

# WPLYW ZABIEGÓW KRIOTERAPII OGÓLNEJ I SAUNY NA STABILNOŚĆ POSTAWY CIAŁA

Agnieszka Pisula

*Katedra Fizjoterapii, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*

## 1 WPROWADZENIE

Stabilność wyprostnej postawy ciała człowieka uwarunkowana jest wysoce skoordynowanym współdziałaniem narządów biorących udział w zachowaniu równowagi, tj. układu przedsionkowego, proprioreceptorów i wzroku [9]. Stabilność postawy zależy od cech fizycznych osobnika takich, jak: masa ciała, wysokość, pole podstawy wyznaczone wielkością i rozstawem stóp, szybkości, z jaką układ nerwowy potrafi wykryć i skorygować zakłócenia stabilności [3]. Scalenie napływających z obwodu informacji odbywa się na wszystkich piętrach układu nerwowego. Ocena stabilności ciała może dostarczyć danych do oceny przebiegu procesu usprawniania ruchowego [8]. Człowiek z mechanicznego punktu widzenia jest niejednorodnym ciałem elastycznym, o skomplikowanym kształcie geometrycznym, ze środkiem ciężkości przemieszczającym się w czasie i przestrzeni [1]. Pozycja stojąca jest aktem ruchowym najbardziej wytrenowanym. Utrzymanie równowagi odbywa się za pomocą ewolucyjnie wykształconych mechanizmów równowagi, w wyniku działania procesów dynamicznych przebiegających poza naszą świadomością [6, 10]. Mechanizm ten wymaga precyzyjnej i skoordynowanej kontroli nerwowej oraz współpracy: narządu wzroku i równowagi w uchu wewnętrznym, mózdzku, a także innych części ośrodkowego układu nerwowego. Pośrednikiem w rejestracji i przetwarzaniu sygnałów aferentnych oraz generacji odpowiedzi eferentnej jest centralny układ nerwowy [5, 10, 13].

Przez równowagę człowieka rozumie się zdolność do utrzymania rzutu środka masy ciała

(*center of mass*, COM) wewnątrz powierzchni podparcia, wyznaczonej przez obrys stóp [10]. Proces utrzymywania równowagi w pozycji stojącej polega na ciągłej utracie i odzyskiwaniu równowagi. Zachowanie równowagi ciała w postawie stojącej realizuje się przez proces regulacji w pętli sprzężenia zwrotnego, w której układem sterującym jest układ nerwowy, a układem poddanym regulacji jest układ ruchu [4]. W utrzymaniu pozycji pionowej nie ma stanu stałej równowagi, można jednak mówić o stabilności, tj. o dochodzeniu do stałe traczonej równowagi [6]. Do oceny stabilności można posłużyć się sygnałem reprezentującym punkt przyłożenia siły wypadkowej reakcji podłoża (*center of pressure*, COP). Stanowi on superpozycję COM z korekcyjnym oddziaływaniem aparatu ruchu. COP jest sumą położenia rzutu środka masy COM oraz punktu przyłożenia wypadkowej sił sterujących odpowiedzialnych za utrzymanie równowagi [11]. Stabilność można w znacznym stopniu doskonalić, a w uszkodzeniach kontroli ośrodkowej równowagi istnieją duże możliwości wyrównawcze i przystosowawcze. Organizm człowieka jest stałocieplny i utrzymuje wewnętrzną temperaturę ciała w wąskim zakresie około 37,2°C, niezależnie od normalnie zmieniających się termicznych warunków środowiska. W medycynie fizykalnej stosuje się zabiegi lecznicze z zakresu ciepłolecznictwa ogrzewające i oziębiające, w tym od kilkunastu lat krioterapię i saunę. Ciepło i zimno działa na organizm częściowo antagonistycznie (np. różny wpływ na układ krążenia i przepływy krwi) oraz synergistycznie (np. usunięcie bólu, rozluźnienie mięśni, hamowanie procesu zapalnego).

Pod pojęciem krioterapii należy rozumieć bodźcowe, stymulujące stosowanie powierzchniowo niskich temperatur kriogenicznych (poniżej  $-100^{\circ}\text{C}$ ), ale działających bardzo krótko (od 1 do 3 minut) dla wywołania i wykorzystania fizjologicznych reakcji ustroju na zimno, w celu wspomaganie leczenia podstawowego i ułatwienia leczenia ruchem [16]. Wskazania do zabiegów kriogenicznych ogólnych są szerokie, a wpływ leczniczego działania krioterapii ogólnoustrojowej nie ogranicza się tylko do oddziaływania na zmiany chorobowe, ale na cały organizm. Wywołanie fizjologicznych reakcji na zimno kriogeniczne stwarza korzystne warunki postępowania rehabilitacyjnego niespotykane przy oddziaływaniu innego bodźca niż temperatura kriogeniczna [2]. Niskie temperatury powodują szereg reakcji, wśród których obserwuje się: zmniejszenie bólu, zmniejszenie obrzęku, rozluźnienie mięśni szkieletowych i poprawę siły mięśniowej, zintensyfikowanie przepływu krwi przez powłoki skórne, korzystny wpływ na strefę psychiczną chorego: nastrój ukojenia i uczucie relaksu psychosomatycznego [7].

Przebywanie człowieka w kriokomorze wywala w organizmie reakcje adaptacyjne termoregulacji. Zagadnienie to jest rzadko w literaturze poruszane i przez to mało znanym problemem. Wprowadzenie na szeroką skalę oziębiania skrajnie niskimi temperaturami do procesu leczenia wymaga jeszcze wielu bardzo szczegółowych badań w celu poznania mechanizmów i skutków jego oddziaływania na organizm pacjenta, w tym również na stabilność układu równowagi człowieka. Dlatego konieczne wydaje się przeprowadzenie badań podstawowych na grupie osób zdrowych, aby móc w przyszłości dokonać oceny i porównania z grupą pacjentów z dysfunkcją układu równowagi.

Zabiegiem przeciwstawnym do krioterapii jest sauna. Kąpiel w saunie jest połączeniem zabiegu przegrzewania ciała przy zastosowaniu gorącego i suchego powietrza z okresowym, krótkim oddziaływaniem dużego napięcia pola elektrycznego z następującym po całym zabiegu ochładzaniem ciała za pomocą zabiegów wodoleczniczych [15]. Stosowanie sauny wywiera silny wpływ na ustrój i przyczynia się do uczynienia i usprawnienia naturalnych odczynów ustroju na bodźce ciepła i zimna. Kwaśniewska-Błaszczak uważa, że różnorodne czynniki oddziałujące w saunie stanowią dla ustroju bodziec o dużym natężeniu, zdolny wywołać „rezonans

biologiczny” całego organizmu. Znanym powszechnie objawem przegrzania jest uczucie ospałości i obniżenie napięcia mięśni. Ochłodzenie po saunie eliminuje te objawy.

Różnica temperatur pomiędzy komorą sauny a kriokomorą wynosi około 230 K ( $230^{\circ}\text{C}$ ). Ciekawym zagadnieniem jawi się fakt, iż korzystnym efektem obu tych zabiegów jest obniżenie napięcia mięśniowego [15]. Ten komponent może mieć istotny wpływ na zachowanie się równowagi człowieka. Można przypuszczać, że reakcje na zabiegi, przebiegające w skrajnych warunkach temperaturowych kriokomor i sauny, poprzez zmianę napięcia mięśni i przebieg procesów nerwowych spowodują zmiany w mechanizmie utrzymywania równowagi, które znajdą odzwierciedlenie w jego mierzalnych parametrach. Sprawdzenie tego przypuszczenia stanowi cel i założenie podjętej pracy badawczej.

Jednym ze sposobów obserwowania procesów utrzymania równowagi jest badanie z użyciem platformy stabilograficznej oraz zapis ruchu punktu przyłożenia wypadkowej COP. Stale rozwijająca się technika stabilografii pozwala wyróżnić dwie metody pomiarów stabilności ciała człowieka. Pierwsza z nich nazywana tradycyjną [11], pozwala na obliczenie amplitudowych miar zmienności, wśród których możemy wyróżnić: zakres, odchylenie standardowe (zmienność), średnią prędkość tego sygnału i średni promień. Prieto i wsp. [11] przedstawili dużą bibliografię na temat metody tradycyjnej i jej walorów, szczególnie pod kątem wykorzystania do oceny sprawności układu równowagi u osób zdrowych. Mogą być one przydatnym narzędziem w diagnostyce zaburzeń równowagi [10, 14]. Niektórzy badacze stwierdzają jednak, iż metody tradycyjne pozwalają tylko na pomiar skutków zaburzeń stabilności postawy jako ich zewnętrznego reprezentanta, nie dając odpowiedzi na pytanie dotyczące etiologii ich wystąpienia. Sygnały analizowane metodą tradycyjną są obarczone zarzutami dotyczącymi niestacjonarności sygnału, pracochłonności, niedokładności pomiarów COM, trudności interpretacji pomiaru COP oraz przydatności w ocenie stabilności równowagi. Poszukując nowych możliwości i rozwiązań, M. Kuczyński w roku 1998 zaproponował model lepko-sprężysty układu równowagi, bazujący na sygnale różnicy między przebiegami czasowymi COP i COM. Uzyskany sygnał rezydualny jest stacjonarny. Pozwala on na bazie modelu

autoregresji drugiego rzędu wyznaczyć następujące parametry: margines stabilności, częstotliwość pikową, lepkość i tłumienie. Charakterystyczną ich cechą jest symulacja sił działających w procesie równowagi. Szczegółowy ich opis umieszczono w rozdziale dotyczącym metody. Wykazują one dużą wrażliwość zarówno na patologię, jak i manipulacje eksperymentalne u ludzi zdrowych. Są czułymi wskaźnikami zbliżania się COM do granicy stabilności, co jest mało skuteczne przy stosowaniu miar tradycyjnych.

Metodę tę można zastosować również do sprawdzenia wpływu krioterapii ogólnoustrojowej na organizm człowieka, gdzie różnica temperatur pomiędzy komorą kriogeniczną a temperaturą w poczekalni wynosi około 150°C, bezpośrednio po wyjściu oraz po upływie 15 minut, podczas których pacjent przebiera się i przygotowuje do ćwiczeń kinezyterapeutycznych w myśl szeroko pojętej kriorehabilitacji. W analogiczny sposób można wykorzystać badanie stabilności u osoby poddanej kąpieli w saunie, gdzie różnica temperatur pomiędzy kabiną sauny a odpoczywalnią wynosi około 80°C.

Nie znaleziono w literaturze doniesień innych autorów na temat równowagi ciała osób zdrowych poddanych tym dwóm skrajnym stymulacjom termicznym. W 2000 roku ukazał się artykuł mojego współautorstwa opisujący badania pilotażowe przeprowadzone w kriokomorze [12]. Jedyne informacje oceniające równowagę ciała dotyczą chorych na stwardnienie rozsiane (SM) przy zastosowaniu krioterapii ogólnoustrojowej. Podczas tych badań zaobserwowano wyraźną poprawę parametrów stabilności pozycji stojącej na statokinezygramie [14]. Podobnych informacji nie uzyskałam, szukając doniesień dotyczących zachowania się równowagi podczas zabiegów w saunie.

## 2 CEL PRACY I PYTANIA BADAWCZE

Celem pracy było porównanie wpływu przegrzewania w saunie z oziębianiem w kriokomorze na stabilność postawy ciała w pozycji stojącej osób zdrowych, przy zachowanej kontroli wzrokowej.

## 3 MATERIAŁ I METODA BADAWCZA

W badaniu wzięło udział 74 studentów i studentek wrocławskich uczelni w wieku 22-29 lat

(średnia wieku 25,5 lat). Wszystkie osoby wyraziły pisemną zgodę na badania i przeprowadzono je w okresie od marca do maja 2001 roku, w godzinach południowych. Badania podzielone zostały na dwa etapy. Badania w kriokomorze wykonane zostały po około 2 miesiącach od badań w saunie. W pierwszym etapie osoby uczestniczące w badaniach zostały poddane jednorazowemu zabiegowi nagrzewania w saunie, a podczas drugiego jednorazowej ekspozycji w kriokomorze. Jako metodę oziębiania zastosowano ekspozycję całego ciała w kriokomorze. Jako metodę nagrzewania pobyt w saunie fińskiej. Zabiegi ciepłolecznicze zostały przeprowadzone według standardowej metodyki postępowania w fizykoterapii. Pomiar stabilograficzny zostały przeprowadzone przed każdą ekspozycją (B1), bezpośrednio po niej (B2) i 15 minut po drugim pomiarze (B3). Z doświadczeń przy wykorzystaniu krioterapii miejscowej przeprowadzonych przez Yamauchi, Nogami i Miura wynika, iż temperatura skóry po 14 minutach od zakończenia zabiegu nadmuchu parami ciekłego azotu powraca do temperatury właściwej sprzed zabiegu, dlatego też zaproponowano przeprowadzenie badań stabilograficznych po okresie readaptacji, czyli w 15 minucie od opuszczenia kriokomorzy i sauny.

Pomiar stabilności postawy ciała odbywał się za pomocą platformy sił (stabilografu) przy oczach otwartych. Jest to urządzenie, wykorzystujące czujniki tensometryczne pozwalające na rejestrowanie punktu przyłożenia wypadkowej siły (siły ciężkości osoby stojącej na platformie oraz siły pochodzącej od ruchów jej stóp, umożliwiających utrzymanie równowagi) działających na poziomą płytę. Układ jest zasilany napięciem przemiennym ze wzmacniacza pomiarowego Spider 8 firmy Hottinger Balwin Messtechnik GMBH. Częstotliwość próbkowania wynosi 20 Hz.

## 4 METODY ANALIZY STATYSTYCZNEJ

Wszystkie obliczenia statystyczne wykonano, korzystając z programu *STATISTICA*. Została zbadana jednorodność wariancji w porównywanych grupach oraz rozkład normalny ich cech testem Kołmogorowa-Smirnowa. Następnie zastosowano dwa rodzaje analizy wariancji w dalszych procedurach statystycznych:

- analizę wariancji trójczynnika MANOVA dla prób niezależnych,
  - analizę wariancji trójczynnika MANOVA dla prób zależnych,
- uwzględniając 2 rodzaje stymulacji, 2 płaszczyzny (czołową i strzałkową oraz 3 badania).

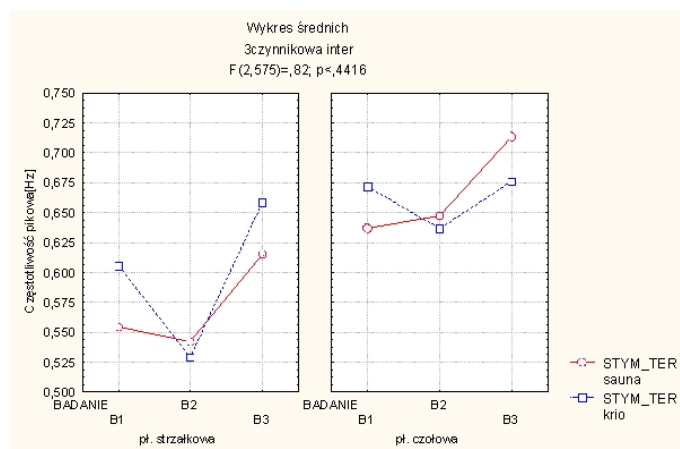
Jeżeli główny efekt analizy wariancji wykazał istotność różnic, przeprowadzano dokładniejszą analizę, wykorzystując do tego celu test post-hoc Scheffego (test wielokrotnych porównań). Za kryterium istotności statystycznej przyjęto wartość  $p < 0,05$ .

Uzyskany sygnał przekształcano, otrzymując wyniki w dwóch modelach parametrów: tradycyjnym i lepko-sprężystym. Pierwszy z nich pozwala na obliczenie amplitudowych miar zmienności, wśród których możemy wyróżnić: zakres, odchylenie standardowe (zmienność), średnią prędkość tego sygnału i średni promień. Drugi model lepko-sprężysty bazuje na sygnale różnicy między przebiegami czasowymi COP i COM. Pozwala on na bazie modelu autoregresji drugiego rzędu wyznaczyć: margines stabilności, częstotliwość pikową, lepkość i tłumienie. Porównanie parametrów równowagi odbywało się przez porównanie średnich arytmetycznych poszczególnych wskaźników przy oziębianiu z analogicznymi przy ogrzewaniu.

## 5 WYNIKI

Wykorzystując analizę wariancji, dokonano oceny wpływu stymulacji termicznej na parametry stabilności w dwóch modelach, tradycyjnym i lepko-sprężystym. Wartości wszystkich parametrów stabilności w obu modelach przedstawiono w tabelach i na wykresach (według załączonego przykładu na rys. 1 parametr częstotliwość pikowa – FP [Hz]). Pozwalają one na analizę i ocenę kierunku i wielkości zmian parametrów przy jednoczesnym kontrolowaniu wpływu wszystkich trzech czynników. W szczególowej analizie zmian średnich arytmetycznych wielkości parametrów poszukuje się cech, które przez powtarzalność mogą być charakterystyczne dla reakcji na oziębianie i/lub przegrzewanie oraz dla różnic między tymi reakcjami i mogły zdecydować o efekcie prostym. Efekt prosty (główny) pozwala na ogólną ocenę działania osobno każdego czynnika (zmiennej niezależnej) na poszczególne parametry stabilności,

przez obliczenie testu F oraz oznaczenie poziomu istotności zaistniałych różnic, bez rozróżniania (kontrolowania) wpływu pozostałych czynników.



Rys. 1. Porównanie wartości średnich częstotliwości pikowej (FP) podczas stymulacji termicznej w kriokomorze i saunie.

Wyniki przeprowadzonego badania dotyczą dwóch okresów obserwacji. Okres pierwszy to stymulacja termiczna w kriokomorze lub w saunie oraz okres drugi to 15 minutowy odpoczynek w przeciętnej temperaturze pokojowej. Okres pierwszy nazwano okresem krio dla stymulacji w kriokomorze i okresem sauny dla stymulacji w saunie. Okres drugi nazwano okresem readaptacji po krio i okresem readaptacji po saunie.

W interpretacji wyników powinno się brać pod uwagę procesy, które mogą się odbywać w tych okresach. W okresie stymulacji wyzwalane są reakcje na skrajne zimno i skrajne gorąco, do których należą reakcje nerwowe, mięśniowe, naczyniowe, hormonalne i inne. W następnym okresie następuje zahamowanie stymulacji. Nie jest to jednak równoznaczne z prostym cofnięciem się reakcji i powrotem do stanu przed stymulacją. Organizm pozostaje pod wpływem szybko lub wolno cofających się reakcji, i różnego typu pozostałości po nich i po zastosowanej stymulacji. Ponadto w okresie readaptacji odbywa się proces zapamiętania bodźca w reagujących strukturach, dzięki czemu przy powtórnych stymulacjach reakcje są bardziej celowe. Reakcje rozwinięte w procesie ontogenezy w różnych warunkach nie zawsze odpowiadają warunkom stymulacji zastosowanej w badaniu, co aktualnie może wiązać się z reakcjami mniej trafnymi i jakby „przesterowanymi”.

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, iż stymulacja termiczna, zarówno

w saunie, jak i w kriokomorze, spowodowała znaczne zmiany wielkości wszystkich mierzonych parametrów stabilności. Stymulacja i readaptacja w saunie spowodowała uzyskanie wyższych wartości parametrów amplitudowych niż w kriokomorze z zachowaniem tego samego kierunku zmian. Pod wpływem obydwóch stymulacji termicznych parametry lepko-sprężyste zmalały, a w okresie readaptacji wrosły do wartości wyższych niż przed stymulacją. Obie stymulacje termiczne spowodowały wzrost parametrów amplitudowych, a w okresie readaptacji ich zmniejszenie. Wzrost ten był silniej zaznaczony w saunie niż w kriokomorze. Różnice reakcji pomiędzy parametrami lepko-sprężystymi i amplitudowymi, potwierdzają przypuszczenie, iż mierzą one inne elementy stabilności.

Ekstremalna stymulacja w kriokomorze to maksymalne pobudzenie receptorów zimna, a zatem maksymalna impulsacja ośrodków zatrzymania ciepła w mózgu i wywołanie maksymalnej reakcji przystosowawczej, oraz należy przyjąć, że również maksymalne pobudzenie receptorów nocycyptywnych – alarmujących organizm o ekstremalnym zagrożeniu w wyniku bardzo szybkiego obniżania temperatury ciała. Ekstremalna stymulacja w saunie to podobnie maksymalne pobudzenie receptorów ciepła i maksymalna impulsacja ośrodków wydalania ciepła z wywoływaniem maksymalnej reakcji wydalania ciepła, oraz należy przyjąć, że również maksymalne pobudzenie receptorów nocycyptywnych – alarmujących organizm o ekstremalnym zagrożeniu w wyniku gwałtownego narastania temperatury ciała. W obu sytuacjach występują zatem jakby dwie części reakcji: swoista reakcja na ciepło lub zimno i nieswoista reakcja na bodziec zagrożenia o charakterze stresora. Reakcje swoiste to zgodnie z zasadami termoregulacji zmiany w rozkładzie krwi, centralizacja (w zimnie) lub decentralizacja (w przegrzaniu) z poceniem się i odpowiednio zmiany ciśnienia tętniczego, wzrost w zimnie, spadek w gorącu.

W opisywanym eksperymencie, pod wpływem stymulacji termicznej, w zakresie reakcji stresowej prawdopodobnie mamy do czynienia tylko z fazą reakcji alarmowej. Nosi ona charakter reakcji nieswoistej. Reakcja alarmowa, czyli pierwsza faza stresu biologicznego (wg Selye'go) polega na wydzielaniu adrenaliny i prawie jednoczesnym pobudzeniu osi przysadkowo-nadnerczowej z wydzielaniem hormonów

sterydowych. Ponieważ przeprowadzono tylko jednorazową stymulację u osób zdrowych w każdych warunkach temperaturowych, można przypuszczać, że mechanizmy obrony i adaptacji zadziałały prawidłowo. Można przypuszczać, iż reakcje parametrów stabilności na ekstremalne stymulacje termiczne są częścią nieswoistej reakcji stresowej.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Balcewicz A., Błacha R., 1998. *Posturografia jako metoda oceny koordynacji wzrokowo-ruchowej, wzrokowej kontroli równowagi i czucia kinestetycznego*. W: Aktywność ruchowa w świetle badań fizjologicznych i promocji zdrowia, pod red. Zatonia M., Jethona Z. Wrocław, AWF, 137-152.
- 2) Bauer J., Skrzek A., 1997. *Fizjologiczne podstawy krioterapii*, Acta Bio-Optica et Informatica Medica, 3, 115-120.
- 3) Błaszczak J.W., 1993. *Kontrola stabilności postawy ciała*, Kosmos, 42, 2, 473-486.
- 4) Bober T., Zawadzki J., 2001. *Biomechanika układu ruchu człowieka*, Wydawnictw BK, Wrocław.
- 5) Dietz V. 1992. *Human neuronal control of automatic functional movements: interaction between control programs and afferents input*, Physiol. Rev. 72, 33-69.
- 6) Golema M., 1987. *Stabilność pozycji stojącej*, Studia i Monografie AWF we Wrocławiu zeszyt 17.
- 7) Gregorowicz H., 1992. *Wpływ ogólnoustrojowej krioterapii na wybrane wskaźniki hemodynamiczne i wentylacji płuc w schorzeniach reumatycznych*, AWF Wrocław (rozprawa doktorska).
- 8) Kabsch A., 1998. *Pomiar wybranych parametrów ruchu i testowanie cech fizycznych człowieka*, w: „Rehabilitacja medyczna” Milanowska K., Dega W., PZWL, 1992, 193-206.
- 9) Kubickowa J., Kubiczek-Jagielska M., Kuczyński M., 1999. *Posturografia w ocenie sprawności układu równowagi*, Biblioteka Prospera Meniere'a, vol 3., nr 4, 7-55.
- 10) Kuczyński M., 2003. *Model lepko-sprężysty w badaniach stabilności postawy człowieka*, Studia i Monografie AWF Wrocław.
- 11) Kuczyński M., 2000. *Regulacja pozycji pionowej człowieka: od metod do mechanizmów*, Człowiek i ruch, Wrocław, 2, 2, 34-41.
- 12) Kuczyński M., Pisula A., Łazowski J., 2000. *The effect of cryotherapy on body stability*, Current research in motor control, AWF Katowice, 125-129.
- 13) Maission J., 1994. *Postural control – system*, Curr Opin Neurobiol, 4, 6, 877 - 887.
- 14) Mraz M., Skrzek A., Gruszka E., 1999. *Wpływ postępowania fizjoterapeutycznego z wykorzystaniem krioterapii ogólnoustrojowej u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym na stabilność i równowagę pozycji stojącej*, Medycyna Sportowa, 97, 36.
- 15) Straburzyński G., Straburzyńska-Lupa A., 1997. *Medycyna fizykalna*, PZWL, Warszawa.
- 16) Wawrowska A., 1992. *Wpływ ogólnoustrojowej krioterapii na organizm osób zdrowych i chorych reumatycznych ze szczególnym uwzględnieniem stężeń wybranych hormonów, beta-endorfin i keto-PGF alfa*, AWF Wrocław, (rozprawa doktorska).