały wykluczone z eksperymentu.

Badania odbyły się w laboratorium Katedry Motoryczności Człowieka Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach w kwietniu 2014 roku. Uzyskano na nie zgodę Komisji Bioetycznej (uchwała nr 12/2013 z dnia 21 listopada 2013).

Testy siły chwytu przeprowadzono przy pomocy ręcznego dynamometru elektronicznego (Beseline Hydraulio Hand Dynamometer, Inc. Irvington, NY 1033, USA) z oprogramowaniem Pilumnus (ryc. 1). Osoby badane wykonywały uściski ręki, z maksymalną siłą, przez okres 10 sekund, w rytmach 1 sekunda – uścisk/1 sekunda – przerwa. Dynamometr zbierał dane z częstotliwością 16 Hz. Rezultaty otrzymano w kilogramach siły (kg).

Testowano jedynie kończynę niedominującą. Istnieje bowiem hipoteza, że efekty masażu mogą być bardziej widoczne na mniej wytrenowanej, słabszej grupie mięśni [27]. Ponadto, publikacje Petersena i wsp. [28] oraz Nicolaya i Walker [29] sugerują, że u kobiet widoczna jest większa dysproporcja między

Tabela 1. Charakterystyka grupy badawczej

| Charakterystyka<br>(średnia $\pm$ sd) | Masaż lodem<br>(n=20) | Grupa kontrolna<br>(n=20) | Razem<br>(n=40)   |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| Wiek [lata]                           | 20,7 $\pm$ 1,41       | 21,6 $\pm$ 1,73           | 21,15 $\pm$ 1,57  |
| Wysokość ciała [cm]                   | 167,2 $\pm$ 8,37      | 166,6 $\pm$ 4,81          | 166,9 $\pm$ 6,59  |
| Masa ciała [kg]                       | 62,1 $\pm$ 12,84      | 60,2 $\pm$ 7,82           | 61,15 $\pm$ 10,33 |
| BMI                                   | 21,8 $\pm$ 3,00       | 22,0 $\pm$ 2,70           | 21,9 $\pm$ 0,14   |
| Niedominująca kończyna górna          | L=18, P=2             | L=18, P=2                 | L=36, P=4         |

gdzie: P – kończyna prawa; L – kończyna lewa; n – liczba badanych; sd – odchylenie standardowe



Ryc. 1. Dynamometr używany podczas pomiarów

ręką dominującą (silniejszą) i niedominującą (słabszą) w rezultatach maksymalnej siły uścisku w porównaniu z mężczyznami. Dlatego też, celowo wybrano do badań kobiety i oceniono kończynę niedominującą, aby (zgodnie z sugestią literatury) zapewnić większą reaktywność na zabieg.

Lateralizacja została określona na podstawie „testu klucza” i deklaracji osoby badanej. Przed pierwszym pomiarem, każda osoba wykonywała 5-minutową rozgrzewkę polegającą na ściskaniu gumowej piłeczki w ręce niedominującej. Następnie przeprowadzono próbną procedurę pomiarową, z wykorzystaniem ręki dominującej. Każdorazowo dynamometr został indywidualnie dostosowany do wielkości ręki osoby badanej zgodnie z formułą zaproponowaną przez Eksioglou [30, 31].

W trakcie pomiaru, osoba badana siedziała na krześle, ramię testowanej kończyny było przywiedzione do tułowia, zgięcie w stawie łokciowym wynosiło około 90 stopni, przedramię znajdowało się w ustawieniu neutralnym, ręka w lekkim zgięciu grzbietowym (0–30°).

Pozycję podczas badania ilustruje rycina 2. Podczas pomiarów, osoby badane nie widziały generowanych wyników oraz nie otrzymywała żadnej informacji zwrotnej na temat przebiegu próby. Tempo uścisków ręki dyktował sygnał generowany przez metronom o częstotliwości 1 Hz.



Ryc. 2. Pozycja podczas badania

Każdą osobę testowano dwukrotnie, przed i po zastosowaniu dziesięciominutowego masażu lodem. Zabieg przeprowadzono zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Straburzyńskich [15]. Masaż wykonano na przedniej (5 min) i tylnej stronie (5 min) przedramienia kończyny niedominującej, wykonując ruchy prostolinijne i spiralne. Badana podczas masażu znajdowała się w pozycji siedzącej, z przedramieniem opartym na stole (zob. ryc. 3). Do zabiegu wykorzystano urządzenie Vit-Ice®. Tempo masażu wyznaczał metronom o częstotliwości 1 Hz.



Ryc. 3. Masaż kostką lodu

W grupie kontrolnej zastosowano dziesięćminutowy, bierny odpoczynek w pozycji siedzącej, z przedramionami opartym na stole. Przebieg procedury badawczej przedstawiony został na ryc. 4.



Ryc. 4. Procedura badawcza zastosowana w eksperymencie

Wyniki pomiarów otrzymano w formie cyfrowej (wartości siły uścisku dla każdej 1/16 sekundy pomiaru). Wyodrębniono maksymalne wartości siły każdego uścisku ( $F_{\max}$ ). Następnie obliczono gradient narastania siły ( $G$ ) dla każdego chwytu, jako stosunek przyrostu siły ( $\Delta F$ ) do czasu, w którym on nastąpił ( $\Delta t$ ) według poniższego równania:

$$G = \Delta F / \Delta t = (F_1 - F_0) / (t_1 - t_0)$$

gdzie:

$F_0$  – siła początkowa

$F_1$  – siła maksymalna

$t_0$  – czas, w którym siła zaczęła narastać

$t_1$  – czas, w którym została osiągnięta siła maksymalna

### Analiza statystyczna

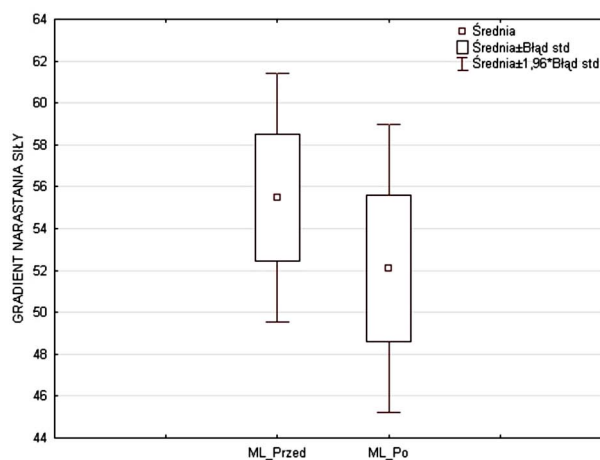
W analizie statystycznej uwzględniono uśredniony gradient narastania siły chwytu ręki niedominującej z pięciu uścisków dynamometru dla każdej badanej

osoby. Normalność rozkładów zmiennej zależnej sprawdzono testem Shapiro-Wilka.

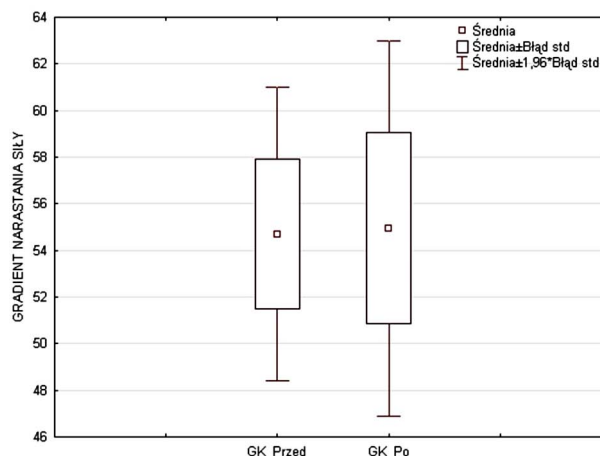
W celu porównania wpływu masażu lodem na gradient narastania siły uścisku ręki przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji dla powtarzanych pomiarów 2 x 2 ANOVA (czynniki grupujący: masaż/grupa kontrolna, czynnik powtarzania: przed/po interwencji). Do określenia poziomu istotności różnic statystycznych zastosowano analizę post-hoc, wybrano test HSD Tukeya. Poziom istotności wynosił  $p < 0,05$ .

### Wyniki

Przeprowadzona analiza wariancji dla powtarzanych pomiarów 2 x 2 ANOVA nie wykazała istotnego statystycznie zróżnicowania gradientu narastania siły chwytu zarówno w grupie poddanej interwencji masażem lodem ( $p = 0,319$ ), jak i w grupie kontrolnej ( $p = 0,999$ ). Średnie wartości gradientu narastania siły chwytu w analizowanych grupach zostały przedstawione na rycinach 5 i 6. Efekty główne gradientu narastania siły chwytu ( $F_{(1,38)} = 1,29$ ,  $p = 0,262$ ) oraz czynnika grupującego ( $F_{(1,38)} = 0,05$ ,  $p = 0,827$ ) okazały się nieistotne statystycznie. Nie wykazano również interakcji pomiędzy analizowanymi czynnikami ( $F_{(1,38)} = 1,74$ ,  $p = 0,195$ ).



Ryc. 5. Średnie wartości gradientu narastania siły chwytu ręki niedominującej przed i po zastosowaniu masażu lodem (ML)



Ryc. 6. Średnie wartości gradientu narastania siły chwytu ręki niedominującej w grupie kontrolnej (GK)

## Dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że masaż lodem nie wpływa w sposób istotny na gradient narastania siły chwytu. Można by przypuszczać, że w wyniku obniżenia temperatury tkanek nastąpi zauważalny spadek szybkości skracania włókien mięśniowych. Powszechnie uważa się bowiem, że rozgrzany mięsień posiada większe możliwości generowania mocy maksymalnej (o ok. 15-20%), a schładzanie obniża jego zdolności kurczliwe [2]. Ponadto, udowodniono, że oziębienie tkanek spowalnia przewodnictwo nerwowe zarówno we włóknach czuciowych jak i ruchowych [16, 17]. Fakt ten tłumaczy się m.in. tym, że ochładzanie mięśni (podobnie jak zmęczenie) może upośledzać rozprzestrzenianie potencjału czynnościowego oraz osłabiać aktywację wrzecion nerwowo-mięśniowych (dłuższe otwarcie kanałów  $\text{Na}^+$ , spowolnienie transportu  $\text{K}^+$ , zaburzenie uwalniania jonów wapnia z retikulum sarkoplazmatycznego) [20, 32, 33]. Efekt ten jest zauważalny w trendzie spadku gradientu narastania siły chwytu ręki (zob. ryc. 6), jednak różnice te okazały się nieistotne statystycznie.

Brak wpływu masażu lodem na badane parametry mógł wynikać z tego, że temperatura podczas zabiegu była niewystarczająca do wywołania opisanych powyżej efektów. Wykazano, że po 8-9 minutach zabiegu, temperatura topniejącego lodu wzrasta (nawet do  $7,7^\circ\text{C}$ ) ponieważ lód absorbuje ciepło z ciała [34, 35]. W badaniu przeprowadzonym przez Zemke i wsp. [36], po 5 minutowym masażu lodem tylnej strony podudzia, temperatura wewnątrzmięśniowa m. brzuchatego łydki spadła zaledwie o  $1,07^\circ\text{C}$ . Merrick i wsp. [34] natomiast, odnotowali obniżenie temperatury mięśni powierzchniowych do ok.  $27^\circ\text{C}$  dopiero po 30 minutach zabiegu z użyciem lodu. De Ruiter i wsp. [37] uważają, że temperatura wewnątrzmięśniowa w przedziale  $25-37^\circ\text{C}$  nie ma żadnego wpływu na właściwości kurczliwe. Należy także wziąć pod uwagę fakt, że drugi pomiar odbył się bezpośrednio po przeprowadzeniu masażu. Mógł to być czas niewystarczający do wywołania znaczących zmian temperatury testowanych mięśni. Stwierdzono, bowiem, że w okresie pozabiegowym, mięśnie i tkanki leżące głębiej ulegają dalszemu ochłodzeniu, ponieważ oddają ciepło zimniejszym tkankom powierzchownym [19, 38, 39]. Kolejnym ograniczeniem badania był brak monitoringu zmian temperatury masowanych tkanek. Osoby badane mogły różnić się między sobą przed-zabiegową temperaturą skóry i mięśni oraz mogły występować pomiędzy nimi dysproporcje w grubości podskórnej tkanki tłuszczowej. Zastosowanie mierników temperatury pozwoliłoby dobrać odpowiednią intensywność zabiegu (czas) do każdej osoby i zniwelowałoby ewentualne różnice w pozabiegowej temperaturze mięśni w badanej grupie.

Otrzymane wyniki wskazują, że masaż lodem, przeprowadzony zgodnie z opisaną metodyką, może

być bezpiecznie stosowany jako środek odnowy biologicznej podczas interwencji międzywysiłkowych, ponieważ nie zaburza on w sposób istotny gradientu narastania siły mięśniowej. Wyniki należy jednak interpretować w kontekście badanej grupy młodych, zdrowych kobiet oraz w odniesieniu do ocenianej charakterystyki siłowo-szybkościowej. Niezbędne są kolejne badania oceniające wpływ tej formy miejscowej krioterapii na inne parametry wydolności mięśni oraz uwzględniające pomiary przeprowadzone w większym odstępie czasu po interwencji zabiegowej.

## Wnioski

Zastosowany masaż lodem nie wpływa w sposób istotny na gradient narastania siły chwytu w badanej grupie młodych kobiet.

## Piśmiennictwo/References

1. Zajac A., Wilk M., Poprzącki S., Bacik B i wsp., Współczesny trening siły mięśniowej. Wydanie drugie uzupełnione. Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach, 2010.
2. Górski J. (red.), Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2006.
3. Ronikier A., Fizjologia sportu, Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa 2001.
4. Wang Y-X., Zhang C-L., Yu R.T. i wsp., Regulation of Muscle Fiber Type and Running Endurance by PPAR $\delta$ , *PLoS Biol*, 2004; 2: 1532-1539.
5. Viitasalo J.T., Komi P.V., Effects of fatigue on isometric force- and relaxation-time characteristics in human muscle, *Acta Physiol Scand*, 1981a, 11: 87-95.
6. Viitasalo J.T., Komi P.V., Interrelationships between electromyographic, mechanical, muscle structure and reflex time measurements in man, *Acta Physiol Scand*, 1981b, 111: 97-103.
7. Adach Z., Charakterystyka cech siłowo-szybkościowych wybranych grup mięśniowych u mężczyzn w różnym wieku a poziom wydolności anaerobowej-fosfagenowej, AWF Poznań, Poznań 2002.
8. Waldo B., Grip Strength Testing, *National Strength and Conditioning Association Journal*, 1996; 32-5.
9. Jakobsen L.H., Rask I.K., Kondrup J., Validation of handgrip strength and endurance as a measure of physical function and quality of life in healthy subjects and patients, *Nutrition*, 2010; 26: 542-50.
10. Massey-Westrop N., Rankin W., Ahern M. i wsp., Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments, *J Hand Surg*, 2004; 29A: 514-519.
11. Peolsson A., Hedlund R., Oberg, Intra- and inter-tester reliability and reference values for hand strength, *J Rehabil Med*, 2001; 33: 36-41.
12. Mathiowetz V., Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength, *Occup Ther Int*, 2002; 9: 201-209.
13. Westbrook A.P., Tredgett M.W., Davis T.R.C., Oni J.A., The rapid exchange grip strength test and detection of submaximal grip effort, *J Hand Surg*, 2002; 27A: 329-333.
14. Nicolay Ch., Walker A., Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender, *Int J Ind Ergonom*, 2005; 35: 605-618.
15. Straburzyńska-Lupa A., Straburzyński G., Fizjoterapia, Wydanie III rozszerzone i uzupełnione, Wydawnictwo lekarskie PZWL, Warszawa, 2007.
16. Herrera E., Sandoval M.C., Camargo D.M., Salvini T.F, Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recovery of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects, *Rev Bras Fisioter*, 2011; 15: 233-240.

17. Wilcock I.M., Cronin J.B., Hing W.A., Physiological response to water immersion: a method for sport recovery?, *Sports Med*, 2006; 36:747–65.
18. Ihsan M., Watson G., Lipski M., Abbiss C.R., Influence of post-exercise cooling on muscle oxygenation and blood volume changes, *Med Sci Sports Exerc*, 2013; 45: 876–882.
19. White G.E., Wells G.D., Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise, *Extrem Physiol Med*, 2013, 2: 26.
20. Mito K., Kitahara S., Tamura T. i wsp., Effect of skin temperature on RMS amplitude of electromyogram and mechanomyogram during voluntary isometric contraction, *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 2007; 47: 153–60.
21. Mitchell S.M., Trowbridge C.A., Fincher A.L., Cramer J.T., Effect of diathermy on muscle temperature, electromyography, and mechanomyography, *Muscle Nerve* 2008; 38: 992–1004.
22. Cheung S.S., Sleivert G.G., Lowering of skin temperature decreases isokinetic maximal force production independent of core temperature, *Eur J Appl Physiol*, 2004; 91: 723–8.
23. Gray S.R., De Vito G., Nimmo M.A., Farina D., Ferguson R.A., Skeletal muscle ATP turnover and muscle fiber conduction velocity are elevated at higher muscle temperatures during maximal power output development in humans, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2006; 290: 376–382.
24. Racinais S., Oksa J., Temperature and neuromuscular function, *Scand J Med Sci Sports*, 2010; 20: 1–18.
25. Van Someron K., The physiology of anaerobic training, in *The Physiology of Training*, G.Whyte, ed., Elsevier, Oxford 2006; 85–115.
26. Hayward S.C., Landorf K.B., Redmond A.C., Ice reduces needle-stick pain associated with a digital nerve block of the hallux, *The Foot*, 2006; 16: 145–148.
27. Brooks P., Woodruff L.D., Wright L.L., Donatelli R., The Immediate Effects of Manual Massage on Power-Grip Performance After Maximal Exercise in Healthy Adults, *J Altern Complem Med*, 2005; 11: 1093–1101.
28. Petersen P., Petrick M., Connor H., Conklin D., Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule, *Am J Occup Ther*, 1989; 43: 444–447.
29. Nicolay Ch., Walker A., Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender, *Int J Ind Ergonom*, 2005; 35: 605–618.
30. Eksioglu M., Relative optimum grip span as a function of hand anthropometry, *Int J Ind Ergonom*, 2004; 34: 1–12.
31. Eksioglu M., Endurance time of grip-force as a function of grip-span, posture and anthropometric variables, *Int J Ind Ergonom*, 2011; 41: 401–409.
32. Bleakley C.M., Costello J.T., Glasgow P.D., Should athletes return to sport after applying ice? A systematic review of the effect of local cooling on functional performance, *Sports Med*, 2012; 42: 69–87.
33. Cè E., Rampichini S., Agnello L. i wsp., Combined effects of fatigue and temperature manipulation on skeletal muscle electrical and mechanical characteristics during isometric contraction, *J Electromyogr Kinesiol*, 2012; 22: 348–55.
34. Merrick M.A., Secondary injury after musculoskeletal trauma: a review and update, *J Athl Train*, 2002; 37: 209–217.
35. Janwantanakul P., The effect of quantity of ice and size of contact area on ice pack/skin interface temperature, *Physiotherapy*, 2009; 95: 120–125.
36. Zemke J., Andersen J.C., McMillan J. i wsp., Intramuscular Temperature Responses in the Human Leg to Two Forms of cryotherapy: Ice Massage and Ice Bag, *J Orthop Sport Phys*, 1998; 27: 301–307.
37. de Ruitter C.J., Jones D.A., Sargeant A.J., de Haan A., Temperature effect on the rates of isometric force development and relaxation in the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle, *Exp Physiol*, 1999; 84: 1137–50.
38. Yanagisawa O., Homma T., Okuwaki T., Shimao D., Takahashi H., Effects of cooling on human skin and skeletal muscle, *Eur J Appl Physiol*, 2007; 100: 737–745.
39. Gregson W., Black M.A., Jones H. i wsp., Influence of cold water immersion on limb and cutaneous blood flow at rest, *Am J Sports Med*, 2011; 39: 1316–1323.

Adres do korespondencji/Address for correspondence:  
Kamil Mustafa  
Katedra Motoryczności Człowieka,  
Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki  
ul. Mikołowska 72A  
40-065 Katowice  
e-mail kamilmustafa@wp.pl