

ZMIANY WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW FIZJOLOGICZNYCH ORAZ OCENA STRESU CIEPLNEGO POD WPŁYWEM KĄPIELI W SAUNIE SUCHEJ I MOKREJ U MŁODYCH ZDROWYCH KOBIEC

CHANGES IN SELECTED PHYSIOLOGICAL INDICATORS AND THERMAL STRESS ASSESSMENT
UNDER THE INFLUENCE OF BATHS IN A DRY AND WET SAUNA IN YOUNG HEALTHY WOMEN

Wanda Pilch¹, Anna Piotrowska¹, Olga Czerwińska-Ledwig¹, Roxana Zuziak¹, Marcin Maciejczyk²,
Łukasz Tota², Marek Bawelski², Tomasz Pałka²

Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie / University of Physical Education, Kraków, Poland

¹ Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Zakład Biochemii i Podstaw Kosmetologii / Faculty of Motor Rehabilitation, Department of Biochemistry and Basics of Cosmetology

² Instytut Nauk Biomedycznych, Zakład Fizjologii i Biochemii / Institute of Biomedical Sciences, Department of Physiology and Biochemistry

STRESZCZENIE

Wstęp: Kąpiele w saunie suchej i w łaźni parowej ze względu na różny stopień obciążenia cieplnego wywołują też różne reakcje organizmu. Duża wilgotność powietrza w saunie mokrej utrudnia parowanie potu ze skóry. Ponadto dynamika pocenia się jest różna u kobiet i mężczyzn. Celem pracy była analiza zmian wskaźników fizjologicznych oraz porównanie wpływu sauny suchej i mokrej na odczucie komfortu cieplnego ocenianego w skali termicznej Bedforda, a także zbadanie wielkości obciążenia fizjologicznego (*physiological strain index* – PSI) i skumulowanego wskaźnika obciążeń cieplnych (*cumulative heat stress index* – CHSI) u młodych zdrowych kobiet. **Materiał i metody:** W badaniach wzięło udział 10 kobiet w wieku 22–24 lat. Pomiary w obu typach sauny prowadzono w fazie folikularnej cyklu miesięcznego. Każda sesja trwała 60 min i składała się z trzech 15-minutowych ekspozycji cieplnych z 5-minutowymi przerwami na odpoczynek i schłodzenie wodą. Temperatura w saunie suchej wynosiła $91 \pm 1,2^\circ\text{C}$, w mokrej – $59 \pm 1,3^\circ\text{C}$; wilgotność powietrza, odpowiednio: $18 \pm 0,7\%$ i $60,5 \pm 0,8\%$. Dokonano pomiarów masy ciała, ciśnienia skurczowego (*systolic blood pressure* – SBP) i rozkurczowego (*diastolic blood pressure* – DBP), częstości skurczów serca (*heart rate* – HR), temperatury rektalnej (T_{re}) i odczuć termicznych według skali Bedforda. Wyliczono współczynniki obciążenia fizjologicznego: PSI oraz CHSI. **Wyniki:** Po saunie suchej średnie ubytki masy ciała badanych kobiet były istotnie wyższe niż po kąpielu w saunie mokrej. Po zabiegu w saunie mokrej zaobserwowano istotnie większe przyrosty T_{re} oraz HR. Oba zabiegi powodowały wzrost SBP. Podczas obu kąpieci ciśnienie rozkurczowe ulegało obniżeniu. Subiektywne odczucie uciążliwości zabiegu oraz PSI i CHSI było większe podczas kąpieci w saunie mokrej. **Wnioski:** Ekspozycja cieplna w saunie mokrej stanowi większe obciążenie dla organizmu młodych kobiet niż taki sam zabieg w saunie suchej, a zmiany badanych cech są większe od tych, które zaobserwowano u mężczyzn poddanych podobnym obciążeniom termicznym. Med. Pr. 2019;70(6)

Słowa kluczowe: temperatura ciała, sauna sucha, sauna mokra, stres cieplny, odczuwanie temperatury, obciążenie fizjologiczne

ABSTRACT

Background: There are differences between dry and wet sauna baths because of the heat load and human body's reactions. High humidity in a wet sauna makes evaporation of sweat from the skin surface more difficult. In addition, the dynamics of sweating is different in men and women. The aim of the study was to assess changes in physiological indicators and to compare the impact of dry and wet saunas on the thermal comfort feeling, which was assessed using the Bedford thermal scale, and the physiological strain index (PSI) and the cumulative heat stress index (CHSI) in young healthy women. **Material and Methods:** Ten women aged 22–24 years took part in the study. A session in each sauna lasted 60 min and consisted of 3 thermal 15-min exposures, in 5-min intervals for rest and cooling with water. The temperature in the dry sauna was $91 \pm 1.2^\circ\text{C}$ and in the wet sauna $59 \pm 1.3^\circ\text{C}$, while the humidity was $18 \pm 0.7\%$ and $60.5 \pm 0.8\%$, respectively. Body weight, systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR), rectal temperature (T_{re}) and the thermal sensation (Bedford scale) were also measured. The PSI and CHSI values were both calculated. **Results:** The average weight loss after a dry sauna bath was significantly higher than after a wet sauna bath. Significantly higher increases in T_{re} , as well as in HR were observed after treatment in the wet sauna, compared to the dry sauna. Both treatments resulted in an increase in SBP and a decrease in DBP. The arduousness of thermal discomfort and the levels of PSI and CHSI were

greater in the wet sauna bathing than in the dry sauna. **Conclusions:** Heat exposure in the wet sauna creates a greater burden for young women's bodies than the same dry sauna treatment, and the changes observed in the examined traits were higher than in men subjected to similar thermal loads. *Med Pr.* 2019;70(6)

Key words: body temperature, dry sauna, wet sauna, heat stress, temperature sense, physiological strain

Autorka do korespondencji / Corresponding author: Anna Piotrowska, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Zakład Biochemii i Podstaw Kosmetologii, al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków, e-mail: anna.piotrowska@awf.krakow.pl
Nadesłano: 22 marca 2019, zatwierdzono: 23 maja 2019

WSTĘP

Z kąpeli w saunie jako jednej z form odnowy biologicznej często korzystają sportowcy, jak również osoby niezajmujące się profesjonalnie sportem. W ośrodkach odnowy biologicznej, w hotelach i ośrodkach SPA dostępne są różnego typu sauny, w których działanie bodźca cieplnego skojarzone jest z wilgotnością o różnym nasileniu. W Polsce, jak i w innych krajach Europy, największą popularnością cieszą się sauna sucha zwana fińską oraz sauna mokra (parowa) zwana również z rosyjskiego – banią.

Kąpiel w saunie fińskiej odbywa się nago, w pomieszczeniu, w którym panuje temperatura 70–100°C i niska wilgotność względna powietrza (5–15%). Po wylaniu wody na rozgrzane kamienie rozchodząca się para wodna wywołuje uczucie nagłego zwiększenia wilgotności (wzrasta ona do 50%) i temperatury w pomieszczeniu. Po wyjściu z sauny następuje ochłodzenie ciała. W tradycji fińskiej po pobycie w saunie zalecana jest kąpiel w jeziorze lub w morzu, a zimą – w przereźbli lub śniegu. Przegrzewanie i ochładzanie ciała odbywa się zazwyczaj 2 lub 3 razy w czasie jednego zabiegu i kończy się zawsze ochłodzeniem organizmu.

Inną formą kąpeli cieplnej jest łaźnia parowa, zwana również sauną parową lub mokrą, a w Rosji – banią. Temperatura w saunie parowej waha się w granicach 40–60°C, ale duża wilgotność (40–60%) sprawia, że temperatura odczuwalna jest znacznie wyższa. Kąpiel przebiega identycznie jak w przypadku sauny fińskiej [1].

W czasie korzystania z sauny bardzo szybko dochodzi do podwyższenia temperatury skóry, podczas gdy temperatura wewnętrzna organizmu rośnie wolniej. Jeżeli ekspozycja na podwyższoną temperaturę przedłuża się, to nawet przy najsprawniejszych mechanizmach termoregulacyjnych następuje kumulacja ciepła w organizmie, czego skutkiem jest postępujący wzrost temperatury wewnętrznej [2].

Jednym z mechanizmów termoregulacyjnych, najsprawniej działającym w warunkach wysokiej tempe-

ratury i niskiej wilgotności otoczenia, jest pocenie się i parowanie wody z powierzchni skóry. Zwiększone wydzielanie potu po wejściu do komory sauny rozpoczyna się już po pierwszych 3 min, jednak jego największa produkcja następuje po upływie ok. 10 min [3]. Skutkiem utraty wody z potem jest obniżenie masy ciała, zatem stopień odwodnienia organizmu można oszacować, mierząc ubytek masy ciała [4]. Zasadniczo ubytek wielkości 1 kg masy ciała odpowiada 1 l wydzielanego potu [5].

Kąpiel zarówno w suchej, jak i mokrej saunie wpływa na funkcjonowanie całego organizmu. Mechanizmy termoregulacyjne uruchomiane podczas korzystania z ciepło-zimnych kąpeli wywołują szereg dobrze poznanych reakcji w układach sercowo-naczyniowym, dokrewnym oraz oddechowym [6]. Stres termiczny obciąża układ krążenia, co przejawia się zwiększeniem częstości skurczów i pojemności minutowej serca. Częstość skurczów serca wzrasta liniowo wraz z temperaturą powietrza w saunie, ale jest też zależna od wilgotności. Zwiększa się średnio o 60% wielkości wyjściowej przy temperaturze 80°C, o 90% przy temperaturze 100°C, ale o 130% przy temperaturze 80°C w środowisku o dużej wilgotności [7]. Wzrost częstości skurczów serca przy jednoczesnej wazodylatacji powoduje zwiększenie pojemności minutowej serca nawet o ok. 6,6 l/min [8]. Zwiększenie pojemności minutowej nie jest jednak powodowane zwiększeniem objętości wyrzutowej serca. Rozszerzenie naczyń przedwłosowatych części żyłnej i tętnicznej oraz naczyń skóry wywołuje zmniejszenie oporu obwodowego. Zmiany te z kolei powodują poprawę krążenia w skórze i mięśniach szkieletowych [7].

Dostępne w literaturze dane dotyczące zmian ciśnienia skurczowego (SBP) po kąpeli w saunie nie są jednoznaczne. Część autorów wskazuje na umiarkowany wzrost SBP po kąpeli cieplnej [7,9], inni badacze – na spadek, zwłaszcza przy dłuższym pobycie w saunie [3]. Ciśnienie rozkurczowe natomiast najczęściej ulega obniżeniu [3,10]. Kierunek zmian ciśnienia tętniczego skur-

czowego zależy przed wszystkim od tego, w jakim stopniu spadek obwodowych oporów naczyniowych jest równoważony poprzez zwiększenie pojemności minutowej serca [10]. Do znacznego wzrostu ciśnienia dochodzi podczas zabiegów oziębiających ciało (od 150/85 mm Hg do 250/150 mm Hg) [11]. Wskazuje się, że reakcja organizmu na stres termiczny może być zależna od poziomu wytrenowania i adaptacji układu sercowo-naczyniowego [12], a ekspozycja na ekstremalne warunki środowiskowe suchej sauny nie zakłóca znacząco homeostazy termicznej u osób zdrowych.

Zmiany hemodynamiczne wywołane przez ogrzewanie organizmu są skutecznie kompensowane przez układ sercowo-naczyniowy i nie wywierają negatywnych skutków na krótkookresowy potencjał regulacyjny [13]. Ze względu na aktywację układu krążeniowo-oddechowego podczas kąpieli w saunie fińskiej jest ona zalecana nawet osobom z zaburzeniami sercowo-naczyniowymi i oddechowymi [13,14].

Wielkość obciążenia cieplnego podczas wysiłku fizycznego ocenia się przez pomiar zmiany temperatury wewnętrznej, natomiast ogólne obciążenie mechanizmów fizjologicznych pokazuje wskaźnik obciążenia fizjologicznego (*physiological strain index* – PSI) [15] i/lub skumulowany wskaźnik obciążeń cieplnych (*cumulative heat strain index* – CHSI) [16,17]. Wskaźniki te tylko raz zostały wykorzystane do oceny obciążenia cieplnego podczas pasywnego ogrzewania organizmu – u mężczyzn [18]. Nie ma jak dotąd doniesień podających wzrost temperatury wewnętrznej, obciążenie układu krążenia, wzrost temperatury rektalnej, subiektywne odczucia komfortu cieplnego, jak również PSI i CHSI pod wpływem kąpieli w saunie suchej i mokrej u kobiet.

Celem pracy była ocena zmian wskaźników fizjologicznych oraz porównanie wpływu sauny suchej i mokrej na odczucia komfortu cieplnego (według skali termicznej Bredforda) oraz wielkości ich obciążenia fizjologicznego (PSI i CHSI) u młodych zdrowych kobiet.

MATERIAŁ I METODY

Grupę badaną stanowiło 10 kobiet w wieku 22–24 lat, które wcześniej nie korzystały z sauny. Udział w badaniach był dobrowolny. Uczestniczki zostały powiadomione o możliwości przerwania udziału w eksperymencie w dowolnym momencie, bez poniesienia żadnych konsekwencji z tego powodu. Badania były prowadzone za zgodą Komisji Bioetycznej przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Krakowie, a zastosowane procedury były zgodne z Deklaracją Helsińską.

Kobiety biorące udział w badaniach nie pracowały fizycznie ani nie uprawiały aktywności fizycznej [współczynnik poziomu aktywności fizycznej (*physical activity level* – PAL) oceniany według *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ): 1,2]. Obserwacji dokonano we wczesnej fazie folikularnej (5–8 dzień cyklu miesięczkowego) badanych, co wymusiło miesięczną przerwę między pomiarami w saunie suchej i mokrej.

Każda sesja w saunie trwała 60 min. Składały się na nią 3 ekspozycje po 15 min z 5-minutowymi przerwami. Kąpiele odbywały się w pozycji półleżącej. W trakcie przerw uczestniczki schładzały ciało bieżącą wodą o temperaturze 22°C przez 2 min, po czym odpoczywały. Temperatura w saunie suchej wynosiła 91±1,2°C, w mokrej – 59±1,3°C; wilgotność powietrza, odpowiednio: 18±0,7% i 60,5±0,8%.

Badane kobiety ważono nago przed kąpielą i po niej z wykorzystaniem wagi BC-545 (prod. Tanita, Japonia). Częstość skurczów serca rejestrowano za pomocą pulsometru typu P-3000 (prod. Polar Elektro, Finlandia). Do odczytu ciśnienia tętniczego krwi – skurczowego (*systolic blood pressure* – SBP) oraz rozkurczowego (*diastolic blood pressure* – DBP) – posłużył sfigmomanometr rtęciowy (prod. Tech-med, Polska). Mierzono również temperaturę rektalną (T_{re}) termometrem elektronicznym CTF 9004 (prod. Ellab, Dania) oddającym pomiar z dokładnością 0,1°C. Częstość skurczów serca oraz temperaturę rektalną mierzono w 4 punktach kontrolnych: przed kąpielą oraz w 5, 10 i 15 min każdej ekspozycji cieplnej w saunie. Ciśnienie skurczowe i rozkurczowe mierzono przed kąpielą i po zakończeniu pełnej sesji. Uczestniczki w czasie pobytu w saunie oceniały subiektywne odczucia termiczne oraz definiowały je według 7-stopniowej skali Bedforda (w tej samej sekwencji czasowej co pomiary częstości skurczów serca i temperatury) [19]. W skali tej wartość 1 oznacza, że badanemu jest za zimno (*much too cool*), 2 – za chłodno (*too cool*), 3 – przyjemnie chłodno (*comfortable cool*), 4 – przyjemnie (*comfortable*), 5 – przyjemnie ciepło (*comfortable warm*), 6 – za ciepło (*too warm*), 7 – za gorąco (*much too warm*).

Wskaźnik PSI obliczono na podstawie zmian temperatury rektalnej i częstości skurczów serca według równania Moran i wsp. [15] (wyniki przedstawione są w skali 0–10):

$$PSI = 5(T_{ref} - T_{re0}) \times (39,5 - T_{re0})^{-1} + 5(HR_t - HR_0) \times (180 - HR_0)^{-1} \quad (1)$$

gdzie:

T_{ref} – końcowa temperatura rektalna,

T_{re0} – początkowa temperatura rektalna,

HR_t – końcowa częstość skurczów serca,
 HR_0 – początkowa częstość skurczów serca.

Wskaźnik CHSI zaproponowany przez Franka i wsp. odzwierciedlający dynamikę zmian hipertermii i krążenia został opisany wzorem [16]:

$$CHSI = \left[\sum_0^t hb - \int_{c_0}^t \times t \right] \times 10^{-3} \times \left[\int_0^t T_{re} \times dt - T_{re0} \times t \right] \quad (2)$$

gdzie:

$\left[\sum_0^t hb - \int_{c_0}^t \times t \right]$ – zbiór wszystkich skurczów serca w czasie całej ekspozycji do początkowej częstości skurczów serca,
 $\left[\int_0^t T_{re} \times dt - T_{re0} \times t \right]$ – obliczone jest ze zmian temperatury.

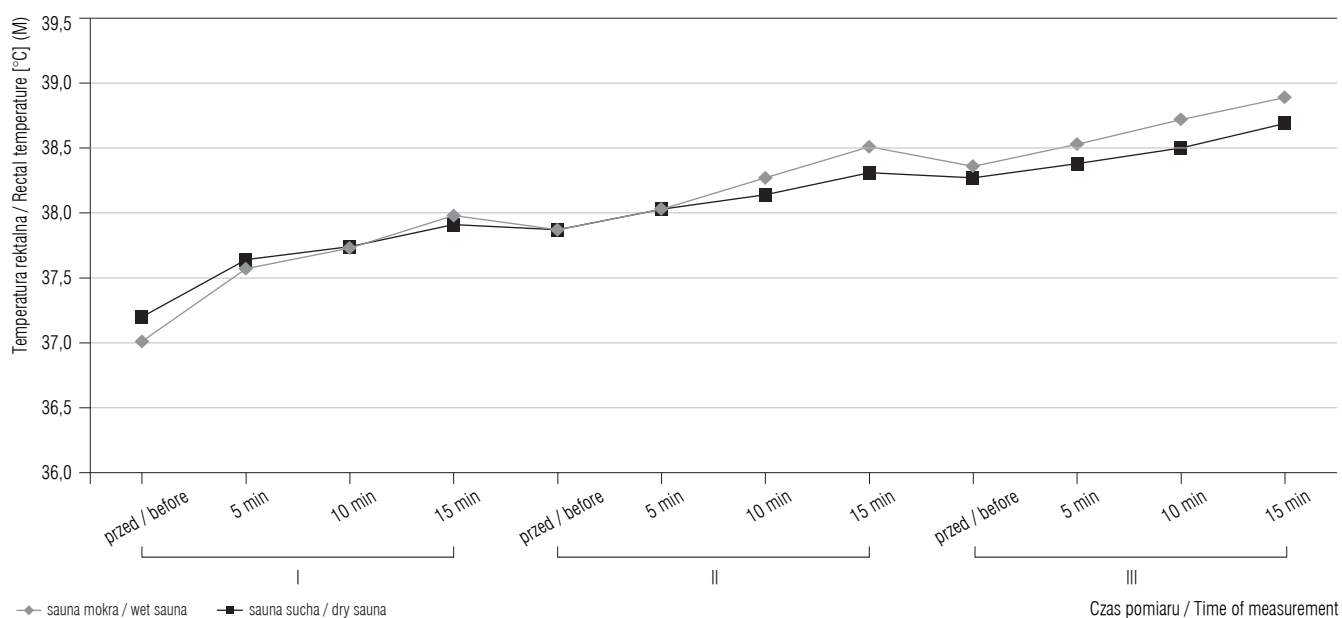
Metody statystyczne

Wyznaczono podstawowe charakterystyki liczbowe badanych zmiennych oraz za pomocą testu Shapiro-Wilka sprawdzono zgodność rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym. Jeśli rozkład nie był normalny, do testowania różnic średnich stosowano testy nieparametryczne: test Wilcozona w przypadku prób zależnych i test Manna-Whitneya w przypadku prób niezależnych. Za statystycznie istotną różnicę pomiędzy średnimi przyjęto poziom $p < 0,05$. W celu oceny współzależności pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami wyliczono współczynnik Spearmana.

WYNIKI

Średnie ubytki masy ciała badanych kobiet po kąpielu w saunie suchej były istotnie wyższe niż po kąpielu w saunie mokrej (odpowiednio: $\Delta 0,37$ kg vs $\Delta 0,25$ kg, $p < 0,05$). U badanych zaobserwowano istotnie większe przyrosty T_{re} po zabiegu w saunie mokrej w porównaniu ze zmianami po kąpielu w saunie suchej (odpowiednio: $\Delta 1,88^\circ\text{C}$ vs $\Delta 1,49^\circ\text{C}$, $p < 0,05$) (rycina 1). Po ekspozycji w saunie mokrej odnotowano też istotnie większe przyrosty częstości skurczów serca (HR). Pobytu w obu łaźniach powodowały wzrost SBP badanych – większy w łaźni mokrej, a mniejszy w łaźni suchej. Ciśnienie rozkurczowe ulegało obniżeniu podczas obu typów kąpielu (tabela 1, rycina 2).

Badane kobiety oceniały odczucia termiczne przy pomocy skali Bedforda (rycina 3). Dyskomfort termiczny, odczuwany podczas kąpielu w saunie suchej i mokrej, wzrastał w podobnym stopniu w czasie kolejnych ekspozycji w sesji. Poprawiał się nieznacznie w czasie przerw na schładzanie organizmu i wypoczynek. Odczucia kobiet z każdym kolejnym pobylem w saunie osiągały coraz wyższe wartości, co oznaczało narastającą uciążliwość kąpielu ciepłych. Pomiedzy pierwszą a ostatnią minutą całej serii kąpielu odnotowano znaczący wzrost subiektywnej oceny dyskomfortu



I – pierwsza kąpiel / first entry, II – druga kąpiel (po odpoczynku termicznym) / second entry (after thermal rest), III – trzecia kąpiel (po odpoczynku termicznym) / third entry (after thermal rest).

Rycina 1. Zmiany średniej temperatury rektalnej badanych kobiet przed kąpielą oraz podczas kąpielu w saunie suchej i mokrej
Figure 1. A comparison of changes in the average rectal temperatures in the studied women, before and during a bath in the dry and wet sauna

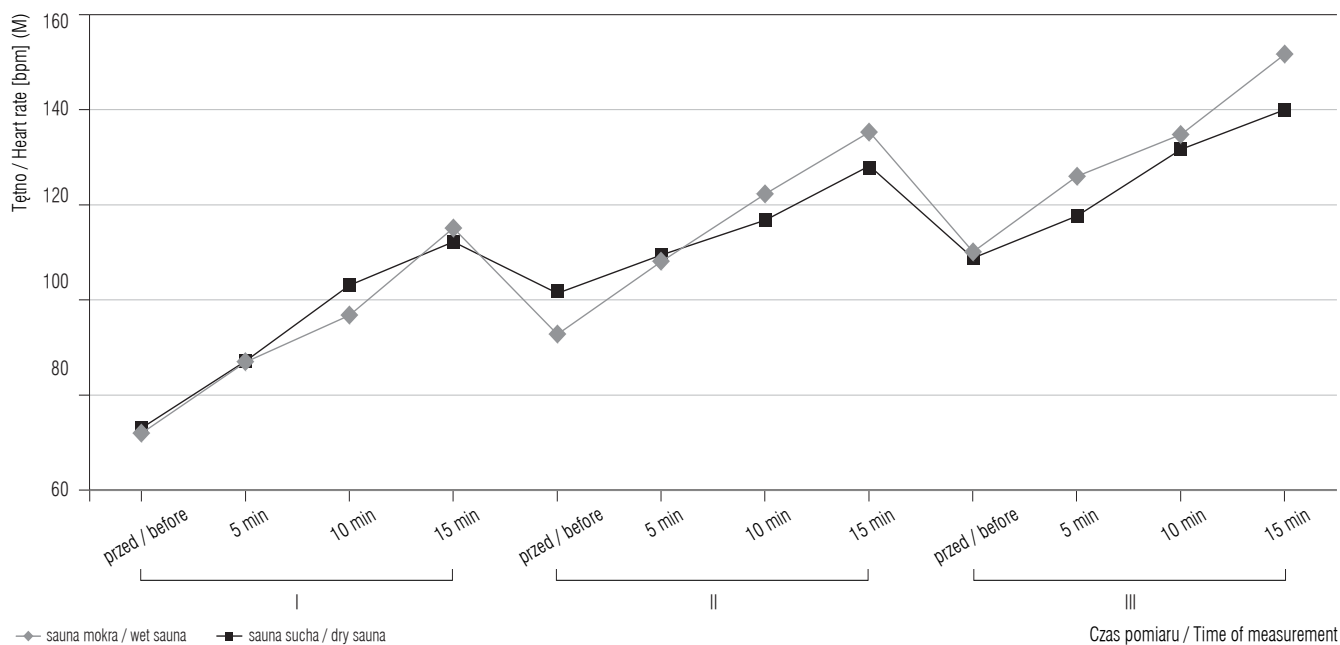
Tabela 1. Zmiany masy ciała oraz wybranych wskaźników fizjologicznych pod wpływem kąpeli w saunie suchej i mokrej u młodych zdrowych kobiet**Table 1.** Changes in the body mass and selected physiological indicators, caused by dry and wet sauna baths, in young healthy women

Zmienna Variable	Sucha sauna Dry sauna			Sauna mokra Wet sauna		
	przed kąpielą w saunie before the sauna bath	po kąpeli w saunie after the sauna bath	Δ	przed kąpielą w saunie before the sauna bath	po kąpeli w saunie after the sauna bath	Δ
Masa ciała / Body mass [kg] (M±SD)	63,85±1,53	63,48±1,43	-0,37*	63,24±1,53	62,99±1,58	0,25***
T _{re} [°C] (M±SD)	37,20±0,13	38,69±0,08	1,49*	37,01±0,11	38,89±0,11	1,88***
HR [bpm] (M±SD)	73,1±1,84	140,0±1,49	66,9*	72,0±1,28	151,7±1,99	79,7***
SBP [mm Hg] (M±SD)	120,1±0,79	128,3±0,96	8,2*	122,0±1,78	134,0±0,56	12,0***
DBP [mm Hg] (M±SD)	79,1±0,72	73,8±0,29	-5,3*	77,0±0,76	68,7±0,16	-8,2***

DBP – ciśnienie rozkurczowe / diastolic blood pressure, HR – częstość skurczów serca / heart rate, SBP – ciśnienie skurczowe / systolic blood pressure, T_{re} – temperatura rektalna / rectal temperature.

* Istotność różnic przed kąpielą i po niej w saunie na poziomie p < 0,05 / Statistical significance of the differences in the parameters before and after the sauna bath at p < 0.05.

** Istotność różnic pomiędzy sauną suchą i mokrą na poziomie p < 0,05 / Statistical significance of the differences between the dry and wet sauna at p < 0.05.

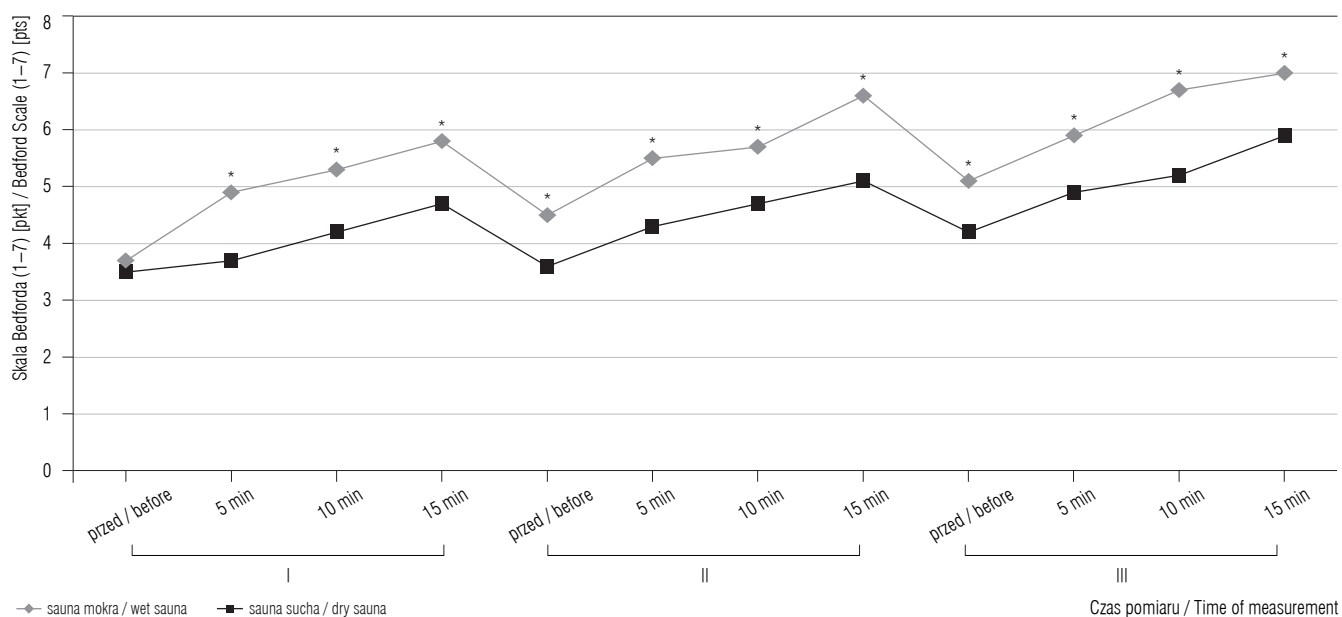


Objaśnienia jak na rycinie 1 / Explanations as in Figure 1.

Rycina 2. Porównanie zmian średniej częstości skurczów serca u badanych kobiet przed kąpielą oraz podczas kąpeli w saunie suchej i mokrej**Figure 2.** A comparison of changes in the average heart rate in the studied women, before and during a bath in the dry and wet sauna

termicznego (odpowiednio: o 2,4 pkt w saunie suchej i o 3,3 pkt w mokrej, p < 0,05). W każdym punkcie pomiarowym odczucia zgłaszane przed badane w saunie suchej przyjmowały istotnie statystycznie niższe wartości niż odczucia badanych w saunie mokrej.

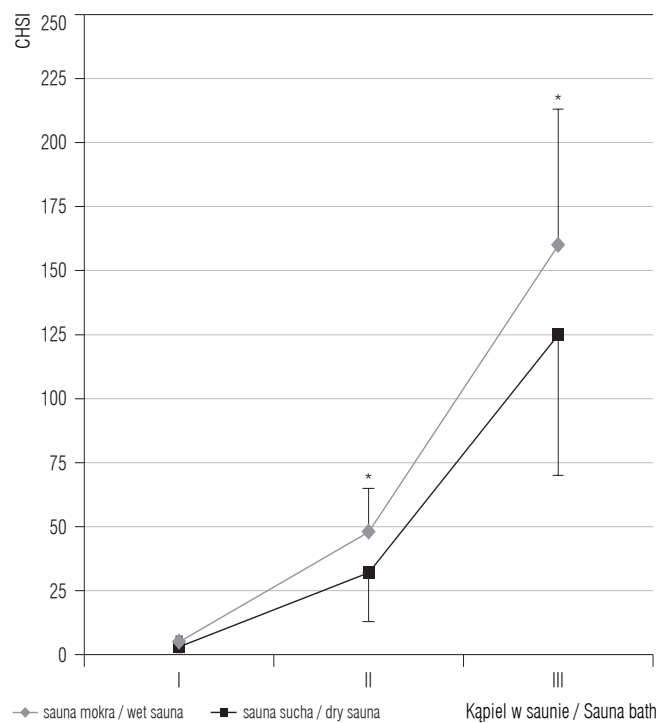
Wskaźniki PSI i CHSI były istotnie wyższe (p < 0,05) podczas kąpeli w saunie mokrej niż w suchej (ryciny 4 i 5). W obu kąpielach wskaźniki były skorelowane z odczuciami termicznymi Bedforda (dla sauny suchej: r = 0,61 dla PSI, r = 0,52 dla



* Istotność różnic przed wejściem i po każdym wejściu do sauny na poziomie $p < 0,05$ / Significance of the differences in the parameters before and after each entry to the sauna, at the level of $p < 0.05$.

Pozostałe objaśnienia jak na rycinie 1 / Other explanations as in Figure 1.

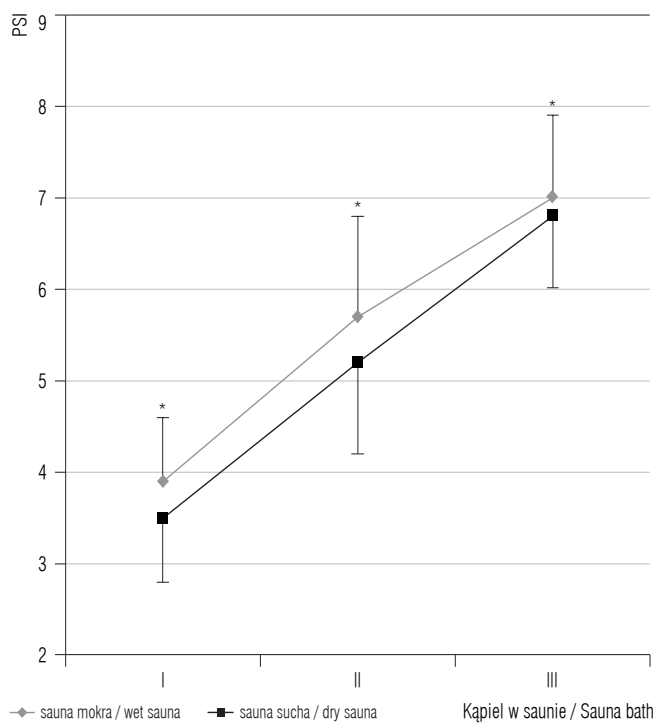
Rycina 3. Odczucia termiczne badanych kobiet przed kąpielą oraz podczas kąpieli w saunie suchej i mokrej
Figure 3. Thermal sensations of the studied women before and during a bath in the dry and wet sauna



Objaśnienia jak na rycinie 1 i 3 / Explanations as in Figure 1 and 3.

Rycina 4. Zmiany skumulowanego wskaźnika obciążeń cieplnych (CHSI) podczas kąpieli w saunie suchej i mokrej

Figure 4. Changes in the cumulative heat strain index (CHSI) during a bath in the dry and wet sauna



Objaśnienia jak na rycinie 1 i 3 / Explanations as in Figure 1 and 3.

Rycina 5. Zmiany wskaźnika obciążenia fizjologicznego (PSI) w trakcie kąpieli w saunie suchej i mokrej

Figure 5. Changes in the physiological strain index (PSI) during a bath in the dry and wet sauna

CHSI, dla sauny mokrej: $r = 0,68$ dla PSI, $r = 0,59$ dla CHSI).

OMÓWIENIE

Ekspozycja na wysoką temperaturę w saunie fińskiej stanowi ogromne wyzwanie dla organizmu człowieka. Temperatura powietrza znacznie przekracza temperaturę wewnętrzną, czego efektem jest przenikanie ciepła do wnętrza ciała w wyniku konwekcji. Organizm wówczas odruchowo uruchamia mechanizmy, które usuwają nadmiar ciepła i utrzymują wewnętrzną temperaturę na stałym poziomie. Już po kilku minutach kąpieli ciepłych w saunie następuje szybki wzrost temperatury ciała. Temperatura skóry rośnie szybciej w stosunku do temperatury wewnętrznej [10]. Dalsza ekspozycja na podwyższoną temperaturę powoduje koncentrację ciepła w organizmie i wzrost temperatury wewnętrznej. W czasie 20-minutowej kąpieli temperatura wewnętrzna ciała może wzrosnąć nawet o 4°C [6], jednak nie osiąga ona wartości 40°C [7]. Zwiększenie temperatury wewnętrznej uzależnione jest od warunków panujących w komorze sauny [20]. Utrudnione parowanie potu w warunkach dużej wilgotności nie sprzyja usuwaniu nadmiaru ciepła, przez co dochodzi do szybszego przyrostu temperatury wewnętrznej organizmu, co zaobserwowali w badaniu autorzy niniejszego artykułu. Temperatura rektalna badanych kobiet po kąpieli w saunie mokrej osiągnęła istotnie wyższe wartości niż w suchej (odpowiednio: $38,9^{\circ}\text{C}$ i $38,7^{\circ}\text{C}$) i była w obu przypadkach wyższa niż u mężczyzn, którzy poddani byli identycznym zabiegom saunowym (odpowiednio: $38,5^{\circ}\text{C}$ i $38,05^{\circ}\text{C}$) [18].

Niniejsze badania wykazały istotnie większy (0,37 kg) ubytek masy ciała badanych kobiet po kąpieli w saunie suchej. Po kąpieli w saunie mokrej utrata masy ciała badanych wynosiła 0,25 kg. W podobnych badaniach przeprowadzonych w grupie mężczyzn w saunie suchej i mokrej ubytki masy ciała spowodowane termicznym odwodnieniem były znacznie większe (po obu formach kąpieli) [18]. Mniejsze odwodnienie kobiet w porównaniu z mężczyznami po kąpielach w saunie zaobserwowane w niniejszych badaniach wynikało prawdopodobnie z mniejszej zawartości wody w organizmie kobiet oraz większej zawartości tkanki tłuszczowej, która jest izolatorem i opóźnia proces pocenia, co potwierdzili Watson i wsp. [21]. Pocenie u kobiet rozpoczyna się znacznie później i jest mniej nasilone niż u mężczyzn, którzy odwadniają się intensywniej [22,23].

W przeprowadzonych badaniach wykazano również różnicę w ubytku masy ciała badanych kobiet w zależności od warunków ekspozycji cieplnej (wysokości temperatury i wilgotności powietrza). Wysoka wilgotność panująca w saunie mokrej ograniczała parowanie potu z powierzchni skóry. Zalegający na powierzchni skóry pot znacząco utrudnia pracę gruczołów potowych – zmniejsza ilość produkowanego potu oraz uniemożliwia jego odparowywanie, a tylko parujący pot odbiera ciepło (ze względu na wysokie ciepło parowania wody) [24]. Nieodparowany pot usuwany w postaci kropli nie ma wpływu na termoregulację.

Obciążenie układu krążenia osób przebywających w saunie spowodowane jest wzrostem ich temperatury wewnętrznej zależnej od działania ciepła, wilgoci, czasu trwania zabiegu termicznego oraz aktywacji układu hormonalnego. Wzrost temperatury wewnętrznej powoduje zwiększenie skórnego przepływu krwi, co prowadzi do redystrybucji krwi. Przepływ krwi przez trzewia zostaje zmniejszony o 0,6 l/min, przez nerki – o 0,4 l/min, podczas gdy mięśniowy przepływ krwi praktycznie nie ulega zmianom (do 0,2 l/min). Skórny przepływ krwi zwiększa się nawet 20–40 razy. Częstość skurczów serca w tym czasie może zwiększyć się ponad 2-krotnie w stosunku do poziomu spoczynkowego [25]. Zmiany te mogą być bardziej nasilone u kobiet w związku z fizjologicznie mniejszą objętością krwi krążącej.

Przy systematycznych kąpielach w saunie zmiana częstości skurczów serca może nie ulegać tak dużemu zwiększeniu jak przy jednorazowym wejściu, co wskazuje na zaadaptowanie organizmu do bodźca cieplnego [26].

W niniejszym badaniu odnotowano przyrost średniej częstości skurczów serca u kobiet – do 140 bpm (SD = 1,49) w saunie suchej, przy początkowej wartości 73,1 bpm (SD = 1,84), i do 151,7 bpm (SD = 1,99) w saunie mokrej, przy początkowej wartości 72,0 bpm (SD = 1,28). W saunie mokrej u badanych wystąpił większy przyrost HR, co świadczy o większym obciążeniu układu krążenia. Przyczyną jest duża wilgotność i utrudnione usuwanie ciepła z organizmu, co wpływa na zwiększoną aktywację układu sercowo-naczyniowego.

Wpływ kąpieli w różnych typach sauny na SBP badanych okazuje się niejednoznaczny [9,10]. Zmiany ciśnienia krwi odnotowane po kąpieli w saunie zależą od rodzaju sauny, czasu trwania kąpieli oraz stopnia adaptacji zażywających kąpieli osób, a przede wszystkim od stopnia, w jakim obniżenie oporów naczyniowych na obwodzie kompensowane jest poprzez zwiększenie pojemności minutowej serca. Zmiany SPB po ekspozycji

w saunie są różnicowane (odnotowano zarówno wzrost SBP, jak i jego obniżenie lub brak zmian) [10]. Różnice wynikają prawdopodobnie z różnych stanów napięciowych wegetatywnego układu nerwowego badanych [11]. Ciśnienie skurczowe może ulec podwyższeniu przy zwiększeniu wilgotności powietrza w saunie oraz przy nagłym oziębieniu ciała [11]. W przypadku DBP badania wskazują na jego spadek, nieliczni autorzy odnotowali brak zmian [10,28]. U kobiet biorących udział w niniejszym badaniu SBP istotnie zwiększyło się zarówno po kąpielu w saunie suchej, jak i mokrej. Istotnie większe przyrosty SBP wystąpiły po kąpielu w saunie mokrej, co mogło być spowodowane zwiększoną wilgotnością powietrza oraz większym wzrostem T_{re} i HR. Ciśnienie rozkurczowe u badanych kobiet w obu przypadkach uległo istotnemu spadkowi. W saunie suchej zmalało o 5,3 mm Hg, natomiast w saunie mokrej – o 8,2 mm Hg. U mężczyzn poddanych podobnym bodźcom zmalało w większym stopniu (odpowiednio o: 15 i 20 mm Hg) [18]. Różnice reakcji fizjologicznych mogą wiązać się ze wskazywaną już od dawna przez badaczy słabszą tolerancją stresu cieplnego u kobiet [27].

Według wiedzy autorów niniejszego artykułu dotychczasowe badania nie wykazały, czy sauny parowe wywołują taki sam stopień reakcji fizjologicznych jak sauny suche [28] (ponieważ wyższa wilgotność powoduje kondensację wody na skórze i zmniejszenie parowania [29]). Badania autorów wykazały odmienną odpowiedź fizjologiczną organizmu kobiet na kąpiel w saunie suchej i mokrej.

Wpływ ekspozycji cieplnej na subiektywne odczucia człowieka nie został dostatecznie zbadany. Komfort cieplny definiuje się jako stan zadowolenia z warunków cieplnych otoczenia, gdy zachowana jest równowaga cieplna ludzkiego organizmu [30]. W niniejszym eksperymencie grupę 10 kobiet poddano próbie oceny własnego odczucia termicznego na podstawie 7-stopniowej skali Bedforda. W odczuciach termicznych badanych przebywających w saunie suchej i mokrej wystąpiły znaczne różnice (2,4 pkt w saunie suchej i 3,3 pkt w mokrej, $p < 0,05$). Kobiety dużo lepiej tolerowały pobyt w saunie suchej, gdzie wilgotność powietrza była niższa, a temperatura wyższa niż w saunie mokrej. Duża wilgotność w saunie mokrej powodowała dyskomfort termiczny. Wykładnikiem tego były odczucia termiczne: po zakończeniu kąpielu w saunie suchej podawano maks. 6 pkt (za ciepło), a w mokrej – 7 pkt (za gorąco).

Aby ocenić obiektywnie fizjologiczne obciążenie cieplne oraz odpowiedź układu krążenia podczas ką-

pielu w saunie, korzystano z 2 fizjologicznych indeksów: PSI i CHSI. Wskaźnik PSI opracowany przez Moran i wsp. [15] pozwala na ocenę ogólnego obciążenia fizjologicznego. Odzwierciedla on obciążenie zarówno układu sercowo-naczyniowego, jak i układu termoregulacyjnego ustroju. Zmiany częstości skurczów serca wynikają z odpowiedzi układu sercowo-naczyniowego na bodziec termiczny, a zmiany temperatury rektalnej – z wydajności układów termoregulacyjnych, na którą składa się efektywność rozpraszania ciepła oraz jego produkcja w wyniku przemian metabolicznych. Ocena obciążenia fizjologicznego jest istotna dla wyznaczenia fizjologicznej wytrzymałości oraz ochrony przed nadmiernym działaniem bodźca termicznego na organizm [15]. Wskaźnik CHSI może być używany do wyznaczenia obciążenia cieplnego u osób poddanych stresowi cieplnemu związanemu z wysiłkiem fizycznym. Podobnie jak PSI oparty jest na zmianach temperatury i częstości skurczów serca. Dla zmian temperatury jest to pole pod krzywą hipertermii, a dla zmian częstości skurczów serca – liczba uderzeń serca na minutę [16].

Oceniane w badaniach autorów indeksy PSI i CHSI były podwyższone podczas obu form kąpielu w saunie, jednak istotnie większe przyrosty obserwowano podczas kąpielu w saunie mokrej, co świadczy o większym obciążeniu fizjologicznym organizmu; tę formę zabiegu powinno się polecać jedynie osobom zdrowym.

WNIOSKI

Sauna mokra, w której wilgotność powietrza była znacznie wyższa niż w saunie suchej, przyczyniła się do większego obciążenia fizjologicznego organizmów młodych kobiet. Objawiało się to istotnym zwiększeniem temperatury ciała i częstości skurczów serca oraz uzyskaniem wyższych wartości indeksów obciążenia fizjologicznego. Również w subiektywnej ocenie kobiet pobyt w saunie mokrej był większym obciążeniem. Konieczne jest zatem informowanie osób korzystających z zabiegów w saunie suchej i mokrej o możliwych reakcjach układu krążenia, aby zapewnić im bezpieczeństwo przy jednoczesnym zachowaniu dobroczynnego wpływu sauny na organizm.

PIŚMIENNICTWO

1. Tyka A., Klukowski K.: Co należy wiedzieć o saunie: jak korzystać z kąpielu cieplnych. Medical Tribune Polska, Warszawa 2011, ss. 128–131

2. Shoenfeld Y., Sohar E., Ohry A., Shapiro Y.: Heat stress: comparison of short exposure to severe dry and wet heat in saunas. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1976;57(3):126–129
3. Laukkanen J.A., Laukkanen T., Kunutsor S.K.: Cardiovascular and Other Health Benefits of Sauna Bathing: A Review of the Evidence. *Mayo Clin. Proc.* 2018;93(8):1111–1121, <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2018.04.008>
4. Pilch W., Szyguła Z., Żychowska M., Gawinek M.: The influence of sauna training on the hormonal system of young women. *J. Hum. Kinet.* 2003;9:19–30
5. Maughan R.J., Shirreffs S.M., Leiper J.B.: Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J. Sport. Sci.* 2007;25(7):797–804, <https://doi.org/10.1080/02640410600875143>
6. Pawłowski J., Pawłowska M.P., Bochyński R.: Sauna i jej znaczenie w treningu zdrowotnym człowieka. *Med. Og. Nauk. Zdrow.* 2015;21(3):282–288, <https://doi.org/10.5604/20834543.1165354>
7. Kukkonen-Harjula K., Kauppinen K.: Health effects and risks of sauna bathing. *Int. J. Circumpolar Health* 2006; 65:195–205, <https://doi.org/10.3402/ijch.v65i3.18102>
8. Kihara T., Biro S., Imamura M., Yoshifuku S., Takasaki K., Ikeda Y. i wsp.: Effects of repeated sauna treatment on ventricular arrhythmias in patients with chronic heart failure. *Circ. J.* 2004;68(12):1146–1151, <https://doi.org/10.1253/circj.68.1146>
9. Hannuksela M.L., Ellahham S.: Benefits and risks of sauna bathing. *Am. J. Med.* 2001;110(2):118–126, [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(00\)00671-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(00)00671-9)
10. Hussain J., Cohen M.: Clinical effects of regular dry sauna bathing: a systematic review. *Evid. Based Compl. Alternat. Med.* 2018;24:1857413, <https://doi.org/10.1155/2018/1857413>
11. Sawicka A., Brzostek T., Kowalski R.: Effects of sauna bath on the cardiovascular system. *Rehabil. Med.* 2007;11(1):15–22
12. Żychowska M., Nowak-Zaleska A., Chruściński G., Zaleski R., Mieszkowski J., Niespodziński G. i wsp.: Association of high cardiovascular fitness and the rate of adaptation to heat stress. *Biomed. Res. Int.* 2018:1685368, <https://doi.org/10.1155/2018/1685368>
13. Zalewski P., Zawadka-Kunikowska M., Bomko J., Szrajda J., Klawe J., Tafil-Klawe M. i wsp.: Cardiovascular and thermal response to dry-sauna exposure in healthy subjects. *Physiol. J.* 2014:106049, <https://doi.org/10.1155/2014/106049>
14. Kunutsor S.K., Laukkanen T., Laukkanen J.A.: Sauna bathing reduces the risk of respiratory diseases: a longterm prospective cohort study. *Eur. J. Epidemiol.* 2017;32(12): 1107–1111, <https://doi.org/10.1007/s10654-017-0311-6>
15. Moran D.S., Shitzer A., Pandolf K.B.: A physiological strain index to evaluate heat stress. *Am. J. Physiol.* 1998;275: 129–134, <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1998.275.1.R129>
16. Frank A., Belokopytov M., Shapiro Y., Epstein Y.: The cumulative heat strain index – a novel approach to assess the physiological strain induced by exercise-heat stress. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2001;84(6):527–532, <https://doi.org/10.1007/s004210000368>
17. Pokora I., Żebrowska A.: Application of a physiological strain index in evaluating responses to exercise stress – a comparison between endurance and high intensity intermittent trained athletes. *J. Hum. Kinet.* 2016;50:103–114, <http://doi.org/10.1515/hukin-2015-0142>
18. Pilch W., Szyguła Z., Palka T., Pilch P., Cison T., Wiecha S. i wsp.: Comparison of physiological reactions and physiological strain in healthy men under heat stress in dry and steam heat saunas. *Biol. Sport* 2014;31(2):145–149, <https://doi.org/10.5604/20831862.1099045>
19. Fanger P.O.: Thermal comfort. Danish Technical Press, Copenhagen 1970, ss. 38–62
20. Lee E., Laukkanen T., Kunutsor S.K., Khan H., Willeit P., Zaccardi F. i wsp.: Sauna exposure leads to improved arterial compliance: Findings from a non-randomised experimental study. *Eur. J. Prev. Cardiol.* 2018;25(2):130–138, <https://doi.org/10.1177/2047487317737629>
21. Watson P.E., Watson I.D., Batt R.D.: Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 1980; 33(1):27–39, <https://doi.org/10.1093/ajcn/33.1.27>
22. Pilch W., Szyguła Z., Torii M.: Effect of the sauna-induced thermal stimuli of various intensity on the thermal and hormonal metabolism in woman. *Biol. Sport.* 2007;24(4): 357–373
23. Pilch W., Szyguła Z., Tyka A., Kita B., Emmerich J.: Wpływ stosowania jednorazowych i powtarzanych kąpieli saunowych na zmiany wybranych wskaźników fizjologicznych u kobiet. *Pol. J. Sport. Med.* 1994;36:20–22
24. Shoenfeld Y., Sohar E., Ohry A.: Heat stress: comparison of short exposure to severe dry and wet heat in saunas. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1976;57(3):126–129
25. Crinnion W.J.: Sauna as a valuable clinical tool for cardiovascular, autoimmune, toxicant induced and other chronic health problems. *Altern. Med. Rev.* 2011;16(3):215–225
26. Leppaluoto J., Tuominen M., Vaananen A., Karpakka J., Vuori J.: Some cardiovascular and metabolic effects of repeated sauna bathing. *Acta Physiol. Scand.* 1986;128:77–81, <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1986.tb07952.x>
27. Kenney W.L.: A review of comparative responses of men and women to heat stress. *Environ. Res.* 1985;37(1):1–11, [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(85\)90044-1](https://doi.org/10.1016/0013-9351(85)90044-1)
28. Buono M.J., Martha S.L., Heaney J.H.: Peripheral sweat gland function. but not whole-body sweat rate. increases in women following humid heat acclimation. *J. Therm.*

-
- Biol. 2010;35(3):134–137, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2010.01.004>
29. Zech M., Bosel S., Tuthornetal M.: Sauna, sweat and science – quantifying the proportion of condensation water versus sweat using a stable water isotope ($2\text{H}/1\text{H}$ and $18\text{O}/16\text{O}$) tracer experiment. *Isotopes Environ. Health Stud.* 2015;51(3):439–447, <https://doi.org/10.1080/10256016.2015.1057136>