

PORÓWNANIE WPŁYWU KRIOTERAPII OGÓLNOUSTROJOWEJ I KĄPIELI W ZIMNEJ WODZIE NA WYBRANE WSKAŹNIKI BIOCHEMICZNE I MORFOLOGICZNE KRWI U LUDZI ZDROWYCH

COMPARING THE IMPACT OF WHOLE BODY CRYOTHERAPY AND IMMERSION IN COLD WATER ON SELECTED BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL INDICATORS IN BLOOD OF HEALTHY HUMAN

Magdalena Kępińska¹, Zbigniew Szyguła^{2,3}

¹ Studia III stopnia, Akademia Wychowania Fizycznego, Kraków

² Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, Zakład Medycyny Sportowej i Żywienia Człowieka, Kraków

³ Społeczna Akademia Nauk, Łódź

Streszczenie

Krótkotrwałe działanie niskich temperatur stosowanych miejscowo lub na całe ciało jest coraz częściej wykorzystywane w celu uzyskania stymulacji poprzez fizjologiczne reakcje na zimno. Zaobserwowano, że fizjologiczna i biochemiczna reakcja termoregulacji na zimno angażuje układ krążenia, mięśnie szkieletowe oraz brązową tkankę tłuszczową.

Zaobserwowano, że zarówno pływanie w zimnej wodzie, jaki i krioterapia nie powodują pobudzenia typowych hormonów stresu, tj. hormonu adrenokortykotropowego (ACTH), β -endorfin, adrenaliny oraz kortyzolu i prozapalnych cytokin (IL-1 β , IL-6, TNF α), natomiast kąpiel w zimnej wodzie może przyczynić się do poprawy układu antyoksydacyjnego. Wykazano także, że zanurzenie w zimnej wodzie o temperaturze 10°C przez 15 minut przyspiesza odnowę biologiczną po wyczerpujących wysiłkach.

Celem pracy było przedstawienie na podstawie piśmiennictwa wpływu krioterapii ogólnoustrojowej oraz kąpiei w zimnej wodzie na właściwości biochemicznej morfologiczne krwi u ludzi zdrowych, zarówno u sportowców, jaki i u osób nietrenujących.

Słowa kluczowe: krioterapia całego ciała, zanurzenie w zimnej wodzie, wskaźniki krwi, sportowcy

Abstract

A short-term effect of low temperatures applied locally or over whole body is increasingly used to stimulate physiological responses to cold. It has been observed that physiological and biochemical reactions to cold involved circulatory system, skeletal muscle and brown adipose tissue.

It has been observed that both immersion in cold water, and whole body cryotherapy, do not stimulate typical stress hormones, such as adrenocorticotrophic hormone (ACTH), β -endorphin, adrenaline and cortisol and proinflammatory cytokines (IL-1 β , IL-6, TNF α), however, the cold water bath may contribute to improvement of the antioxidant system and could accelerate biological regeneration after the exhaustive effort.

The aim of this study was to provide the basis of the literature the impact of whole body cryotherapy and immersion in cold water on the biochemical and morphological properties in blood of healthy people, both athletes and untrained.

Key words: whole-body cryotherapy, immersion in cold water, blood indicators, athletes

Wstęp

Leczenie zimnem (krioterapia) było znane i wykorzystywane już w starożytnej Grecji w celu złagodzenia objawów bólowych. Krioterapia ma zastosowanie w stanach zapalnych, pourazowych i przeciążeniowych, a także w regeneracji organizmu po urazach tkanek miękkich. Jest ona także używana w celu wywołania fizjologicznych, układowych i narządowych odruchów i reakcji obronnych w zabiegach odnowy biologicznej u sportowców [1-3].

Krioterapia ogólnoustrojowa jest jedną z metod zimnolecznictwa i polega na krótkiej ekspozycji orga-

nizmu w minimalnym ubraniu, na skrajnie niskie temperatury (-110°C do -160°C). Zabiegi przeprowadza się w specjalnej kriokomorze, w czasie wynoszącym około 2-3 minuty [4,5]. Krótkotrwałe działanie niskich temperatur stosowanych miejscowo lub na całe ciało jest coraz częściej wykorzystywane w celu uzyskania stymulacji poprzez fizjologiczne reakcje na zimno. Zaobserwowano, że fizjologiczna i biochemiczna reakcja termoregulacji na zimno angażuje układ krążenia, mięśnie szkieletowe oraz brązową tkankę tłuszczową [6]. Z kolei regularne kąpiele w zimnej wodzie przynoszą dodatkowo korzyści ze zwiększe-

nia tolerancji na zimno [7] oraz są popularną formą odnowy biologicznej stosowanej po urazach układu mięśniowo-szkieletowego [8].

W medycynie krioterapię całego ciała stosuje się między innymi w schorzeniach narządu ruchu i w różnych schorzeniach neurologicznych. Natomiast w sporcie kriostymulacja wykorzystywana jest głównie do leczenia syndromów przetrenowania, przyspieszenia odnowy biologicznej sportowców oraz w celu wspomaganie treningu wytrzymałościowego i siłowego [9].

Celem pracy było przedstawienie na podstawie piśmiennictwa wpływu krioterapii ogólnoustrojowej oraz kąpeli w zimnej wodzie na właściwości biochemiczne i morfologiczne krwi u ludzi zdrowych, zarówno u sportowców, jaki i u osób nietrenujących. Artykuły pochodzą z bazy PubMed, do ich wyszukiwania posłużyły słowa kluczowe tj. „krioterapia” „krioterapia całego ciała”, „kąpiele w zimnej wodzie”.

Właściwości morfologiczne i reologiczne krwi

Zauważono wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na właściwości morfologiczne krwi. W tym celu przebadano 16 mężczyzn, korzystających z zabiegów krioterapii. Każdy zabieg trwał 2 minuty i odbywał się w temperaturze -120°C . Badani po zabiegu zostali poddani kinezyterapii. Po 10-ciu zabiegach w kriokomorze znamieny był wzrost stężenia erytrocytów, stężenia hemoglobiny oraz wartości hematokrytu oraz spadek wartości średniego stężenia hemoglobiny w krwince. Zaobserwowano także wzrost liczby płytek krwi oraz udział monocytów w rozmazie krwi obwodowej [10]. Odwrotny kierunek zmian wartości elementów morfotycznych krwi przedstawia Klimek i wsp. [11] na podstawie badań przeprowadzonych w grupie 15-stu kobiet i 15-stu mężczyzn. Po jednorazowych zabiegach w kriokomorze (w temperaturze -130°C , w czasie 3 minut) zauważono zarówno u kobiet jak i u mężczyzn zmniejszenie stężenia hemoglobiny i wartości hematokrytu. Nie odnotowano zmian liczby leukocytów i trombocytów w badanej krwi. Z kolei u 10-ciu sportowców, trenujących rugby, poddanych 5-ciu zabiegom krioterapii ogólnoustrojowej, nie zauważono zmian w liczbie leukocytów, erytrocytów oraz płytek krwi. Natomiast zaobserwowano spadek hemoglobiny, bez zmian wartości hematokrytu oraz wzrost liczby retikulocytów [12].

Lombardi i wsp. [13] badali wpływ kąpeli w zimnej wodzie na właściwości hematologiczne krwi. W eksperymencie uczestniczyło 15 ochotników (13 mężczyzn i 2 kobiety), którzy wzięli udział w wyścigu pływackim na dystansie 150 metrów, w wodzie o temperaturze 6°C . Zaobserwowano, że krótka ekspozycja organizmu na zimno (zanurzenie w zimnej wodzie) wywołuje silne niepatologiczne zmiany właściwości hematologicznych krwi. Kąpiele w zimnej wodzie powodują wzrost liczby erytrocytów, płytek

krwi oraz leukocytów. W grupie białych krwinek krwi zauważono także znaczny spadek liczby eozynofili i silny wzrost neutrofilii, limfocytów oraz monocytów. Nie odnotowano natomiast zmian wskaźnika średniej masy hemoglobiny w krwince (MCH), średniej objętości krwinki czerwonej (MCV) oraz średniego stężenia hemoglobiny w krwince (MCHC). Zauważone zmiany mogą być spowodowane zwiększoną hemopoezą oraz zmniejszeniem objętości osocza, które z kolei spowodowane jest przemieszczeniem się wody osocza z wewnątrznaczyniowej do pozanaczyniowej przestrzeni podczas aktywacji układu współczulnego.

Pływanie w zimnej wodzie nie wpływa także na osmolarność osocza, poziom białka całkowitego oraz na poziom elektrolitów, przedsionkowego peptydu natriuretycznego (ANP), stężenie aldosteronu i produkcję moczu. Takie wyniki prezentują Stocks i wsp. [14], którzy badali wpływ 14-dniowej aklimatyzacji w zimnej wodzie na regulację płynów ustrojowych podczas kolejnych zanurzeń. W tym celu przebadano 7 mężczyzn, którzy przebywali kolejno w wodzie o temperaturze $18,1^{\circ}\text{C}$ przez 60 minut, w 1,8 i 15 dniu badań, a w pozostałe dni w wodzie o temperaturze $18,4^{\circ}\text{C}$ przez 90 minut. Autorzy sugerują, że podczas zanurzenia w zimnej wodzie dochodzi do przesunięcia płynu pozanaczyniowego do śródmiąższa.

Teległów i wsp. [7] potwierdzają również w swoich badaniach, że zanurzenie ciała w zimnej wodzie i kriostymulacja wywołują silne niepatologiczne zmiany w właściwościach hematologicznych i reologicznych krwi. Po 2 miesiącach zimowego pływania i krioterapii ogólnoustrojowej (przebadano 10 zimowych pływaków i 10 ochotników – zabiegi w kriokomorze), zauważono zmniejszenie poziomu fibrynogenu w grupie pływaków i wzrost lepkości osocza krwi po zabiegach krioterapii.

Profil lipidowy

Ekspozycja całego organizmu na temperatury kriogeniczne prowadzi do zmian i korzystnych efektów w profilu lipidowym zdrowych osób. W badaniach przeprowadzonych przez Lubkowską i wsp. [15] przebadano 69 zdrowych mężczyzn, krew pobierano przed pierwszym zabiegiem w kriokomorze oraz następnie po 5-tym, 10-tym i 20-stym zabiegu. Temperatura w komorze głównej wynosiła -130°C , a sam zabieg trwał 3 minuty. W surowicy krwi oznaczono cholesterol całkowity, cholesterol frakcji HDL i LDL oraz trójglicerydy. Zaobserwowano, że 5 zabiegów w kriokomorze nie powoduje żadnych zmian w profilu lipidowym. Po 10-ciu zabiegach zmniejszył się poziom trójglicerydów, cholesterolu całkowitego i cholesterolu frakcji LDL oraz zwiększył poziom cholesterolu HDL. Zmiany te były najbardziej widoczne po 20-stu zabiegach w kriokomorze.

Równowaga oksydacyjno-antyoksydacyjna i układ immunologiczny

Wykazano, że zastosowanie temperatur kriogenicznych u zdrowych ludzi wywołuje zmiany w układzie oksydacyjno - antyoksydacyjnym. Lubkowska i wsp. [16,17] zauważyli, że pojedynczy zabieg krioterapii, przeprowadzony w temperaturze -130°C , w czasie 3 minut, jest czynnikiem stresogennym dla zdrowego organizmu, ponieważ powoduje zakłócenia w równowadze oksydacyjno - antyoksydacyjnej. Jednak poziom stresu oksydacyjnego nie jest wysoki. Całkowity status oksydacyjny (TOS) w osoczu był niższy 30 minut po opuszczeniu kriokomory i po 24 godzinach, przy czym poziom całkowitego statusu antyoksydacyjnego (TAS) był niższy po zabiegu, a wzrastał w dniu następnym. Przypuszcza się, że zabiegi powtarzane w seriach mogą prowadzić do aktywacji układu antyoksydacyjnego. Z kolei Sutkowy i wsp. [18] podają, że pojedynczy zabieg połączony z wysiłkiem fizycznym nie wpływa istotnie na wskaźniki stresu oksydacyjnego oraz na stężenie witamin A i E w badanej krwi. Zabiegom w kriokomorze, trwającym 2 minuty, w temperaturze -120°C poddano 12-stu mężczyzn amatorsko uprawiających sport. Po zabiegu badani wykonywali przez 30 minut ćwiczenie wysiłkowe na ergometrze rowerowym. W innych badaniach Lubkowskiej i wsp. [19] przeprowadzonych w grupie 15-stu mężczyzn, po 10-ci zabiegach w kriokomorze, zaobserwowano zwiększenie ogólnej liczby leukocytów oraz wzrost limfocytów, monocytów oraz w mniejszym stopniu neutrofilów i eozynofili. Odnotowano także wzrost poziomu interleukiny 6 oraz zmiany w całkowitym statusie oksydacyjno - antyoksydacyjnym. Natomiast Dugue i wsp. [20] prowadząc badania w grupie 20 zdrowych kobiet (10 kobiet poddanych zabiegom krioterapii ogólnoustrojowej oraz 10 kobiet uczestniczących w kąpielach w zimnej wodzie) zaobserwowali łagodne zmiany potencjału wychwytywania rodników nadtlennokowych (TRAP), bez efektów długoterminowych. Badania przeprowadzono 3 razy w tygodniu, przez 12 tygodni. W grupie pierwszej, temperatura w komorze głównej wynosiła -110°C , a zabieg trwał 2 minuty, natomiast w grupie drugiej kobiety przebywały przez 20 sekund w przyszpitalnym basenie na otwartej przeszczepi, w miesiącach od lutego do kwietnia.

Zmiany w równowadze prooksydacyjno - antyoksydacyjnej zachodzące pod wpływem działania temperatur kriogenicznych mogą zależeć od liczby zabiegów. Lubkowska i wsp. [6] zauważyli, że po 20-stu zabiegach kriostymulacji (w temperaturze -130°C , w czasie 3 minut) wzrasta aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) oraz spada stężenie zredukowanego (GSH) i utlenionego glutationu (GSSG), a także zmniejsza się aktywność peroksydazy glutationowej

(GPx). Autorzy sugerują, że różnice w aktywności GSSG mogą być zależne od współczynnika masy ciała (BMI) badanych.

Kąpiel w zimnej wodzie również może przyczynić się do poprawy układu antyoksydacyjnego. Siems i wsp. [24] zauważyli, że powtarzany, średni stres oksydacyjny u pływaków powoduje poprawę ochrony systemu antyoksydacyjnego. Przebadano 36 ochotników, którzy regularnie pływali w lodowatej wodzie, przez ok. 5-10 minut. W badanych próbkach krwi zaobserwowano wyższe stężenie glutationu (GSH) oraz zwiększoną aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) i katalazy (Cat). Z kolei Pournot i wsp. [8] wykazali, że zanurzenie w zimnej wodzie o temperaturze 10°C przez 15 minut przyspiesza odnowę biologiczną po wyczerpujących wysiłkach. Może to być spowodowane tłumieniem osoczowych wskaźników stanu zapalnego i uszkodzenia mięśni, sugerując zmniejszenie wycieku ich z uszkodzonych mięśni, powodując tym samym wzrost ich siły.

W badaniach prowadzonych przez Miłę-Kierzenkowską i wsp. [21] na grupie 9-ciu kajakarek wykazano obniżenie aktywności dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) i peroksydazy glutationowej (GPx) w erytrocytach, po 20-stu zabiegach, wykonywanych 2 razy dziennie. Zaobserwowano także, że powtarzane zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej powodują zmniejszenie stężenia kinazy kreatynowej (CK), dehydrogenazy mleczanowej (LDH) oraz produkcji prozapalnych cytokin (IL-2, IL-8), zwiększając jednocześnie ilość krążących cytokin przeciwzapalnych (IL-10). Po zabiegach w kriokomorze wzrasta także poziom interleukiny 6, która powoduje wzrost stężenia kortyzolu w osoczu, a to z kolei wpływa na zwiększenie liczby neutrofilów. Powyższe zmiany przyczyniają się do przyspieszenia powrotu do zdrowia po uszkodzeniu mięśni spowodowanych intensywnym wysiłkiem [19,22].

Jednorazowa sesja krioterapii ogólnoustrojowej (trwająca 3 minuty w temperaturze -110°C) wykonana natychmiast po treningu wspomaga regenerację mięśni ograniczając reakcje zapalne. Pournot i wsp. [2] wykonali badania na 11-stu biegaczach, poddanych wysiłkowi na bieżni mechanicznej, a następnie zastosowano zabieg krioterapii ogólnoustrojowej lub odpoczynek bierny jako odnowę biologiczną (1 zabieg raz dziennie, przez 4 kolejne dni). Wyniki badań sugerują, że różnorodne interakcje, które zachodzą między cytokinami, prawdopodobnie zaangażowanymi w fizjologiczną odpowiedź na wysiłkowe zmęczenie i działanie zimna, mogą ograniczyć proces zapalny. Wielokrotne zabiegi kriostymulacji mogą przyspieszać regenerację organizmu przez obniżenie ostrej fazy zapalnej. Pojedynczy zabieg powoduje wzrost antagonisty IL-1ra, ograniczając tym samym reakcję zapalną przez spadek poziomu interleukiny IL-1 β oraz białka ostrej fazy (CRP).

Krioterapia ogólnoustrojowa pozytywnie wpływa na wskaźniki układu immunologicznego oraz na proces odnowy. Podczas treningu sportowego dochodzi do zwiększenia wytwarzania wolnych rodników, co z kolei może doprowadzić do stresu oksydacyjnego. Kriostymulacja ogólnoustrojowa poprzedzająca intensywny wysiłek fizyczny wywołuje korzystne zmiany adaptacyjne w komórkach zdrowego organizmu i chroni przed zaburzeniami w równowadze prooksydacyjno – antyoksydacyjnej. Do takiego wniosku doszli Woźniak i wsp. [23] badając grupę 21 kajakarzy. Sportowcy poddani byli 10-ciu zabiegom, wykonywanym 2 razy dziennie w kriokomorze, w temperaturze od -120°C do -140°C, przez 3 minuty.

Układ hormonalny

W badaniach Korzonek-Szlachety i wsp. [25] przeprowadzonych z udziałem 22 piłkarzy nożnych, zaobserwowano spadek stężenia testosteronu i estradiolu w surowicy krwi, bez wpływu na stężenie luteotropiny oraz siarczanu dehydroepiandrosteronu. Zauważono również, że krioterapia ogólnoustrojowa znacząco zwiększa stosunek testosteronu do estradiolu w surowicy badanych sportowców. Badani poddani byli 10-ciu, 3 minutowym zabiegom w kriokomorze, o temperaturze -120°C, a następnie przechodzili na 60-minutową kinezyterapię. Natomiast Leppäluoto i wsp. [26] badając wpływ długotrwałej ekspozycji całego ciała na zimno, zauważyli, że zarówno pływanie w zimnej wodzie, jak i krioterapia nie powodują pobudzenia typowych hormonów stresu, tj. hormonu adrenokortykotropowego (ACTH), β -endorfin, adrenaliny oraz kortyzolu i prozapalnych cytokin (IL-1 β , IL-6, TNF α). Zaobserwowali także, że zimno stymuluje wydzielanie noradrenaliny. Z kolei częsty wzrost noradrenaliny może powodować działanie przeciwbólne zabiegów krioterapii i kąpeli w zimnej wodzie.

Podsumowując, w wymienionej literaturze niewiele jest informacji na temat wpływu krioterapii ogólnoustrojowej oraz zanurzenia w zimnej wodzie na właściwości morfologiczne i biochemiczne krwi u sportowców i osób nietreningujących. Przedstawione procedury wykonywanych zabiegów są niejednorodne, różnią się pod względem liczby badanych osób, płci i wieku. Pobrania próbek krwi są w różnych okresach czasu, różny też jest zakres temperatur w komorze kriogenicznej i temperatura wody oraz różna jest częstotliwość wykonywanych zabiegów [12,15,16,19].

Można stwierdzić, że krioterapia ogólnoustrojowa ma dużą skuteczność terapeutyczną, jest zabiegiem bezpiecznym i nie wpływa negatywnie na organizm zdrowego człowieka. Powtarzane zabiegi wpływają mobilizująco na układ odpornościowy i antyoksydacyjny oraz wspomagają regenerację mięśni po intensywnym wysiłku. Mogą także zapo-

biegać sportowej hemolizie i być przydatne w leczeniu zespołów przeciążeniowych mięśni [9,12,22]. Zanurzenie w zimnej wodzie jest również zabiegiem bezpiecznym i nie powoduje patologicznych zmian w organizmie zdrowego człowieka [7,13]. Jednak zbyt mało jest badań na ten temat, dlatego też dalsze, dobrze kontrolowane badania na większej liczbie osób są wskazane.

Piśmiennictwo/References

- Costello JT, Donnelly AE. Cryotherapy and joint position sense in healthy participants: a systematic review. *J Athl Train* 2010; 45(3): 306–16.
- Pournot H, Bieuzen F, Louis J i wsp. Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PLoS ONE* 2011; 6(7): 1–8.
- Jonak A, Skrzek A. Krioterapia w odnowie biologicznej sportowców-przegląd badań. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica* 2009; 4(5): 319–21.
- Westerlund T i wsp. Neuromuscular adaptation after repeated exposure to whole-body cryotherapy (-110°C). *J Therm Biol* 2009; 34: 226–31.
- Costello JT, Culligan K, Selfe i wsp. Muscle, skin and core temperature after -110°C cold air and 8°C water treatment. *PLoS ONE* 2012; 7(11): 1–8.
- Lubkowska A, Dołęgowska B, Szyguła Z. Whole-body cryostimulation - potential beneficial treatment for improving antioxidant capacity in healthy men - significance of the number of sessions. *PLoS ONE* 2012; 7(10): 1–10.
- Teległów A, Dąbrowski Z, Marchewka A i wsp. Wpływ zimowego pływania i krioterapii na właściwości reologiczne krwi. Książka abstraktów Międzynarodowej Jubileuszowej Konferencji Naukowej Wydziału Rehabilitacji Ruchowej Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie. Rehabilitacja w XXI wieku. Kraków, 23–25.02.2012.
- Pournot H, Bieuzen F, DuYeld R i wsp. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111: 1287–95.
- Stanek A, Cieślak G, Sieroń A. Terapeutyczne zastosowanie krioterapii w praktyce klinicznej. *Balneologia Polska* 2007; 1(49): 37–45/
- Stanek A, Cieślak G, Rosmus-Kuczia I i wsp. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na parametry morfologii krwi u pacjentów z zesztywniającym zapaleniem stawów kręgosłupa i u zdrowych ochotników. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica* 2006; 12(3): 207–10.
- Klimek A, Lubkowska A, Szyguła Z i wsp. The influence of single whole body cryostimulation treatment on the dynamics and the level of maximal anaerobic power. *IJOMEH* 2011; 24(2): 184–91.
- Banfi G, Melegati G, Barassi A i wsp. Beneficial effects of the whole-body cryotherapy on sport haemolysis. *J Hum Sport Exerc* 2009; 4(2): 189–93.
- Lombardi G, Ricci C, Banfi G. Effect of winter swimming on haematological parameters. *Biochemia Medica* 2011; 21(1): 71–8.
- Stocks JM, Patterson MJ, Hyde DE i wsp. Cold-water acclimation does not modify whole-body fluid regulation during subsequent cold-water immersion. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92: 56–61.
- Lubkowska A, Banfi G, Dołęgowska B i wsp. Changes in lipid profile in response to three different protocols of whole-body cryostimulation treatments. *Cryobiology* 2010; 61(1): 22–6.
- Lubkowska A, Chudecka M, Klimek A i wsp. Acute effect of a single whole-body cryostimulation on prooxidant-antioxidant balance in blood of healthy, young men. *J Therm Biol* 2008; 33: 464–7.
- Lubkowska A, Dołęgowska B, Szyguła Z i wsp. Activity of selected enzymes in erythrocytes and level of plasma antioxidants in response to single whole body cryostimulation in humans. *Scand J Clin Lab Invest* 2009; 3(69): 387–94.

18. Sutkowy P, Woźniak A, Mila-Kierzenkowska C i wsp. Stężenie substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (tbars) oraz witamin A i E we krwi osób amatorsko uprawiających sport po jednorazowej kriostymulacji ogólnoustrojowej. *Medycyna Sportowa* 2011; 1(4): 43-54.
19. Lubkowska A, Szygula Z, Klimek A i wsp. Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men? *Eur J Appl Physiol* 2010; 109: 67-72.
20. Dugue B, Smolander J, Westerlund T i wsp. Acute and long-term effects of winter swimming and whole-body cryotherapy on plasma antioxidative capacity in healthy women. *Scand J Clin Lab Invest* 2005; 65: 395-402.
21. Mila-Kierzenkowska C, Woźniak A, Woźniak B i wsp. Whole-body cryostimulation in kayaker women: a study of the effect of cryogenic temperatures on oxidative stress after the exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 2009; 49: 201-7.
22. Banfi G, Lombardi G, Colombini A i wsp. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med* 2010; 40(6): 509-17.
23. Woźniak A, Woźniak B, Drewna G i wsp. Peroksydacja lipidów we krwi kajakarzy po kriostymulacji ogólnoustrojowej i treningu fizycznym. *Medycyna Sportowa* 2007; 1(6): 15-22.
24. Siems WG, Brenke R, Sommerburg O i wsp. Improved antioxidative protection in winter swimmers. *QJMed* 1999; 92(1): 193-8.
25. Korzonek-Szlacheta I, Wielkoszyński T, Stanek A i wsp. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na stężenie wybranych hormonów u zawodników wyczynowo uprawiających piłkę nożną. *Endokrynologia Polska / Polish Journal of Endocrinology* 2007; 58, 1
26. Leppäluoto J, Westerlund T, Huttunen P i wsp. Effects of long-term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females. *Scand J Clin Lab Invest* 2008; 68(2): 145-53.

Adres do korespondencji:
Magdalena Kępińska
ul. Sołtysowska 11C/10
31-589 Kraków
e-mail: m.kepinska@tlen.pl