



Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na stężenie wybranych hormonów u zawodników wyczynowo uprawiających piłkę nożną

Influence of whole body cryotherapy on the levels of some hormones in professional footballers

Ilona Korzonek-Szlacheta¹, Tomasz Wielkoszyński², Agata Stanek³, Elżbieta Świętochowska⁴, Jacek Karpe⁵, Aleksander Sieroń³

¹Katedra i Zakład Fizjologii, Śląska Akademia Medyczna w Katowicach, Wydział Lekarski w Zabrze

²Katedra i Zakład Chemii, Śląska Akademia Medyczna w Katowicach, Wydział Lekarski w Zabrze

³Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, Śląska Akademia Medyczna w Katowicach, Wydział Lekarski w Zabrze

⁴Zakład Biochemii Klinicznej, Śląska Akademia Medyczna w Katowicach, Wydział Lekarski w Zabrze

⁵Zakład Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Śląska Akademia Medyczna w Katowicach, Wydział Lekarski w Zabrze

Streszczenie

Wstęp: Celem badań była ocena zachowania się stężeń wybranych hormonów steroidowych (estradiolu — E₂, testosteronu — T i siarczanu dehydroepiandrosteronu — DHEA-S) oraz luteotropiny (LH, *luteinizing hormone*) w surowicy zawodników wyczynowo uprawiających piłkę nożną, poddanych w ramach odnowy biologicznej cyklowi 10 zabiegów krioterapii ogólnej.

Materiał i metody: Badaniom poddano 22 klinicznie zdrowych mężczyzn w średnim wieku 26,7 lat. Zabiegi krioterapii prowadzono w komorze typu wrocławskiego, kończąc je każdorazowo kinezyterapią. Krew pobierano 2-krotnie: przed i 2 dni po zakończeniu zabiegów krioterapii ogólnej, a uzyskane wyniki opracowano statystycznie.

Wyniki: Po 10 zabiegach krioterapii średnie stężenia T obniżyło się znamienne (6,01 vs. 4,80 ng/ml, p < 0,01), podobnie jak stężenie E₂ (102,3 vs. 47,5 pg/ml, p < 0,0001). Stężenia DHEA-S i LH nie zmieniły się znacząco. Stosunek T/E₂ uległ zmianie podwyższeniu z 72,2 na 136,5 (p < 0,01).

Wnioski: Zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej prowadzą do znaczącego obniżenia stężeń T i E₂ w surowicy, nie wpływając na stężenie LH i DHEA-S. Równocześnie ze zmianą stężeń E₂ i T dochodzi do znamiennego wzrostu stosunku T/E₂. Przyczyną obserwowanych zjawisk jest prawdopodobnie indukowana krioterapią zmiana ukrwienia skóry i tkanki podskórnej, modulacja aktywności aromatazy odpowiedzialnej za konwersję testosteronu lub androstendionu do estrogenów.

(*Endokrynol Pol* 2007; (58) 1: 27–32)

Słowa kluczowe: krioterapia ogólnoustrojowa, hormony steroidowe, luteotropina, zawodnicy

Abstract

Introduction: The study was undertaken to determine blood serum concentrations of selected steroid hormones (estradiol — E₂, testosterone — T, dehydroepiandrosterone sulfate — DHEA-S) and luteinizing hormone (LH) in professional footballers subjected to whole body cryotherapy.

Material and methods: Twenty-two clinically healthy males, mean age 26.7 years, were studied. The subjects underwent ten sessions of whole body cryotherapy in Wrocław-type chamber, with kinesitherapy following each session. Blood samples were collected before and two days after the treatment and the results were analyzed statistically.

Results: After the treatment there was a significant decrease in the concentrations of T (6.01 vs. 4.80 ng/mL, p < 0.01) and E₂ (102.3 vs. 47.5 pg/mL, p < 0.00001), but no DHEA-S and LH. The T/E₂ ratio showed a significant increase from 72.2 to 136.5 (p < 0.01).

Conclusions: Whole body cryotherapy leads to a significant decrease in serum T and E₂, with no effect on LH and DHEA-S levels. As a results of cryotherapy, the T/E₂ ratio was significant increased. The changes observed are probably due to cryotherapy-induced alternation in the blood supply to the skin and subcutaneous tissue, as well as to modulation of the activity of aromatase which is responsible for conversion of testosterone and androstendione to estrogens.

(*Pol J Endocrinol* 2007; (58) 1: 27–32)

Key words: whole-body cryotherapy, steroids hormones, luteinizing hormone, sportsmen



Dr med. Ilona Korzonek-Szlacheta
Katedra i Zakład Fizjologii Wydziału Lekarskiego w Zabrze,
Śląska Akademia Medyczna w Katowicach
ul. Jordana 19, 41-808 Zabrze 8
e-mail: ilona.korzonek@vp.pl

Wstęp

Mianem krioterapii określa się bodźcowe, stymulujące, powierzchniowe działanie temperatur kriogenicznych (poniżej -100°C) aplikowanych w krótkim czasie 2–3 minut dla wywołania i wykorzystania fizjologicznych reakcji na zimno w celu wspomagania leczenia podstawowego i ułatwienia leczenia ruchem. Ze względu na rozległość aplikacji krańcowo niskich temperatur na organizm ludzki wyróżnia się krioterapię miejscową, stosowaną na wybraną okolicę ciała, oraz krioterapię ogólnoustrojową, obejmującą całe ciało pacjenta. Bezpośrednio po każdym zabiegu krioterapii wszystkie osoby są poddawane kinezyterapii, której celem jest zwiększenie i utrwalenie korzystnych efektów działania temperatur kriogenicznych [1–4].

W medycynie sportowej zabiegi krioterapii stosuje się w leczeniu zarówno ostrych, jak i przewlekłych urazów tkanek miękkich oraz przygotowaniu do wysiłku fizycznego zawodników czynnie uprawiających sport (tzw. odnowa biologiczna). Efekty lecznicze krioterapii wykorzystywane w medycynie sportowej są związane: z uśmierzeniem bólu, obniżeniem aktywności procesu zapalnego, obniżeniem napięcia mięśni szkieletowych, wzrostem siły mięśniowej, zmniejszeniem obrzęków, przyspieszeniem procesów regeneracyjnych i naprawczych oraz poprawą ruchomości leczonych stawów. Ponadto ogólnoustrojowe stosowanie krańcowo niskich temperatur powoduje relaksację, poprawę nastroju oraz poprawę tolerancji wysiłku [3, 5–14]. Jednak mechanizmy działania niskich temperatur na organizm ludzki nie zostały do końca poznane. Przypuszcza się, że wyżej wymienione efekty lecznicze mogą być związane także z wpływem temperatur kriogenicznych stosowanych ogólnoustrojowo na układ endokrylny.

Przesłanki teoretyczne oraz obserwacje praktyczne sugerują, że zmiany stężeń hormonów płciowych, szczególnie androgenów, mogą w znaczącym stopniu wpływać na procesy kształtowania się wydolności i wytrzymałości u zawodników. Działanie anaboliczne androgenów ma decydujący wpływ na budowanie masy mięśniowej oraz jej odbudowę po intensywnym wysiłku i urazach. Sugeruje się również, że zmiana stężeń estrogenów w trakcie cyklu miesięcznego u kobiet może wpływać na siłę mięśniową [15].

Celem pracy była ocena wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na stężenia wybranych hormonów steroidowych: testosteronu (T), estradiolu (E_2) i siarczanu dehydroepiandrosteronu (DHEA-S) oraz stężenie hormonu luteinizującego (LH, *luteinizing hormone*) w surowicy mężczyzn wyczynowo uprawiających sport. W pracy próbowano także odpowiedzieć na pytanie, czy ewentualne zmiany stężeń tych hormonów w wyniku ogólnoustrojowego oddziaływania temperatur

kriogenicznych mogą wpływać na poprawę wydolności fizycznej i tłumaczyć regenerujące działanie tej formy terapii.

Materiał i metody

Badaniem objęto 22 zawodników płci męskiej pierwszoligowego klubu piłkarskiego w wieku 19–34 lat (śr. 26,7 lat) poddawanych rutynowo zabiegom krioterapii ogólnoustrojowej w ramach odnowy biologicznej, będącej istotnym elementem cyklu treningowego. Badanie prowadzono w trakcie zgrupowania treningowego w okresie przygotowawczym, to znaczy przed rozpoczęciem sezonu ligowego. Wszyscy zawodnicy posiadali aktualne badania dopuszczające do wyczynowego uprawiania sportu. Do krioterapii ogólnoustrojowej kwalifikowano jedynie zawodników, u których nie stwierdzono przeciwwskazań do tej formy terapii.

Zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej odbywały się w kriokomorze typu wrocławskiego. Cykl zabiegów obejmował dziesięć 3-minutowych wejść do kriokomorzy, a następnie 60-minutową kinezyterapię. Zabiegi wykonywano codziennie w godzinach rannych. Zawodnicy po adaptacji w przedścionku o temperaturze -60°C trwającej do 30 sekund, wchodzili do głównej części kriokomorzy o temperaturze -120°C , gdzie odbywała się właściwa krioterapia. Bezpośrednio po wyjściu z kriokomorzy zawodnicy byli poddawani kinezyterapii według ustalonego schematu. W dniu rozpoczęcia cyklu zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej (przed pierwszym zabiegiem) oraz powtórnie w 2. dniu po jej zakończeniu u wszystkich badanych pobierano na czczo krew żylną za pomocą jednorazowych, zamkniętych zestawów firmy Sarstedt (Niemcy). Uzyskaną po odwirowaniu surowicę przechowywano w temperaturze -75°C do momentu wykonania oznaczeń. Do badań wykorzystano pozostałości surowic po wykonaniu rutynowych badań biochemicznych służących do monitorowania cyklu treningowego, po uzyskaniu pisemnej, świadomej zgody zawodników.

Stężenia E_2 i T oznaczono metodami radioimmunologicznymi, stosując odpowiednio zestawy *Ultra Sensitive Estradiol RIA* (*Diagnostic Systems Laboratories Inc.*, USA) i *Testo-RIA-CT* (*BioSource Europe S.A.*, Belgia). Stężenie DHEA-S oznaczano metodą immunochemiluminescencyjną na analizatorze *Immulite 1000* (DPC, USA), korzystając z zestawów odczynnikowych tego samego producenta. Stężenie LH oznaczono metodą ELISA z wykorzystaniem zestawów LH-Serum-ELISA firmy DRG (Niemcy). Oznaczenia wykonano w serii jednoczesnej. Współczynniki zmienności (powtarzalność) dla poszczególnych metod wynosiły odpowiednio: 3,2; 4,1; 2,8 i 4,6%. Zakresy referencyjne podawane przez producentów odczynników dla dorosłych mężczyzn

wynosiły odpowiednio: dla testosteronu w granicach 2,55–7,53 ng/ml, dla estradiolu 5,6–53,1 pg/ml, dla DHEA-S 3,8–6,4 μ g/ml (dla przedziału wiekowego 20–29 lat) i od 2,7 do 5,2 μ g/ml (dla przedziału wiekowego 30–39 lat) oraz dla LH w granicach 1,0–13,8 mjm./ml.

Dodatkowo, w celu oceny równowagi estrogenowo-androgenowej i oceny osi przysadka–jądro, obliczano stosunki stężeń testosteronu do estradiolu (jako pg T/pg E₂) i LH/testosteron (jako mjm. LH/ng T). Obliczano również indywidualne różnice stężeń T, E₂ i LH przed i po terapii oraz oceniano współzależności pomiędzy tymi różnicami (dT do dLH i dT do dE₂).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując podstawowe parametry statystyki opisowej (średnia i odchylenie standardowe). Istotność różnic pomiędzy wynikami uzyskanymi przed i po cyklu krioterapii oceniano z wykorzystaniem testu *t*-Studenta dla zmienionych powiązanych. Obliczano również współczynniki korelacji liniowej. Obliczenia statystyczne wykonano przy użyciu programu *Statistica for Windows* v. 6.0.

Wyniki

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tabeli I. Natomiast w tabeli II przedstawiono współczynniki korelacji liniowej oceniające współzależności pomiędzy badanymi parametrami.

U zawodników po zakończeniu cyklu krioterapii ogólnoustrojowej obserwowano znamienne zmniejszenie stężenia T (6,12 \pm 1,84 vs. 4,80 \pm 1,97 ng/ml; *p* < 0,01) i E₂ (102,3 \pm 40,3 vs. 47,5 \pm 24,5 pg/ml; *p* < 0,00001) w porównaniu z wartościami wyjściowymi — przed rozpoczęciem terapii. Ponadto obserwowano znamienne wzrost stosunku stężenia T/E₂ (72,2 \pm 52,7 vs. 136,5 \pm 100,5; *p* < 0,01). Natomiast po zakończeniu cyklu zabiegów

Tabela II

Współczynniki korelacji między stężeniami testosteronu, estradiolu, DHEA-S i LH w surowicy zawodników poddanych cyklowi zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej

Table II

Correlation coefficients values between testosterone, estradiol, DHEA-S and LH concentrations in footballer's serum between and after the whole body cryotherapy cycle

| Oceniane parametry | Wartość współczynnika korelacji R |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Testosteron vs. LH (przed) | 0,068 |
| Testosteron vs. LH (po) | 0,61* |
| Testosteron vs. estradiol (przed) | 0,344 |
| Testosteron vs. estradiol (po) | 0,684* |
| Testosteron vs. DHEA-S (przed) | 0,078 |
| Testosteron vs. DHEA-S (po) | -0,203 |

* wartości statystycznie znamienne (*p* < 0,05); DHEA-S — siarczan dehydroepiandrosteronu; LH (*luteinizing hormone*) — luteotropina

krioterapii ogólnoustrojowej nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian stężeń zarówno LH, jak i DHEA-S oraz stosunku LH/testosteron.

Ocena współzależności między stężeniami badanych hormonów ujawniła obecność dość silnych, dodatnich korelacji pomiędzy stężeniem T i LH oraz pomiędzy stężeniem T i E₂ po zakończeniu cyklu krioterapii, podczas gdy zależności te przed rozpoczęciem zabiegów nie miały cech znamienności statystycznej. Natomiast współczynnik korelacji pomiędzy różnicą stężeń testosteronu przed i po krioterapii a różnicą stężeń LH oraz pomiędzy różnicą stężeń testosteronu a różnicą stężeń estradiolu nie wykazywał cech znamienności statystycznej (tab. II).

Tabela I

Wartości stężeń testosteronu, estradiolu, DHEA-S i LH w surowicy przed rozpoczęciem cyklu krioterapii ogólnoustrojowej oraz po jego zakończeniu

Table I

Average serum testosterone, estradiol, DHEA-S and LH concentrations between and after whole body cryotherapy session

| Parametr | Przed cyklem krioterapii ogólnoustrojowej ($\bar{x}_{\text{gr.}} \pm \text{SD}$) | Po zakończeniu cyklu krioterapii ogólnoustrojowej ($\bar{x}_{\text{gr.}} \pm \text{SD}$) | Wartość <i>p</i> |
|--|--|--|------------------|
| Testosteron [ng/ml] | 6,01 \pm 1,87 | 4,80 \pm 1,97 | < 0,01 |
| Estradiol [pg/ml] | 102,3 \pm 40,3 | 47,5 \pm 24,5 | < 0,00001 |
| DHEA-S [μ g/ml] | 2,91 \pm 0,60 | 2,89 \pm 0,66 | NS |
| LH [mjm./ml] | 7,63 \pm 4,07 | 6,35 \pm 3,16 | NS |
| Stosunek testosteron/estradiol [ng/ng] | 72,2 \pm 52,7 | 136,5 \pm 100,5 | < 0,01 |
| Stosunek LH/testosteron [mjm./ng] | 1,35 \pm 0,71 | 1,37 \pm 0,54 | NS |

DHEA-S — siarczan dehydroepiandrosteronu; LH (*luteinizing hormone*) — luteotropina

U żadnego z zawodników poddanych zabiegom krioterapii ogólnoustrojowej nie stwierdzono istotnych powikłań ani działań ubocznych stosowanych zabiegów.

Dyskusja

U dojrzałych płciowo mężczyzn główna część testosteronu ulega przemianie do dihydrotestosteronu (DHT), ale niewielkie ilości tego hormonu ulegają również enzymatycznej przemianie do estradiolu lub estronu. Natomiast androstendion, jakkolwiek syntetyzowany w jądrze w niewielkich ilościach, ulega niemal całkowitej konwersji do estrogenów. Wiadomo, że u mężczyzn tylko 10–20% estrogenów (estradiolu i estronu) pochodzi z syntezy w gonadach i nadnerczach. Główna ich ilość powstaje w wyniku aromatyzacji testosteronu i androstendionu w tkankach obwodowych przy udziale aromatazy steroidowej, przy czym fizjologiczny stosunek stężenia testosteronu do estradiolu wynosi około 200.

Biorąc pod uwagę, że biosynteza globuliny wiążącej hormony płciowe (SHBG, *sex hormone binding globulin*) jest regulowana głównie przez stężenie endogennych estrogenów (17 α -estradiolu), oraz że wiązanie testosteronu przez SHBG jest znacznie słabsze niż wiązanie E₂ przez to białko, uważa się, że zmiany równowagi androgenowo-estrogenowej u mężczyzn mogą znacząco wpływać na biodostępność testosteronu dla tkanek obwodowych. Wiadomo, że wzrost stężenia estradiolu indukuje produkcję dodatkowych ilości SHBG, co może zmniejszać stężenie aktywnego biologicznie, wolnego testosteronu. Globulina wiążąca hormony płciowe może więc najprawdopodobniej pełnić rolę amplifikatora działania estradiolu i wpływać na równowagę pomiędzy androgenami i estrogenami.

Biologiczna aktywność estradiolu nie ogranicza się tylko do jego roli w procesach reprodukcji. Związek ten wykazuje wielokierunkowe działanie biologiczne, wpływając również na procesy metaboliczne podczas intensywnych wysiłków fizycznych, w trakcie odnowy biologicznej oraz regulując glikemię w trakcie tych procesów. Estradiol może zwiększać dostępność i zużycie lipidów w tkance mięśniowej oraz zmniejszać glikogenezę i glukoneogenezę [16]. Podłożem tych działań ma być bezpośredni wpływ hormonu na aktywność enzymów i przepuszczalność błon biologicznych lub pośrednie działanie poprzez zmianę stężeń, wzajemnej równowagi lub wrażliwości tkanek na takie hormony, jak: insulina, glukagon, kortyzol, hormon wzrostu (GH, *growth hormone*) i katecholaminy [16].

Intensywne wysiłki fizyczne, szczególnie wyczynowe uprawianie sportu, mogą zaburzać homeostazę wewnątrzustrojową, niekorzystnie wpływając między innymi na funkcje endokrynne, układ immunologicz-

ny czy wywołując zaburzenia równowagi antyoksydacyjno-oksydacyjnej („stres oksydacyjny”). W literaturze są opisywane zaburzenia funkcji osi podwzgórzowo–przysadkowo–gonadalnej u wysokiej klasy zawodniczek uprawiających niektóre dyscypliny sportowe (lekka atletyka, maraton, pływanie). Długotrwałe i częste, intensywne (maksymalne i submaksymalne) wysiłki fizyczne mogą również prowadzić do występowania różnego rodzaju zaburzeń miesiączkowania, łącznie z wystąpieniem wtórnego braku miesiączki [17, 18]. Jednocześnie ilość publikacji opisujących stan hormonalny, szczególnie funkcje gonady męskiej i równowagę androgenowo-estrogenową u mężczyzn wyczynowo uprawiających sport, jest stosunkowo mała, co skłania do dalszych badań. Di Luigi i wsp. [19] w swoich badaniach wykazali, że intensywne wysiłki fizyczne mogą być czynnikiem nasilającym zaburzenia spermatogenezy u lekkoatletów z żyłakami powrózka nasiennego, nie powodując jednak towarzyszących im zaburzeń hormonalnych.

W dostępnej literaturze spotkać można jedynie pojedyncze doniesienia na temat wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na układ hormonalny [20–22]. W badaniach Wawrowskiej [20] oraz Zagrobelnego i wsp. [22] u zdrowych mężczyzn i kobiet po jednorazowym 2-minutowym zabiegu krioterapii ogólnoustrojowej w temperaturze –130°C obserwowano znamienne statystycznie wzrost stężenia hormonu adrenokortykotropowego (ACTH, *adrenocorticotropic hormone*), β -endorfiny oraz adrenaliny i noradrenaliny w porównaniu z wartościami przed rozpoczęciem krioterapii. U mężczyzn obserwowano także znamienne wzrost stężenia testosteronu. Z kolei u obu płci nie obserwowano znamienych zmian stężenia kortyzolu. U chorych z reumatoidalnym zapaleniem stawów obojga płci obserwowano stymulację osi przysadka mózgowa–kora nadnerczy w postaci znamiennego wzrostu stężenia ACTH i kortyzolu zarówno po jednorazowym zabiegu, jak i po 7 i 14 zabiegach krioterapii ogólnoustrojowej. Uzyskane wyniki nie różniły się znamienne między sobą po 1., 7. i 14. zabiegu. U tych chorych obserwowano również znamienne wzrost stężenia β -endorfiny. Ponadto wykazano, że krioterapia ogólnoustrojowa nie wpływa na stężenia hormonu wzrostu, tyreotropiny, hormonów tarczycy oraz hormonów gonadotropowych i testosteronu u pacjentów ze schorzeniami reumatoidalnymi [20, 21]. Z kolei w badaniach Sakamoto i wsp. [23] wykazano, że ekspozycja na zimno zdrowych mężczyzn (zanurzenie w zimnej wodzie) prowadzi do 10-procentowego spadku stężenia testosteronu w surowicy, wzrostu stężenia LH o 22% i spadku stężenia noradrenaliny o blisko 24%.

Statystycznie znamienne obniżenie stężenia estradiolu, połączone ze zmniejszeniem stężenia testosteronu, zaobserwowane w badanej grupie dojrzałych płciowo

mężczyzn wyczynowo uprawiających sport dotychczas nie został opisany w dostępnej autorom literaturze. Wytlumaczenie tego zjawiska jest trudne, ale ponieważ wiadomo, że obniżenie stężenia E_2 powoduje zmniejszenie biosyntezy SHBG, przypuszczać można, że prowadzić to może do zwiększenia biodostępności testosteronu (wzrost stężenia frakcji wolnej), jak również do przyspieszenia jego konwersji do DHT, pomimo obserwowanego nieznacznego spadku stężenia testosteronu całkowitego. Wszystkie te zjawiska decydować mogą o korzystnych efektach krioterapii ogólnoustrojowej przejawiających się między innymi przyspieszoną regeneracją zmian pourazowych i tak zwaną odnową biologiczną. Obserwowane równocześnie nieznaczące zmniejszenie się stężenia testosteronu wynika prawdopodobnie z obniżenia stężenia estradiolu, spadku biosyntezy i osoczowego stężenia SHBG.

Ze względu na brak danych w literaturze, trudno ustosunkować się również do mechanizmów prowadzących do powstania obserwowanych u badanych zawodników wyjściowo podwyższonych stężeń E_2 . Z badań innych autorów wiadomo, że intensywne wysiłki fizyczne prowadzą do zmian hormonalnych i neurohormonalnych w osoczu — wzrostu stężeń kortyzolu i aldosteronu oraz testosteronu i LH oraz noradrenaliny [23–25]. Ponieważ długotrwałe i powtarzające się maksymalne wysiłki mogą wywoływać zaburzenia endokrynne u kobiet, przejawiające się między innymi niższymi od fizjologicznych stężeniami E_2 w fazie folikularnej cyklu, szczególnie ciekawe wydaje się obserwowane w badanej grupie mężczyzn stężenie E_2 przekraczające zakres referencyjny.

Prawdopodobne jest, że intensywne i długotrwałe wysiłki fizyczne zmieniają również aktywność niektórych enzymów ścieżek biosyntezy steroidów płciowych w tkankach obwodowych, prowadząc do względnej nadprodukcji estrogenów. Po zakończeniu cyklu zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej obserwowano znamienne wzrost stosunku stężeń T/E_2 . Niewyjaśniony pozostaje również mechanizm obniżania stężenia E_2 . Najbardziej prawdopodobne jest, że w wyniku indukowanych krioterapią zmian ukrwienia skóry i tkanki podskórnej dochodzi do modulacji aktywności aromatazy odpowiedzialnej za konwersję testosteronu lub androstendionu do estradiolu lub estronu. Nie można wykluczyć również ośrodkowego mechanizmu regulacji tego zjawiska, na przykład poprzez oddziaływanie na układ endogennych opioidów, co zostało opisane przez innych badaczy [20–22].

Uwagę zwracają również relatywnie niskie stężenia DHEA-S u badanych zawodników (interpretując wg zalecanych przez producenta odczynników wartości referencyjnych). Jednak biorąc pod uwagę ogólnie

zaakceptowane zakresy wartości referencyjnych dla tego hormonu, wynoszące dla mężczyzn od 0,5 do 5,6 $\mu\text{g/ml}$, wszystkie uzyskane wyniki oznaczeń mieszczą się w zakresie wartości prawidłowych. Jednocześnie pobyt w komorze kriogenicznej nie wpłynął znacząco na stężenie DHEA-S.

Dodatnie wartości niektórych współczynników korelacji (szczególnie dla parametrów oznaczanych po zakończeniu zabiegów) są nieoczekiwane i dość trudne do wytłumaczenia. Spekulować można, że indywidualne cechy odpowiedzi układu podwzgórze–przysadka–gonady oraz pulsacyjne uwalnianie gonadotropin do krwiobiegu nie pozwalają na uzyskanie wiążących wniosków, a zmiany odpowiedzi hormonalnej są raczej cechą osobniczą.

Wydaje się również, że obserwowane zmiany stężeń testosteronu i estradiolu mogą wpływać na kondycję psychofizyczną zawodników i uzyskiwane przez nich wyniki, jednak mechanizmy obserwowanych zmian hormonalnych nie są jasne i wymagają dalszych badań.

Wnioski

1. U zawodników krioterapia ogólnoustrojowa powoduje znamienne obniżenie stężeń testosteronu i estradiolu w surowicy, bez wpływu na stężenia LH oraz DHEA-S.
2. Temperatury kriogeniczne stosowane ogólnoustrojowo znacząco zwiększają stosunek stężeń testosteronu do estradiolu w surowicy u badanych zawodników.
3. Kwestią dotychczas nierozstrzygniętą pozostają mechanizmy obserwowanych zjawisk, co wymaga jednak przeprowadzenia dalszych badań.

Piśmiennictwo

1. Gregorowicz H, Zagrobelny Z. Krioterapia ogólnoustrojowa wskazania i przeciwwskazania, przebieg zabiegu i jego skutki fizjologiczne i kliniczne. *Acta Bio-Opt Inform Med* 1998; 4: 119–131.
2. Książopolska-Pietrzak K. Miejsce krioterapii w leczeniu chorób narządu ruchu — mechanizm działania, wskazania i przeciwwskazania. *Acta Bio-Opt Inform Med* 1996; 2: 157–160.
3. Sieroń A, Cieślak G. (red.) Zastosowanie zimna w medycynie — kriochirurgia i krioterapia. α – medica press, Bielsko-Biała 2003.
4. Zagrobelny Z, Zimmer K. Zastosowanie temperatur kriogenicznych w medycynie i fizjoterapii sportowej. *Med Sport* 1999; 15: 8–13.
5. Biały D, Zimmer K, Skrzek A, Zagrobelny Z. Komora kriogeniczna — możliwości zastosowania w rehabilitacji. *Baln Pol* 1998; 40: 44–47.
6. Biały D, Zimmer K, Zagrobelny Z. Krioterapia ogólnoustrojowa w sporcie. *Med Sport* 1999; 15: 21–24.
7. Knight KL. Cryotherapy in sport injury management. *Human Kinetics, Champaign*, 1995.

8. Rymaszewska J, Biały D, Zagrobelny Z i wsp. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na psychikę człowieka. *Psychiatr Pol* 2000; 34: 649–653.
9. Sieroń A, Stanek A, Jagodziński L i wsp. Zachowanie się parametrów stanu zapalnego u pacjentów z zeszywniającym zapaleniem stawów kręgosłupa pod wpływem krioterapii ogólnoustrojowej — doniesienie wstępne. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2003; 9: 39–43.
10. Swenson C, Sward L, Karlsson J. Cryotherapy in sports medicine. *Scand J Med Sci Sports* 1996; 6: 193–200.
11. Thorsson O. Cold therapy of athletic injuries. Current literature review. *Lakartidningen* 2001; 98: 1512–1513.
12. Wrzosek Z, Dybek W. Praktyczne zastosowanie krioterapii w ortopedii i traumatologii. *Fizjoterapia* 1994; 2: 7–8.
13. Zagrobelny Z. Lecnicze zastosowanie zimna. *Acta Bio-Opt Inform Med* 1996; 2: 83–88.
14. Zagrobelny Z, Zimmer K. Zastosowanie temperatur kriogenicznych w medycynie i fizjoterapii sportowej. *Med Sport* 1999; 15: 8–13.
15. Elliott KJ, Cable NT, Reilly T, Diver MJ. Effect of menstrual cycle phase on the concentration of bioavailable 17-beta oestradiol and testosterone and muscle strength. *Clin Sci (Lond)* 2003; 105: 663–669.
16. Bunt JC. Metabolic actions of estradiol: significance for acute and chronic exercise responses. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22: 286–290.
17. Tomten SE, Hostmark AT, Stromme SB. Exercise intensity. An important factor in the etiology of menstrual dysfunction? *Scand J Med Sci Sports* 1996; 6: 329–336.
18. De Souza MJ, Maresh CM, Maguire MS i wsp. Menstrual status and plasma vasopressin, renin activity, and aldosterone exercise responses. *J Appl Physiol* 1989; 67: 736–743.
19. Di Luigi L, Gentile V, Pigozzi F i wsp. Physical activity as a possible aggravating factor for athletes with varicocele: impact on the semen profile. *Hum Reprod* 2001; 16: 1180–1184.
20. Wawrowska A. Wpływ ogólnoustrojowej krioterapii na organizm osób zdrowych i chorych reumatycznych ze szczególnym uwzględnieniem stężeń wybranych hormonów, beta-endorfin, 6-keto PGF_{1 α} . Praca doktorska AWF, Wrocław 1992.
21. Zagrobelny Z, Halawa B, Negrusz-Kawecka M, Spring A. Zmiany hormonalne i hemodynamiczne wywołane schładzaniem całego ciała chorych na reumatoidalne zapalenie stawów. *Pol Arch Med Wewn* 1992; 87: 34–40.
22. Zagrobelny Z, Halawa B, Niedzielski C, Wawrowska A. Stężenie wybranych hormonów w surowicy i niektórych wskaźników hemodynamicznych u zdrowych ochotników poddanych jednorazowemu schładzaniu ciała w komorze kriogenicznej. *Pol Tyg Lek* 1993; 48: 303–305.
23. Sakamoto K, Wakabayashi I, Yoshimoto S i wsp. Effects of physical exercise and cold stimulation on serum testosterone level in men. *Nippon Eiseigaku Zasshi* 1991; 46: 635–638.
24. Przybyłowski J, Zborniak S, Obodyński K i wsp. Wpływ długotrwałego intensywnego wysiłku na stężenia we krwi aldosteronu, kortyzolu i niektóre parametry biochemiczne. *Med Sport* 2000; 106: 40–44.
25. Raastad T, Bjoro T, Hallen J. Hormonal responses to high and moderate-intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol* 2000; 82: 121–128.