

WPLYW CHŁODZENIA MIĘŚNI KOŃCZYN DOLNYCH NA SIŁĘ IZOKINETYCZNA

*dr Robert Dargiewicz**, *dr Dariusz Kruczkowski***,
*dr hab. Radosław Laskowski, prof. AWFIS****

Wprowadzenie

Według Spodaryka [2001, s. 20-27], krioterapia jest bodźcem fizykalnym obniżającym temperaturę tkanek, stosowanym w celach leczniczych. Kochański [2009, s. 194-199] definiuje krioterapię jako zabieg oziębiający bądź kriostymulujący w temperaturze poniżej 0°C, który ograniczony jest temperaturami kriogenicznymi, natomiast zabiegi obniżające temperaturę tkanek, czyli o temperaturze niższej od temperatury ciała, ale nie przekraczającej 0°C określa jako zabiegi wychładzające, które są wykorzystywane w hydroterapii, gdzie stosuje się wodę w temperaturze od 8 do 27°C. Roberston i in. [2006], definiują leczenie zimnem, jako miejscowe lub ogólnoustrojowe obniżanie temperatury tkanek w celach terapeutycznych. Celem zabiegów miejscowych jest obniżenie temperatury skóry i tkanek głębiej położonych, zaś w zabiegach ogólnych, oziębienie całego ustroju ze wszystkimi wynikającymi z tego faktu następstwami fizjologicznymi [Roberston i in., 2006]. Przykłady zabiegów miejscowych: zimne okłady lub kompresy żelowe, okłady solankowe z zastosowaniem zmrożonego ręcznika zamoczonego w roztworze soli kuchennej, miejscowe zanurzenie w lodowatej wodzie, masaż lodem, spryskiwanie określonych okolic ciała aerozolem z chlorkiem etylu, miejscowe ochładzanie oparami powietrza, dwutlenku węgla lub ciekłego azotu. Do zabiegów ogólnoustrojowych zalicza się kriosaunę i kriokomorę.

Jednym z najbardziej popularnych wskazań do leczenia zimnem są świeże urazy, którym towarzyszy ostry stan zapalny, obrzęk, zaczerwienienie, krwiak, lokalne podwyższenie temperatury oraz intensywne dolegliwości bólowe. Opisuje to zasada P.R.I.C.E. - pierwsza pomoc w bólu (protection - zabezpieczenie [P], rest - odpoczynek [R], ice - lód [I], compresion - ucisk [C], elevation - uniesienie powyżej poziomu serca [E]). Można ją stosować w cyklicznych 10 minutowych aplikacjach do 5 dni. Z innych dysfunkcji obniżających sprawność układu ruchu można wymienić obrzęki po złamaniach kości, zwichnięcia i skręcenia stawów, jałowe zapalenie okostnej, mięśniowe uszkodzenia, takie jak: naciągnięcia, pęknięcia włókien, bolesne napięcia lub skurcz oraz uszkodzenia powięziowe – zespół podziału powięziowego. Do wskazań zastosowania krioterapii należą przeciążenia, np.: zespół rzepekowo-udowy, zespół mięśni lędźwiowych, tzw. plecy ciężarowca czy zespół ścięgna podeszwowego; przewlekłe obrażenia sportowe, np.: zespół ostrogi piętowej czy zmęczeniowe złamanie kości śródstopia. Zabiegi krioterapeutyczne stosowane są również w ramach biologicznego odnawiania organizmu sportowca w stanach przeciążeniowych i przetrenowania, w tym po okresie intensywnych zawodów [Robertson i in., 2006; Książnopolska-Orłowska, 2010, s. 79-83].

* Wyższa Szkoła Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku

** Elbląska Uczelnia Humanistyczno-Ekonomiczna

*** Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku

W sporcie wyczynowym, stosowany trening o wysokiej intensywności, może skutkować nadmiernym przeciążeniem, które charakteryzuje się pogorszeniem zdolności wysiłkowych [Lehmann i in. 1998; s. 19-46, Gleeson, 2002, s. 31-41]. W związku z tym, właściwe jest stosowanie w sporcie profesjonalnym, ekspozycji na zimno. Zabieg ten wspomaga i przyspiesza procesy restytucji oraz obniża stany zapalne po dużych obciążeniach treningowych lub startowych [Ziemann i in. 2012, s. 664-672].

W obszarze podejmowanej problematyki badawczej istnieją pracownia naukowe, które wskazują na zjawisko zwiększenia przejawiania siły mięśniowej po chłodzeniu mięśni zimną wodą [Hopkins, 2002, s. 25-31]. Jednocześnie Dewhurst [2010, s. 451-458] w swoich dociekaniach nie zaobserwował żadnych zmian w sile izometrycznej, wykazał natomiast, że koncentryczny moment obrotowy zmniejsza się przy różnych prędkościach. Z badań Vieira i in. [2013, s. 873-880] wynika, że dwudziestominutowy okład z lodu i zanurzenie w wodzie, spowodowały obniżenie wydajność mięśni zginaczy podszwowych. Sanya i in. [1999, s. 195-198] zaobserwowali po zastosowaniu pięciominutowego chłodzenia, zwiększenie przejawiania siły mięśniowej, a Ranatunga i in. [1987, s. 383-395] odkryli, że mięsień chłodzony do 25°C zwiększa siłę izometryczną o 8%.

Cel badań

W niniejszym opracowaniu badawczym na małej grupie pilotażowej, celem było określenie prawdopodobieństwa możliwości występowania zmian w poziomie przejawiania siły izokinetycznej mięśni kończyn dolnych pod wpływem chłodzenia zimną wodą.

Materiał badań

Badaniami objęto studentów Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (n=6, wiek 23,33±1,36). Wszyscy badani podpisali pisemną zgodę na uczestnictwo w badaniach. Liczbowa charakterystyka podstawowych parametrów somatycznych badanych studentów obrazuje tabela 1.

Tabela 1.

Charakterystyka badanych osób

Lp.	Wiek [lata]	wysokość ciała H [cm]	ciężar ciała Q [kg]	BMI	FAT Fat [%]	FAT Mass FatQ [kg]
1.	22	188	74,4	21,1	10,8	8,00
2.	22	170	63,7	22,0	31,8	20,20
3.	22	164	57,1	21,2	21,1	12,10
4.	24	165	58,2	21,4	16,1	9,40
5.	26	163	55,4	20,9	22,5	12,50
6.	24	173	70,6	23,6	16,9	12,00

Źródło: opracowanie własne

**Wybrane statystyki opisowe zmiennych badanych osób
z uwzględnieniem testowania ich zgodności z rozkładem normalnym**

Opis	Średnia	Odch. std.	Minimum	Maksimum	Liczebność n	W [Shapiro- Wilka]	p
Wiek [lata]	23,3	1,63	22,0	26,0	6	0,821616	0,091135
H [cm]	170,5	9,40	163,0	188,0	6	0,821282	0,090533
Q [kg]	63,2	7,79	55,4	74,4	6	0,896126	0,351538
BMI	21,7	1,00	20,9	23,6	6	0,798670	0,057175
Fat [%]	19,9	7,16	10,8	31,8	6	0,958929	0,811446
FatQ [kg]	12,4	4,23	8,0	20,2	6	0,850674	0,159393

Źródło: opracowanie własne

Wszystkie badane zmienne wewnątrz grupowo nie odbiegały od założeń przebiegu rozkładu normalnego, co wstępnie potwierdziło poprawny dobór jednostek do badań pilotażowych.

Metody badań

Do pomiarów podstawowych komponentów składu ciała posłużył:

- BODY COMPOSITION ANALYZER TBF-300 firmy TANITA,
- Metoda chłodzenia mięśni kończyn dolnych – protokół badań.

Kończyny dolne osób badanych były zanurzone do dystalnej części pachwiny (bez zanurzania zewnętrznych narządów płciowych) w wodzie o temperaturze $11 \pm 0,5^\circ\text{C}$ przez 20 minut. Podczas pomiaru siły izokinetycznej badanie zostało wykonane dwukrotnie, przed i po schłodzeniu.

Pomiary szczytowych momentów siły, czasu ich osiągnięcia, pracę całkowitą oraz średnią moc uzyskano za pomocą BIODEX SYSTEM 4 PRO.

Szczytowy moment siły – PEAK TORGUE - opisuje zależność między wartością momentu siły, a kątem w stawie. Określa maksymalną siłę mięśniową badanej osoby.

Praca całkowita – TOTAL WORK – prezentuje wartość pracy mechanicznej wykonanej przez badany mięsień w czasie pomiaru. Wyraża możliwości osoby badanej do generowania siły w czasie trwania całej realizowanej aktywności ruchowej.

Średnia moc – AVERAGE POWER – jest to iloraz całkowitej wartości pracy mechanicznej i czasu w którym ta praca została zrealizowana.

Aby ocenić czy nastąpiła statystycznie istotna zmiana w wartości danej zmiennej pomiędzy dwoma pomiarami: pierwszym dokonany przed zanurzeniem w wodzie, a drugim dokonany po zanurzeniu, zweryfikowano w programie Statistica 10 homogeniczność wariancji (test Levene'a), a następnie zgodność wszystkich zmiennych z przebiegiem rozkładu normalnego. Nie stwierdzono przeciwwskazań do stosowania w dalszej analizie statystycznych metod parametrycznych i przeprowadzono analizę przy użyciu testu t-Studenta dla prób zależnych. Przyjęty poziom istotności to $\alpha=0,05$.

We wszystkich przeprowadzonych testach zweryfikowano prawdziwość hipotezy zerowej, twierdząc że: H_0 : zanurzenie w wodzie nie wpływa istotnie na badany parametr.

Przyjmując negację H_0 określono prawdziwość brzmienia hipotezy alternatywnej, twierdząc, że H_1 : zanurzenie w wodzie wpływa istotnie na badany parametr.

W analizie wyników badań zastosowano następujące oznaczenia:

- AWY - wyprost w stawie kolanowym - ruch obrotowy wykonywany w kierunku od ciała,
- TWD - zgięcie w stawie kolanowym - ruch obrotowy wykonywany w kierunku do ciała,
- PEAK TOUR AWY (Nm) - Moment obrotowy AWY wyrażony w Niutonometrach,
- PEAK TOUR TWD (Nm) - Moment obrotowy TWD wyrażony w Niutonometrach,
- TIME PKTQ AWY (ms) - Czas osiągnięcia momentu obrotowego AWY wyrażony w milisekundach,
- TIME PKTQ TWD (ms) - Czas osiągnięcia momentu obrotowego TDW wyrażony w milisekundach,
- TOTAL WORK AWY (J) - Praca całkowita AWY wyrażona w Dżulach,
- TOTAL WORK TWD (J) - Praca całkowita TWD wyrażona w Dżulach,
- AVG POWER AWY (W) - Średnia moc AWY wyrażona w Watach,
- AVG POWER TWD (W) - Średnia moc TWD wyrażona w Watach.

Wyniki badań

Łącznie dla każdej badanej osoby zmierzono i przeanalizowano wartości 58-zmiennych. W tabeli 3 zaprezentowano testowe porównanie wyników badanych dla pracy izometrycznej.

Tabela 3.

Porównanie wyników dla pracy izometrycznej

Mierzony parametr	Wartość średnia przed zanurzeniem	Wartość średnia po zanurzeniu	Wartość prawdopodobieństwa testowego	Liczebność n
PEAK TOUR AWY (Nm)	147,82	147,05	0,9109	12
PEAK TOUR TWD (Nm)	58,59	57,13	0,7003	12
TIME PKTQ AWY (ms)	2251,67	1976,67	0,6452	12
TIME PKTQ TWD (ms)	1311,67	2238,33	0,1777	12

Źródło: opracowanie własne

Moment obrotowy AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,9109 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Moment obrotowy TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,7003 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,6452 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,1777>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Tabela 4.

Porównanie wyników dla pracy izokinetycznej przy prędkości 90 °/s

Mierzony parametr	Wartość średnia przed zanurzeniem	Wartość średnia po zanurzeniu	Wartość prawdopodobieństwa testowego
PEAK TOUR AWY (Nm)	111,93	112,75	0,9404
PEAK TOUR TWD (Nm)	55,13	56,25	0,6182
TIME PKTQ AWY (ms)	320,00	665,00	0,2707
TIME PKTQ TWD (ms)	533,33	813,33	0,4395
TOTAL WORK AWY (J)	339,05	238,62	0,1571
TOTAL WORK TWD (J)	200,05	171,23	0,4584
AVG POWER AWY (W)	132,18	97,33	0,1945
AVY POWER TWD (W)	73,38	63,97	0,4865

Zródło: opracowanie własne

Moment obrotowy AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,9404>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Moment obrotowy TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,6182>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,2707>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,4395>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Praca całkowita AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,1571>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Praca całkowita TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,4584>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Średnia moc AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,1945>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Średnia moc TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,4865>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Tabela 5.

Porównanie wyników dla pracy izokinetycznej przy prędkości 180°/s

Mierzony parametr	Wartość średnia przed zanurzeniem	Wartość średnia po zanurzeniu	Wartość prawdopodobieństwa testowego
PEAK TOUR AWY (Nm)	81,35	72,22	0,0175*
PEAK TOUR TWD (Nm)	49,98	45,97	0,1600
TIME PKTQ AWY (ms)	198,33	200,00	0,7926
TIME PKTQ TWD (ms)	506,67	416,67	0,1994
TOTAL WORK AWY (J)	257,63	230,43	0,0649
TOTAL WORK TWD (J)	163,27	158,10	0,6199
AVG POWER AWY (W)	182,47	165,27	0,0890
AVY POWER TWD (W)	104,52	102,57	0,7770

Zródło: opracowanie własne

Moment obrotowy AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,01755 < 0,05$, co oznacza, że należy odrzucić hipotezę zerową na rzecz hipotezy alternatywnej mówiącej o wpływie zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Moment obrotowy TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,16 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,7926 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,1994 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Praca całkowita AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,06495 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr, jednakże należy założyć, że w przypadku większej liczby próby ten parametr może okazać się istotny.

Praca całkowita TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,6199 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Średnia moc AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,089 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr, jednakże należy założyć, że w przypadku większej liczby próby ten parametr też może okazać się istotny.

Średnia moc TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,777 > 0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Tabela 6.

Porównanie wyników dla pracy izokinetycznej przy prędkości 360°/s

Mierzony parametr	Wartość średnia przed zanurzeniem	Wartość średnia po zanurzeniu	Wartość prawdopodobieństwa testowego
PEAK TOUR AWY (Nm)	58,12	53,93	0,0890
PEAK TOUR TWD (Nm)	49,50	45,18	0,2296
TIME PKTQ AWY (ms)	158,33	155,00	0,6383
TIME PKTQ TWD (ms)	366,67	420,00	0,2354
TOTAL WORK AWY (J)	189,10	174,89	0,1288
TOTAL WORK TWD (J)	116,52	113,50	0,6955
AVG POWER AWY (W)	184,05	177,37	0,5359
AVY POWER TWD (W)	96,62	97,12	0,9739

Zródło: opracowanie własne

Moment obrotowy AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,089>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr, jednakże należy założyć, że przyszłościowo w przypadku większej liczby próby ten parametr może okazać się również istotny.

Moment obrotowy TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,2269>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,6383>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Czas osiągnięcia momentu obrotowego TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,2354>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Praca całkowita AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,1288>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Praca całkowita TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,6955>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Średnia moc AWY: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,5359>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Średnia moc TWD: wartość prawdopodobieństwa testowego wyniosła $p=0,9739>0,05$, co oznacza, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu zanurzenia w wodzie na badany parametr.

Podsumowanie

Głównym kierunkiem poszukiwań w naszych badaniach było pilotażowe określenie poziomu wyzwolonej siły izokinetycznej przez mięśnie kończyn dolnych pod wpływem chłodzenia zimną wodą. Wykazaliśmy, że moment obrotowy oraz czas jego osiągnięcia nie różniły się istotnie przed i po zanurzeniu w zimnej wodzie przy pracy izometrycznej. Przy pracy izokinetycznej także nie doszło do istotnych statystycznie różnic pomiędzy parametrami przed i po zanurzeniu w zimnej wodzie. Jedyna istotna różnica statystyczna miała miejsce w przypadku osiągnięcia momentu obrotowego wykonywanego w kierunku od ciała, tj. ruchu wyprostu w stawie kolanowym. Należy także zwrócić uwagę na to, że ta grupa mięśni uda po schłodzeniu podczas ruchu z prędkością kątową $180^\circ/\text{s}$ w większości mierzonych parametrów była na granicy odnotowania istotnych różnic - słabszych wyników niż przed ich schłodzeniem - patrz tabela 5.

Krioterapia jest powszechnie stosowana w sporcie i uznawana jest jako integralna część fizykoterapii, odnowy biologicznej i medycyny sportowej. Miejscowe chłodzenie jest powszechną metodą leczenia ostrych urazów sportowych i jest często używane w celu zmniejszenia bólu przed rozpoczęciem ćwiczeń terapeutycznych lub w przypadku sportowców przed powrotem do treningu. Związek pomiędzy chłodzeniem mięśni i późniejszą sprawnością układu mięśniowego jest nadal kwestią sporną. Hopkins i in. [2002, s. 25-31] zaobserwowali zwiększenie koncentrycznego momentu obrotowego przy niższych temperaturach. Natomiast Dewhurst i in. [2010, s. 451-458] nie zaobserwowali żadnych zmian w izometrycznym momencie obrotowym, ale wykazali, że koncentryczny moment obrotowy zmniejsza się przy różnych prędkościach. Z badań Vieira i in. [2013, s. 873-880], którzy stosowali dwudziestominutowy okład z lodu i zanurzenie w wodzie wynikało, iż oba sposoby obniżyły możliwości zginaczy podszwowych. Mogło to być spowodowane zbyt długim czasem chłodzenia, gdyż według badań Sanya i in. [1999, s. 195-198], którzy zastosowali tylko pięciominutowe zanurzenie, doszło do zwiększenia wielkości siły mięśniowej. Krótszy czas zabiegu mógł powodować pobudzenie układu nerwowego i wpłynąć na uwalnianie katecholamin. Zbyt długie chłodzenie może doprowadzić do zahamowania transmisji nerwowo-mięśniowej, obniżenia czułości wrzecionek nerwowo-mięśniowych i usztywnienia tkanek, obniżenia metabolizmu tkanek głębiej położonych, a w konsekwencji do obniżenia siły mięśniowej. Ranatunga i in. [1987, s. 383-395] odkryli, że mięsień chłodzony do 25°C zwiększył siłę izometryczną o 8%, ale przy niższych temperaturach zaobserwowali zjawisko odwrotne, gdzie obniżenie siły mięśniowej było proporcjonalne do intensywności chłodzenia. Taki wzrost siły mięśniowej może być powodowany przez mechanizm wyrównawczy, który pobiera jednostki ruchowe w odpowiedzi na zahamowanie powodowane zimnem. Jednakże ten mechanizm staje się bardziej widoczny w ruchach izometrycznych, z racji mniejszej zależności od pracy mięśnia w odniesieniu do procesów enzymatycznych i sztywności tkanek powodowanej przez zimno. Nie mniej jednak z badań Bleakley'a [2012, s. 348] wynika, że zanurzenie w zimnej wodzie prowadzi do zmniejszenia wtórnej, opóźnionej bolesności mięśniowej po ćwiczeniach ekscentrycznych jak również na odzyskiwanie sprawności fizycznej. Według obserwacji badawczych przedstawionych w pracy Garcia i in. [2016, s. 347-358] wynika, że zanurzenie w skrajnie niskich temperaturach $8,9\pm 0,6^\circ\text{C}$ przez 9 minut nie wpływa bezpośrednio na sprawność mięśni szkieletowych, za to po 12 h doszło do poprawy samopoczucia

zawodników i szybką regenerację organizmu. Dodatkowym i bardzo istotnym atutem w procesie treningu sportowego jest stosowanie krioterapii, wykorzystującej zanurzenie w zimnej wodzie jako metody powszechnie dostępnej, prostej w przeprowadzeniu zabiegu o niskim wkładzie finansowym.

Wnioski

W niniejszych badaniach pilotażowych, wykorzystując parametrycznie metody statystyczne stwierdzono, że po dwudziestominutowym schłodzeniu kończyn dolnych w wodzie o temperaturze $11 \pm 0,5^\circ\text{C}$ nie dochodzi do istotnych zmian wartości przejawiania siły mięśniowej prostowników i zginaczy stawu kolanowego podczas pracy o charakterze izokinetycznym. Ze względu na liczebność próby $N=6$ i to, że grupa mięśni uda po schłodzeniu podczas ruchu z prędkością kątową $180^\circ/\text{s}$ w większości mierzonych parametrów była na granicy odnotowania słabszych wyników niż przed ich schłodzeniem, daje nam podstawę do kontynuowania badań i zweryfikowania tego pomiaru na większej grupie badanych. Dodatkowo biorąc pod uwagę doniesienia naukowe na temat chłodzenia mięśni należy wnioskować o możliwości stosowania krioterapii przed ćwiczeniami siłowymi w sytuacjach zadań biologicznego odnawiania organizmu. Odnotowany w niniejszych badaniach brak pozytywnych reakcji na schładzanie miejscowe układu mięśniowego w kierunku zwiększania się siły mięśniowej, potwierdza panujące opinie i w związku z tym powinno się rozważyć konieczność rozdzielenia działań terapeutycznych od działań zwiększania siły mięśni szkieletowych pod wpływem zabiegów schładzania.

Bibliografia:

- Bleakley C., McDonough S., Gardner E., Baxter G. D., Hopkins J. T., Davison G. W. (2012) *Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise*, Sao Paulo Med. J., Vol. 130, No. 5.
- Christmasa K. M., Patika J. C., Khoshnevis S., Dillerc K. R., Brothers M. (2016) *Sustained cutaneous vasoconstriction during and following cryotherapy treatment: Role of oxidative stress and Rho kinase*, Microvascular Research, No. 106.
- Dewhurst S., Macaluso A., Gizzi L., Felici F., Farina D., De Vito G. (2010) *Effects of altered muscle temperature on neuromuscular properties in young and older women*, Eur. J. Appl. Physiol., Vol. 108, No. 3.
- García I., Lobo C., López E., Serván J. L., Tenías J. M. (2016) *Comparative effectiveness of ultrasonophoresis and iontophoresis in impingement syndrome: a double-blind, randomized, placebo controlled trial*, Clin. Rehabil., Vol. 30, No. 4.
- Gleeson M. (2002) *Biochemical and immunological markers of overtraining*, J. Sports Sci. Med., Vol. 2, No. 1.
- Hopkins J. , Ingersoll C. D., Edwards J., Klootwyk T. E. (2002) *Cryotherapy and transcutaneous electric neuromuscular stimulation decrease arthrogenic muscle inhibition of the vastus medialis after knee joint effusion*, J. Athl. Train., Vol. 37, No. 1.
- Kochański J. W., Kochański M. (2009) *Medycyna fizykalna*, PHU Technomex, Gliwice.
- Książnopolska-Orłowska, K. (2010) *Zastosowanie krioterapii w odnowie biologicznej sportowców*, [w:] Klukowski K. S., *Medycyna aktywności fizycznej z elementami psychologii i pedagogiki* (red.), tom II, Warszawa.
- Lehmann M., Foster C., Netzer N., et. al. (1998) *Physiological responses to short - and long-term overtraining in endurance athletes*, [w:] Kreider R. B., Fry A. C., O'Toole M. L. (red.), *Overtraining in Sport*, Champaign, IL, Human Kinetics.
- Ranatunga K. W., Sharpe B., Turnbull B. (1987) *Contractions of a human skeletal muscle at different temperatures*, The Journal of Physiology, Vol. 390, No. 1.

- Robertson V., Ward A., Low J., Reed A. (2006) *Electrotherapy Explained. Principles and Practice*, Elsevier Butterworth Hienemann Edinburgh, London, New York Ltd.
- Sanya A. O, Bello A. O. (1999) *Effects of cold application on isometric strength and endurance of quadriceps femoris muscle*, Afr. J. Med. Sci., Vol. 28, No. 3-4.
- Spodaryk K. (2001) *Krioterapia w leczeniu urazów narządu ruchu*, Magazyn Medyczny, Vol. 13.
- Vieira, Oliveira A. B., Costa J. R., Herrera E., Salvini T. F. (2013) *Cold Modalities with Different Thermodynamic Properties have Similar Effects on Muscular Performance and Activation*, Int. J. Sports Med., Vol. 34, No. 10.
- Ziemann E., Olek R. A., Kujach S., Grzywacz T., Antosiewicz J., Garszka T., Laskowski R. (2012) *Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players*, Journal of Athletic Training, Vol. 47, No. 6.

Streszczenie

Biorąc pod uwagę doniesienia naukowe na temat konieczności rozdzielenia działań terapeutycznych od działań zwiększania siły mięśni szkieletowych pod wpływem zabiegów schładzania [Bleakley'a, 2012, s. 348; Dewhurst i in., 2010, s. 451-458; Garcia i in., 2016, s. 347-358] oraz kosztowną i skomplikowaną procedurę badawczą przeprowadzono pilotażowe badania na małej próbie dobranych celowo 6-studentów AWFIS w Gdańsku. Celem było określenie prawdopodobieństwa możliwości występowania zmian w poziomie przejawiania siły izokinetycznej mięśni kończyn dolnych pod wpływem chłodzenia zimną wodą. Do pomiarów podstawowych komponentów składu ciała posłużył BODY COMPOSITION ANALYZER TBF-300 firmy TANITA, a do pomiarów szczytowych momentów siły, czasu ich osiągnięcia, pracy całkowitej oraz średniej uzyskanej mocy BIODEX SYSTEM 4 PRO. Stwierdzono, że po dwudziestominutowym schłodzeniu kończyn dolnych w wodzie o temperaturze $11 \pm 0,5^\circ\text{C}$ nie dochodzi do istotnych zmian wartości przejawiania siły mięśniowej prostowników i zginaczy stawu kolanowego podczas pracy o charakterze izokinetycznym. Dodatkowo, ze względu pilotażowy charakter badań i to, że grupa mięśni uda po schłodzeniu podczas ruchu z prędkością kątową $180^\circ/\text{s}$ w większości mierzonych parametrów była na granicy odnotowania słabszych wyników niż przed ich schłodzeniem, daje nam podstawę do kontynuowania badań i zweryfikowania tego pomiaru na większej grupie badanych.

Słowa kluczowe: Mięśnie kończyny dolnej, praca izokinetyczna, schładzanie, krioterapia, Biodex

INFLUENCE OF COOLING OF MUSCLE LOWER LIMBS DURING ISOKINETIC WORK

Summary

Scientific research [Bleakley'a, 2012, s. 348; Dewhurst i in., 2010, s. 451-458; Garcia i in., 2016, s. 347-358] show different effects of skeletal muscle cooling, others for therapeutic activities and others for strength training. Pilot studies were carried out on a small sample of AWFIS students in Gdańsk. The aim was to determine the probability of changes in the isokinetic strength of lower limb muscles when cooling with cold water. Tanita TBF-300 and Biodex SYSTEM 4 PRO measuring equipment were used in the research.

It was found that after a twenty-minute cooling of the lower limbs in water at $11 \pm 0,5^\circ\text{C}$, there is no significant change in the muscular strength of the rectifiers and flexors of the knee during isokinetic work. It turned out that the muscle group at work with angular velocity $180^\circ/\text{s}$ in the majority of measured parameters was on the edge of weaker results than before cooling. Correct verification of observations made requires a larger group of respondents. Research will be continued.

Key words: Muscles of the lower limb, isokinetic work, cooling, cryotherapy, Biodex