

# Termowizyjna analiza zmian temperatury powierzchni skóry po zabiegu sauny suchej u osób zdrowych

Thermovision analysis of the skin temperature changes after sauna exposition in healthy subjects

Paweł Zalewski<sup>1</sup>, Joanna Pawlak<sup>1</sup>, Jacek J. Klawe<sup>1</sup>, Małgorzata Tafil-Klawe<sup>2</sup>, Andrzej Lewandowski<sup>3</sup>, Izabela Panowicz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Katedra i Zakład Higieny i Epidemiologii, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. M. Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz, tel. +48 (52) 585 36 16, e-mail: p.zalewski@cm.umk.pl

<sup>2</sup> Katedra Fizjologii, Zakład Fizjologii Człowieka, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Karłowicza 24, 85-092 Bydgoszcz

<sup>3</sup> Katedra i Zakład Nauk o Kulturze Fizycznej Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Świętojańska 20, 85-877 Bydgoszcz

<sup>4</sup> Klinika Uzdrawiskowa „Pod Tężniami” im. Jana Pawła II w Ciechocinku, ul. Warzelniana 7, 87-720 Ciechocinek

## Streszczenie

Sauna sucha (fińska) jest zabiegiem ciepłoleczniczym, stosowanym powszechnie od wielu lat na całym świecie. Celem pracy było przedstawienie wstępnych wyników badań w zakresie termowizyjnej analizy wpływu zabiegu sauny suchej na dynamikę zmian temperatury w obrębie wybranych obszarów powierzchni ciała. Powierzchniowy efekt ogrzania organizmu na skutek zabiegu w suchej saunie (fińskiej) jest różny w różnych miejscach na ciele pacjenta. W pracy wykazano, że w badanych obszarach ciała już po 40 minutach od zabiegu w saunie obserwowano powrót do zakresu temperatur zarejestrowanych przed zabiegiem.

**Słowa kluczowe:** sauna sucha, ocena termowizyjna, temperatura powierzchni skóry

## Abstract

Finnish sauna offers a thermotherapy treatment, well known worldwide. The aim of the study was to present the preliminary report concerning the influence of Finnish sauna on skin body temperature changes. The thermovision analysis revealed the statistically significant differences between mean temperatures after application of sauna. Thermovision examination confirmed that 40 minutes after sauna, the body temperature, returned to the initial value.

**Key words:** Finnish sauna, thermovision analysis, body skin temperature

## Wstęp

Sauna sucha (fińska) jest zabiegiem ciepłoleczniczym, stosowanym na całym świecie w sportowej odnowie biologicznej, rekreacji i terapii [1, 2, 4].

Klasyczna kąpiel w saunie fińskiej obejmuje naprzemienne przegrzewanie ciała gorącym, suchym powietrzem oraz ochładzanie za pomocą zimnych zabiegów wodolecznicznych [1, 3]. Temperatura w saunie wynosi od 70 °C do 100 °C, wilgotność powietrza mieści się w zakresie 10-20%. Wylanie wody na rozgrzane kamienie, znajdujące się na piecu ogrzewającym wnętrze sauny, powoduje gwałtowny wzrost wilgotności powietrza

nawet do 50%. Pobyt w saunie powinien trwać od 10 do 15 minut. Po każdym przegrzaniu ciała następuje ochładzanie np. zimnym prysznicem. Pełen zabieg obejmuje naprzemienne przegrzewanie i ochładzanie ciała powtarzane 2- lub 3-krotnie, zakończone odpoczynkiem [1, 3, 5]. Intensywność oddziaływania sauny zwiększa się poprzez wzrost temperatury, wilgotności powietrza, czasu przebywania w kabinie oraz poprzez warunki ochładzania. Zabiegi w saunie są treningiem eliminacji mechanizmów ciepła oraz powodują stosunkowo niewielką i krótkotrwałą hipertermię [1, 3].

Ekspozycja organizmu na ciepło powoduje reakcje w organizmie, których głównym celem jest ochrona organizmu przed przegrzaniem. Uruchomione zostają mechanizmy obniżające temperaturę, z których najważniejsze są zmiany w układzie krążenia oraz pocenie [1, 2, 3].

Zabieg w saunie powoduje zarówno wzrost średniej temperatury skóry, jak i temperatury ciała. O zmianach temperatury ciała decydują: czas ekspozycji, temperatura, wilgotność otoczenia oraz sprawność mechanizmów termoregulacyjnych. Wzrost temperatury skóry powoduje rozszerzenie skórnych naczyń tętniczych i wzrost przepływu krwi przez te naczynia. Przy wzroście temperatury ciała o 1 °C, skórny przepływ krwi wzrasta dwu-, lub nawet trzykrotnie. Następującemu w trakcie korzystania z sauny termoregulacyjnemu rozszerzeniu naczyń skórnych towarzyszy kompensacyjne zmniejszenie przepływu krwi przez trzewny obszar naczyniowy i nerki [1].

Podczas pobytu w saunie w dystalnych częściach kończyn dochodzi do rozszerzenia skórnych naczyń krwionośnych – na skutek hamowania tonicznej aktywności współczulnych włókien nerwowych. W proksymalnych częściach kończyn i w skórze tułowia rozszerzenie naczyń krwionośnych zależy głównie od cholinergicznym włókien potowych, odpowiedzialnych za wydzielanie potu. Pot zawiera kalikreinę, która po przekształceniu w bradykininę za pośrednictwem receptora  $\beta_2$  i NO powoduje rozszerzenie skórnych naczyń krwionośnych. Największa ilość gruczołów potowych znajduje się na skórze klatki piersiowej i kończyn. Objętość potu wydzielanego w saunie wynosi około 0,6-1,0 kg/godz. Zwiększone wydzielanie potu powoduje zmniejszenie objętości osocza i utratę jonów, m.in. 270 mmol Na<sup>+</sup>, 35 mmol K<sup>+</sup>, 210 mmol Cl<sup>-</sup>, co przyczynia się do wzrostu wydzielania reniny i aktywności układu renina-angiotensyna-aldosteron [1, 2].

## Cel, materiał i metody

Celem pracy było przedstawienie wstępnych wyników termowizyjnego badania wpływu zabiegu w suchej saunie na dynamikę zmian temperatury w obrębie wybranych obszarów powierzchni ciała.

## Charakterystyka badanych osób

Grupa badawcza składała się z 9 losowo wybranych ochotników (tylko mężczyzn). Charakterystyka podstawowych cech biologicznych osób biorących udział w badaniu (średnia  $\pm$  odchylenie): wiek  $26,7 \pm 3,03$  lat; masa ciała  $81,5 \pm 11,09$  kg; wzrost  $1,79 \pm 0,02$  m; wskaźnik masy ciała BMI (*Body Mass Index*)  $25,0 \pm 2,72$  kg/m<sup>2</sup>; wskaźnik powierzchni ciała BSA (*Body Surface Area*)  $2,0 \pm 0,13$  m<sup>2</sup>; spoczynkowe ciśnienie skurczowe sBP (*systolic Blood Pressure*)  $128,6 \pm 8,41$  mmHg; spoczynkowe ciśnienie rozkurczowe dBP (*diastolic Blood Pressure*)  $77,6 \pm 6,59$  mmHg (tabela 1). Głównymi kryteriami kwalifikacji do badań, poza wyrażeniem dobrowolnej zgody na udział w badaniu, były: płeć badanych osób; stwierdzenie braku jakichkolwiek przeciwwskazań do zabiegu w suchej saunie.

## Zabieg w suchej saunie

Każda osoba została poddana 15-minutowemu zabiegowi w saunie fińskiej. Temperatura w saunie wahała się w granicach  $100\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ , przy wilgotności nieprzekraczającej 34-45%. W celu wykluczenia wpływu zimnego natrysku na dynamikę zmian temperatury, zrezygnowano z polewania zimną wodą.

## Termowizyjny pomiar temperatury powierzchni ciała

Pomiary temperatury przeprowadzono techniką termowizyjną. Metoda opiera się na bezinwazyjnej detekcji i rejestracji emisji promieniowania podczerwonego z obszaru powierzchni skóry badanych osób. Emitowane promieniowanie podczerwone przez organizm jest ściśle związane z temperaturą powierzchni ciała. Warunki badania ustalono zgodnie z wytycznymi *European Association of Thermology* (Wiedeń 1993), które uwzględniają zarówno standardy wykonywania zdjęć termowizyjnych, jak i przygotowania badanych osób [6-9].

Rejestrację termowizyjną za pomocą kamery ThermaCAM P640 firmy Flir System prowadzono w pomieszczeniu o temperaturze 23-24 °C, przy wilgotności względnej 25-30%, przy zachowaniu minimalnego ruchu oraz względnego braku zanieczyszczeń powietrza. Przeprowadzono następujące pomiary:

Tabela 1 Ogólna charakterystyka badanych osób

Cecha	Grupa badawcza (n=9) 100% mężczyźni	
	średnia	SD
Wiek [lata]	26,7	3,03
Wzrost [m]	1,79	0,02
Waga [kg]	81,5	11,09
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	25,0	2,72
BSA [m <sup>2</sup> ]	2,00	0,13
sBP spoczynkowe, [mmHg]	128,6	8,41
dBP spoczynkowe [mmHg]	77,6	6,59

- 01 – przed zabiegiem w suchej saunie,
- 02 – po zabiegu w suchej saunie,
- 03 – 40 min po zabiegu w suchej saunie,
- 04 – 3 godz. po zabiegu w suchej saunie,
- 05 – 6 godz. po zabiegu w suchej saunie.

Na etapach badania termowizyjnego: 01, 03, 04 i 05 osoba badana adaptowała się do temperatury otoczenia przez co najmniej 25 minut; adaptacja następowała przy odsłoniętych okolicach ciała poddawanych ocenie termowizyjnej.

Zdjęcia termowizyjne wykonane zostały w projekcji A-P (przednio-tylnej) oraz P-A (tylno-przedniej). Uzyskane termogramy obrazowały wyznaczone mapy termiczne 12 obszarów powierzchni ciała, oznaczone kolejno symbolami od R01 do R12. [9-12]: przedniej

- R01 – górny obszar tułowia (klatka piersiowa i część obręczy barkowej),
- R02 – dolny obszar tułowia (brzuch),
- R03 – kończyna górna (przednia powierzchnia ramienia prawego),
- R04 – kończyna górna (przednia powierzchnia przedramienia prawego),
- R05 – kończyna dolna (przednia powierzchnia uda prawego),
- R06 – kończyna dolna (przednia powierzchnia podudzia prawego),
- R07 – górny obszar tułowia (górną część grzbietu i część obręczy barkowej),
- R08 – dolny obszar grzbietu (dolną część grzbietu),
- R09 – kończyna górna (tylna powierzchnia ramienia prawego),
- R10 – kończyna górna (tylna powierzchnia przedramienia prawego),
- R11 – kończyna dolna (tylna powierzchnia uda prawego),
- R12 – kończyna dolna (tylna powierzchnia podudzia prawego).

## Metody statystyczne

Analizę zmian temperatury w czasie przeprowadzono w oparciu o nieparametryczny test Friedmana. Do każdego z testów wykonano test *post hoc* Dunna. W celu eliminacji tzw. grubych błędów pomiarowych dla wszystkich uzyskanych średnich temperatur przeprowadzono test Grubbsa. Testem Shapiro-Wilka sprawdzono normalność rozkładu analizowanych temperatur. Wszystkie testy przeprowadzono na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Do analizy statystycznej wykorzystano program Statistica 9.0.

## Wyniki

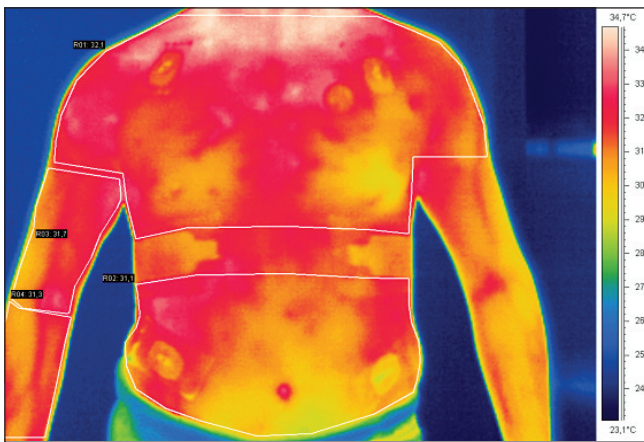
Na podstawie zgromadzonych wyników oraz analizy termogramów przedstawiono wartości temperatur: średniej, minimalnej, maksymalnej oraz mediany dla każdego z rozpatrywanych obszarów (R01-R12), wyznaczonych na każdym z pięciu etapów badania (01-05).

Najwyższą średnią temperaturę przed zabiegiem sauny suchej (01) zarejestrowano w obszarze R07  $T_{sr.01 R07} = 34,40\text{ °C}$ . W tym obszarze minimalna zarejestrowana temperatura wyniosła  $T_{min.01 R07} = 32,40\text{ °C}$ , a maksymalna  $T_{max.01 R07} = 35,65\text{ °C}$ . U połowy badanych średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała  $34,40\text{ °C}$ , natomiast u 75% spośród badanych  $34,90\text{ °C}$  (tabela 4, fot. 3).

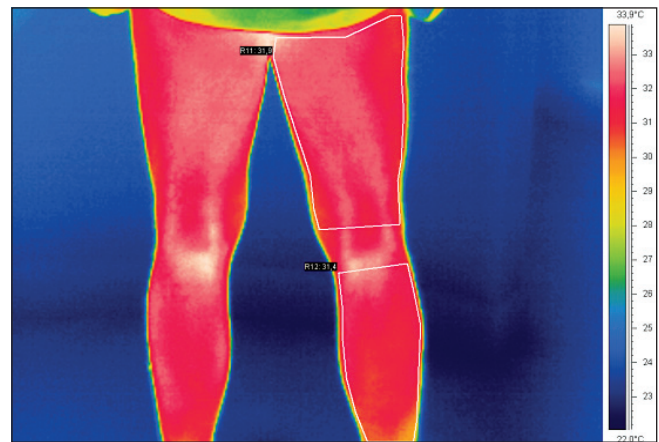
Najniższą zarejestrowaną średnią temperaturę  $T_{sr.}$  przed zabiegiem sauny suchej (01) występowała w obszarze R09,  $T_{sr.01 R09} = 31,98\text{ °C}$ . W tym obszarze minimalna wartość temperatury zarejestrowana przed sauną (01) wyniosła  $T_{min.01 R09} = 29,90\text{ °C}$ , a maksymalna  $T_{max.01 R09} = 32,90\text{ °C}$ . U prawie 50% badanych średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała  $32,50\text{ °C}$ , natomiast u 75% badanych nie przekraczała  $32,70\text{ °C}$  (tabela 4, fot. 3).

Najwyższą średnią temperaturę po zabiegu sauny suchej (02) zarejestrowano w obszarze R01  $T_{sr.02 R01} = 36,20\text{ °C}$ .

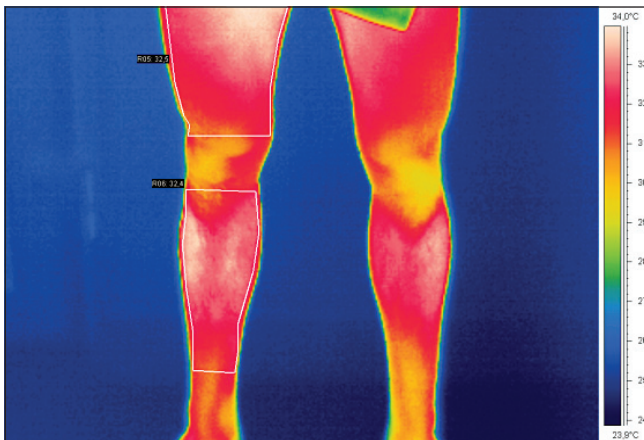




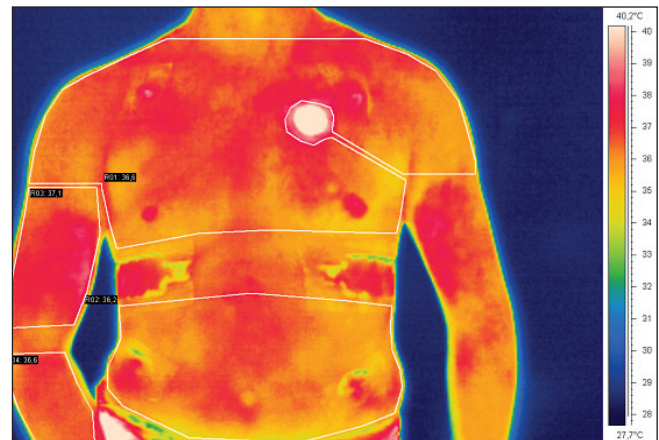
Fot. 1 Przykładowy termogram – fotografia wykonana przed zabiegiem w suchej saunie (01); widok od strony brzusznej, obszary: R01, R02, R03 i R04



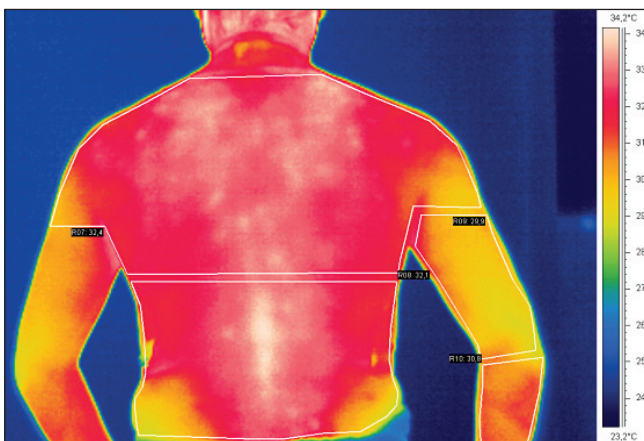
Fot. 4 Przykładowy termogram – fotografia wykonana przed zabiegiem w suchej saunie (01); widok od strony grzbietowej, obszary: R11, R12



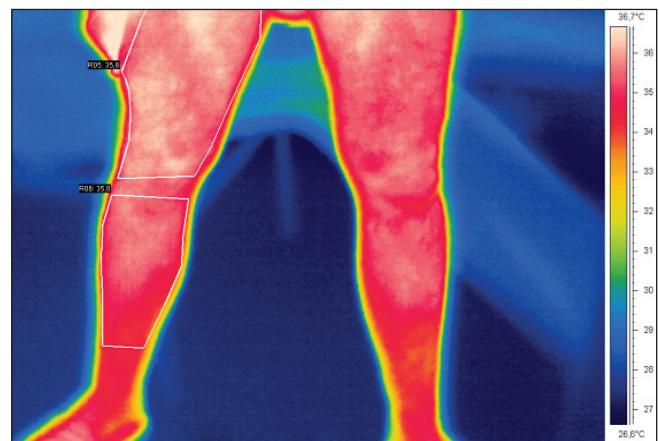
Fot. 2 Przykładowy termogram – fotografia wykonana przed zabiegiem w suchej saunie (01); widok od strony brzusznej, obszary: R05; R06



Fot. 5 Przykładowy termogram – fotografia wykonana po zabiegu w suchej saunie (02); widok od strony brzusznej, obszary: R01, R02, R03 i R04



Fot. 3 Przykładowy termogram – fotografia wykonana przed zabiegiem w suchej saunie (01); widok od strony grzbietowej, obszary: R07, R08, R09, R10



Fot. 6 Przykładowy termogram – fotografia wykonana po zabiegu w suchej saunie (02); widok od strony brzusznej, obszary: R05; R06

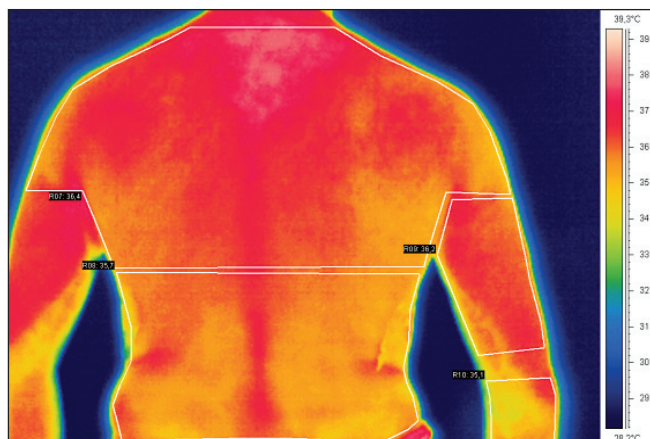
W tym obszarze minimalna zarejestrowana temperatura wyniosła  $T_{\min 02}$  R01 = 34,50 °C, a maksymalna  $T_{\max 02}$  R01 = 37,80 °C. U połowy badanych średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała 36,30 °C, natomiast u 75% spośród badanych 36,60 °C (tabela 2, fot. 5).

Najniższa zarejestrowana średnia temperatura  $T_{sr}$  po zabiegu sauny suchej (02) występowała w obszarze R12,  $T_{sr 02}$  R12 = 34,09 °C. W tym obszarze minimalna wartość temperatury zarejestrowana po zabiegu sauny (02) wyniosła  $T_{\min 02}$  R12 = 32,40 °C, a maksymalna

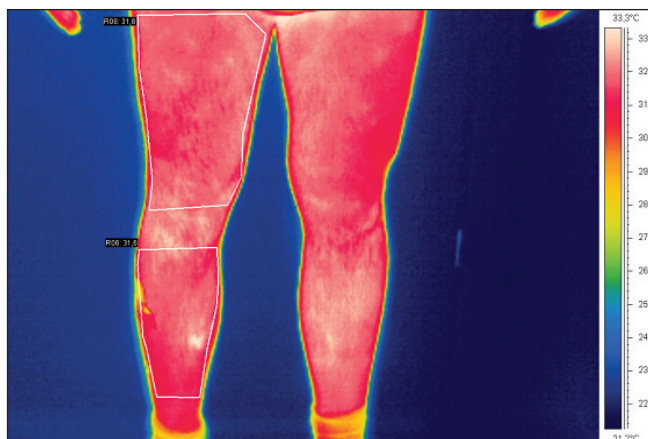
$T_{\max 02}$  R12 = 34,80 °C. U prawie 50% badanych średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała 34,60 °C, natomiast u 75% badanych nie przekraczała 34,70 °C (tabela 4, fot. 8).

Najwyższa średnia temperatura  $T_{sr}$  zarejestrowana w 40 min po zabiegu sauny suchej (03) występowała w obszarze R07,  $T_{sr 03}$  R07 = 34,42 °C. W tym obszarze minimalna wartość temperatury zarejestrowana 40 min po zabiegu sauny (03) wyniosła  $T_{\min 03}$  R07 = 33,30 °C, a maksymalna  $T_{\max 03}$  R07 = 35,25 °C. U prawie 50% badanych średnia tempera-

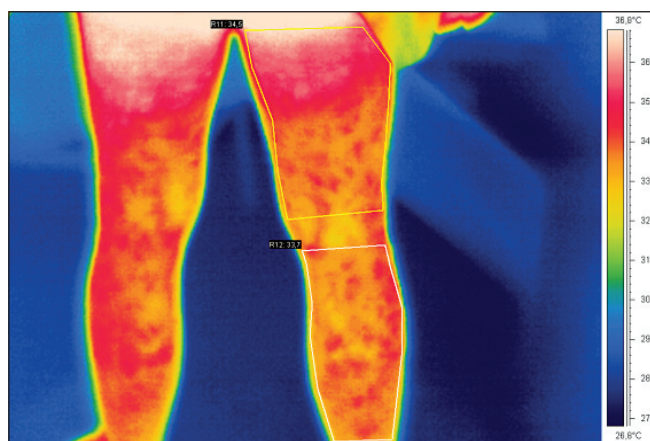




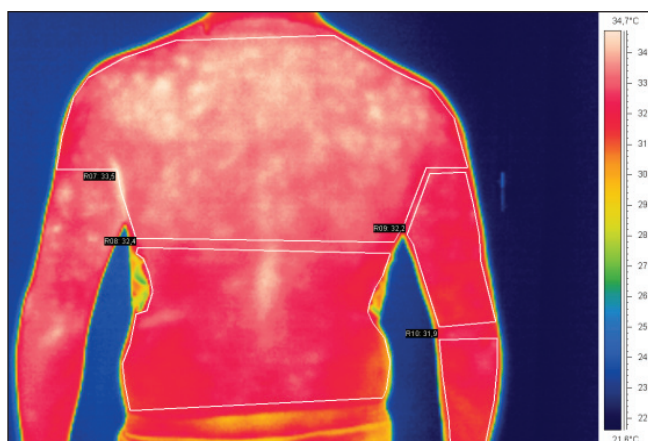
Fot. 7 Przykładowy termogram – fotografia wykonana po zabiegu w suchej saunie (02); widok od strony grzbietowej, obszary: R07, R08, R09, R10



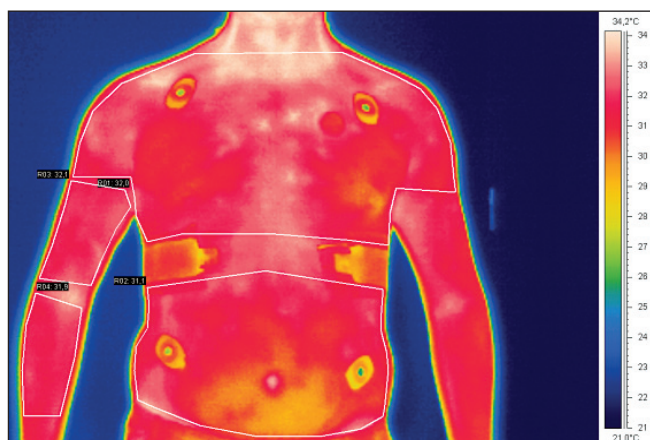
Fot. 10 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 40 min po zabiegu w suchej saunie (03); widok od strony brzusznej, obszary: R05; R06



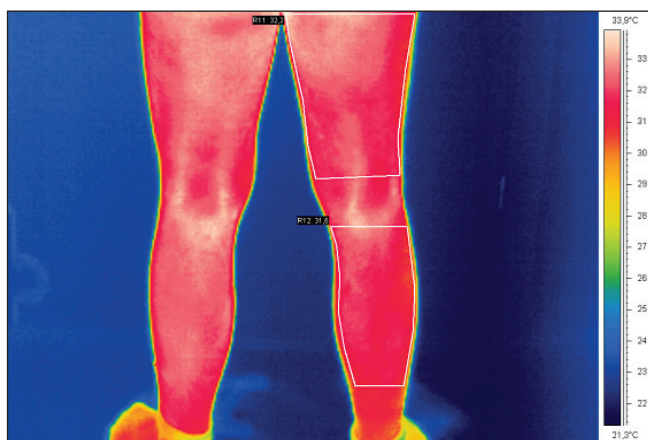
Fot. 8 Przykładowy termogram – fotografia wykonana po zabiegu w suchej saunie (02); widok od strony grzbietowej, obszary: R11, R12



Fot. 11 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 40 min po zabiegu w suchej saunie (03); widok od strony grzbietowej, obszary: R07, R08, R09, R10



Fot. 9 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 40 min po zabiegu w suchej saunie (03); widok od strony brzusznej, obszary: R01, R02, R03 i R04



Fot. 12 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 40 min po zabiegu w suchej saunie (03); widok od strony grzbietowej, obszary: R11, R12

tura w tym obszarze nie przekraczała 34,60 °C, natomiast u 75% badanych nie przekraczała 34,85 °C (tabela 4, fot. 11).

Najniższą średnią temperaturę po czasie 40 min od zabiegu sauny suchej (03) zarejestrowano w obszarze R06  $T_{\text{sr}03}$  R06 = 32,37 °C. W tym obszarze minimalna zarejestrowana temperatura wyniosła  $T_{\text{min}03}$  R06 = 31,50 °C, a maksymalna  $T_{\text{max}03}$  R06 = 32,80 °C. U połowy badanych osób średnia temperatura w tym obszarze nie przekroczyła 32,60 °C, natomiast u 75% spośród badanych 32,80 °C (tabela 2, fot. 10). Najwyższa

średnia temperatura  $T_{\text{sr}}$  zarejestrowana po 3 godz. od zabiegu sauny suchej (04) występowała w obszarze R07,  $T_{\text{sr}04}$  R07 = 34,25 °C. W tym obszarze minimalna wartość temperatury zarejestrowanej 3 godz. po zabiegu sauny (04) wyniosła  $T_{\text{min}04}$  R07 = 31,90 °C, a maksymalna  $T_{\text{max}04}$  R07 = 35,45 °C. U prawie 50% badanych średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała 34,65 °C, natomiast u 75% badanych nie przekraczała 35,05 °C (tabela 4, fot. 15).

Najniższą średnią temperaturę po czasie 3 godz. od zabiegu

sauny suchej (04) zarejestrowano w obszarze R09  $T_{sr.04}$  R09 = 31,98 °C. W tym obszarze minimalna zarejestrowana temperatura wyniosła  $T_{min.04}$  R09 = 29,70 °C, a maksymalna  $T_{max.04}$  R09 = 33,00 °C. U połowy badanych osób średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała 32,30 °C, natomiast u 75% spośród badanych 32,80 °C (tabela 4, fot. 15).

Najwyższa średnia temperatura  $T_{sr.}$  zarejestrowana po czasie 6 godz. od zabiegu sauny suchej (05) występowała w obszarze R07,  $T_{sr.05}$  R07 = 34,41 °C. W tym obszarze minimalna wartość temperatury zarejestrowanej 6 godz. po zabiegu sauny (05) wyniosła  $T_{min.05}$  R07 = 32,80 °C, a maksymalna  $T_{max.05}$  R07 = 35,20 °C. U prawie 50% badanych średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała 34,60 °C, natomiast u 75% badanych nie przekraczała 34,95 °C (tabela 3, rys. 3, fot. 15).

Najniższą średnią temperaturę po 6 godz. od zabiegu sauny suchej (05) zarejestrowano w obszarze R09  $T_{sr.04}$  R09 = 31,90 °C. W tym obszarze minimalna zarejestrowana temperatura wyniosła  $T_{min.04}$  R09 = 30,20 °C, a maksymalna  $T_{max.04}$  R09

= 33,80 °C. U połowy badanych osób średnia temperatura w tym obszarze nie przekraczała 31,90 °C, natomiast u 75% spośród badanych 32,40 °C (tabela 4, rys. 3, fot. 19).

Przeprowadzona analiza *post hoc* testem Dunna wykazała występowanie poniżej opisanych zależności pomiędzy zmianami średniej temperatury badanych obszarów w przebiegu kolejnych etapach badania (od 01 do 05).

Na skutek intensywnego ogrzewania całej powierzchni ciała stwierdzono występowanie statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnią temperaturą przed zabiegiem sauny suchej (01)  $T_{sr.01}$  a średnią temperaturą po saunie (02)  $T_{sr.01}$  w prawie wszystkich badanych obszarach ( $p < 0,01$ ) poza obszarem R06, gdzie takiej różnicy nie stwierdzono ( $p > 0,05$ ) (tabela 3 i 5, rys. 1-4). Na skutek postępującego wychładzania się warstw powierzchniowych skóry w obrębie wszystkich z badanych obszarów zaobserwowano stopniowe zmiany ich temperatury średniej, jednak na uwagę zasługuje fakt, że proces wychładzania się powierzchni skóry cechował się tylko nieznacznie zmienną dynamiką pomiędzy rozpatrywanymi obszarami.

Zarejestrowano wyższą i statystycznie istotnie różną temperaturę ( $p < 0,05$ ) po zabiegu sauny (02) a średnimi wartościami temperatury zarejestrowanymi po czasie 40 min (03), 3 godz. (04) i 6 godz. (05) po ekspozycji na wysoką temperaturę, dla obszarów: R01, R02, R03, R04, R05 (rys. 1 i 2). Z kolei dla obszaru R06 wykazano występowanie statystycznie istotnej różnicy ( $p < 0,05$ ) pomiędzy pomiarami temperatury powierzchni skóry wykonanymi przed (01) i po (02) zabiegu sauny a pomiarami wykonanymi 40 min (03), 3 godz. (04), 6 godz. (05) po zabiegu sauny (rys. 2). W obrębie obszaru R12 wykazano występowanie statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) wyższej temperatury powierzchni skóry po zabiegu sauny (02) w stosunku do temperatury przed zabiegiem (01), jednak po czasie 40 min (03), 3 godz. (04) i 6 godz. (05), mimo że zarejestrowana temperatura była niższa, to nie wykazywała już statystycznie istotnych różnic względem pomiaru (02) (rys. 4).

## Dyskusja

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że 15-minutowy zabieg w saunie suchej w temperaturze ok. 100 °C i wilgotności 25-30%, jest bezpieczny w przypadku osób zdrowych i niewywołuje skutków ubocznych, co potwierdzają też doniesienia literaturowe [13, 14].

Badanie termowizyjne zmian temperatury powierzchni ciała potwierdza fakt, iż poszczególne obszary powierzchni ciała zdecydowanie różnią się zarówno stopniem ogrzania pod wpływem sauny suchej, jak i dynamiką zmian temperatury po zabiegu. Niewątpliwie wpływ na temperaturę powierzchni ciała mają uwarunkowania anatomiczne danego obszaru, nawet wówczas, gdy pominiemy czynnik dymorfizmu płciowego [4, 5, 10, 13]. Zmienność stopnia ogrzania powierzchni ciała można również uzasadnić zróżnicowanym rozmieszczeniem termoreceptorów na powierzchni skóry. Siła reakcji na bodziec cieplny może być słabsza w zależności od ilości termoreceptorów.

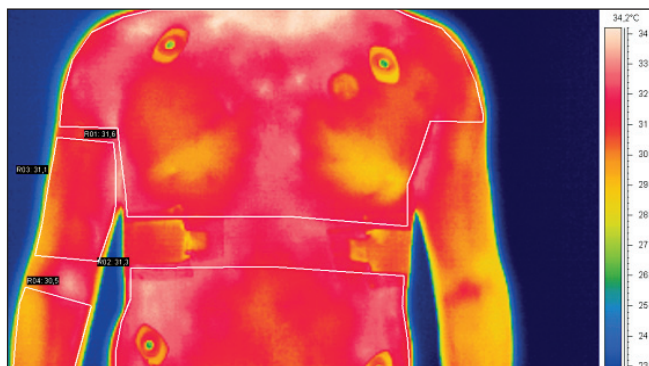
Tabela 3 Statystyki podstawowe porównania zmian średniej temperatury powierzchni skóry w zakresie obszarów: R01, R02, R03, R04, R05, R06 wraz z wartością p

	$T_{sr.}$ [°C]	$T_{min.}$ [°C]	$T_{max.}$ [°C]	me- diana	Q1	Q3	SD	p
R01	34,30	31,60	37,80	34,25	33,55	34,70	1,27	0,0001
R02	34,01	31,10	37,20	34,10	33,20	34,80	1,29	0,0001
R03	33,64	31,10	37,20	33,50	32,80	34,10	1,45	0,0001
R04	33,99	30,50	36,60	34,20	33,20	34,80	1,39	0,0001
R05	33,70	29,90	37,20	33,80	32,75	34,40	1,54	0,0001
R06	33,10	30,80	36,40	32,90	32,30	33,50	1,21	0,0003

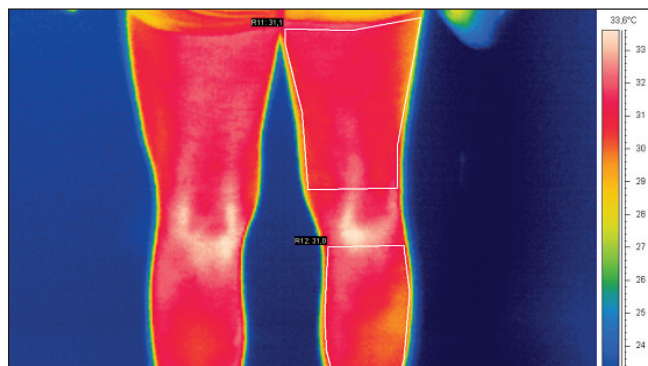
Tabela 2 Statystyki podstawowe zmian temperatury powierzchni skóry w zakresie obszarów: R01, R02, R03, R04, R05, R06 na przebiegu kolejnych etapów badania termowizyjnego (od 01 do 05)

	$T_{sr.}$ [°C]	$T_{min.}$ [°C]	$T_{max.}$ [°C]	me- diana	Q1	Q3	SD
R01_01	33,80	32,10	34,70	34,00	33,45	34,30	0,84
R01_02	36,20	34,50	37,80	36,30	35,85	36,60	0,97
R01_03	33,61	32,00	34,40	33,65	33,45	34,25	0,73
R01_04	33,91	31,60	34,80	34,30	33,40	34,60	1,04
R01_05	33,98	32,50	35,05	34,05	33,85	34,35	0,72
R02_01	33,33	31,10	34,60	33,40	33,00	34,10	1,03
R02_02	35,52	34,30	37,20	35,40	34,90	36,20	0,99
R02_03	33,37	31,10	34,60	34,00	32,60	34,00	1,09
R02_04	34,07	31,30	35,10	34,60	33,60	34,80	1,25
R02_05	33,76	32,10	34,80	34,00	33,10	34,40	0,87
R03_01	33,17	31,70	34,60	33,20	32,90	33,80	0,97
R03_02	35,94	35,10	37,20	35,80	35,70	36,00	0,65
R03_03	33,38	32,10	34,10	33,20	33,00	34,00	0,71
R03_04	32,87	31,10	34,00	32,80	32,20	33,90	1,11
R03_05	32,83	31,70	34,40	32,90	32,60	33,00	0,85
R04_01	33,03	31,30	34,40	33,20	32,80	33,40	0,92
R04_02	35,63	34,60	36,60	35,70	35,00	36,30	0,78
R04_03	33,88	31,90	34,90	34,20	33,70	34,60	0,95
R04_04	33,84	30,50	34,90	34,50	33,20	34,60	1,43
R04_05	33,54	30,50	34,80	33,90	33,10	34,40	1,36
R05_01	32,62	31,50	33,45	32,75	32,05	33,10	0,67
R05_02	35,80	34,15	37,20	35,80	35,20	36,35	1,03
R05_03	33,56	31,80	34,50	33,80	33,35	34,10	0,82
R05_04	33,28	29,90	34,85	33,80	32,35	34,25	1,52
R05_05	33,23	30,40	34,40	33,80	32,70	34,15	1,33
R06_01	32,94	32,00	33,70	32,80	32,40	33,50	0,64
R06_02	34,90	33,10	36,40	35,00	34,50	35,50	1,07
R06_03	32,37	31,50	32,80	32,60	31,90	32,80	0,54
R06_04	32,77	31,40	33,60	33,00	32,30	33,20	0,69
R06_05	32,51	30,80	33,80	32,90	32,20	33,20	0,99

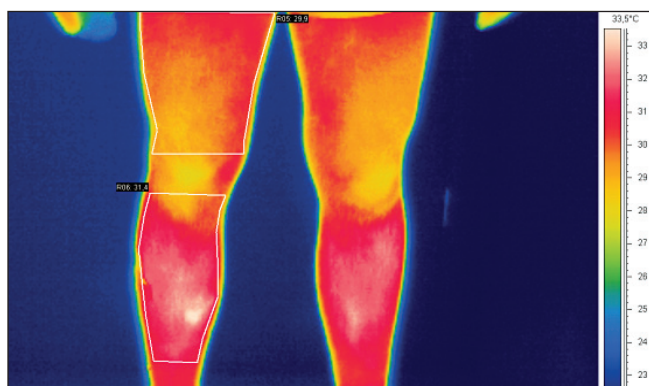




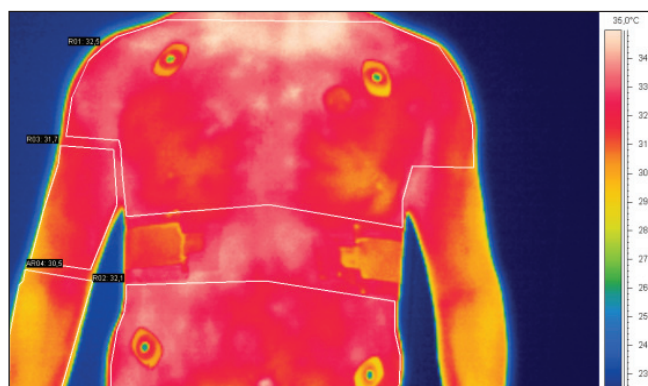
Fot. 13 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 3 godz. po zabiegu w suchej saunie (04); widok od strony brzusznej, obszary: R01, R02, R03 i R04



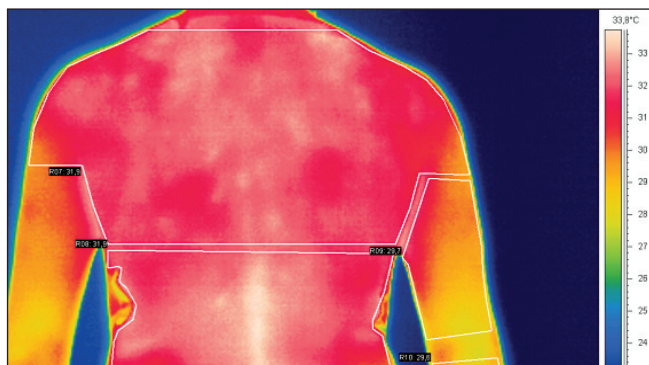
Fot. 16 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 3 godz. po zabiegu w suchej saunie (04); widok od strony grzbietowej, obszary: R11, R12



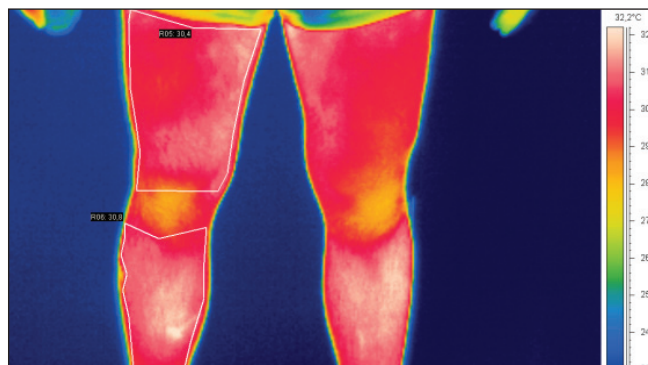
Fot. 14 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 3 godz. po zabiegu w suchej saunie (04); widok od strony brzusznej, obszary: R05; R06



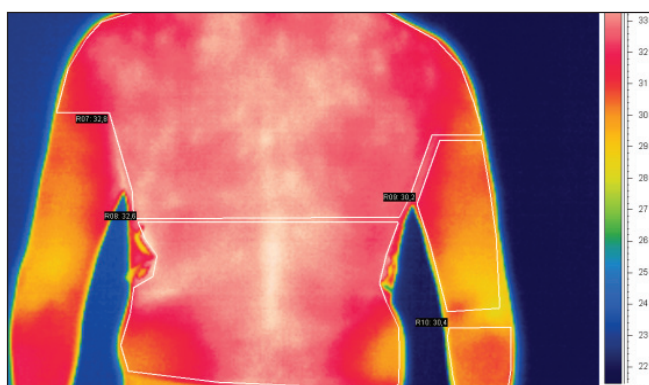
Fot. 17 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 6 godz. po zabiegu w suchej saunie (05); widok od strony brzusznej, obszary: R01, R02, R03 i R04



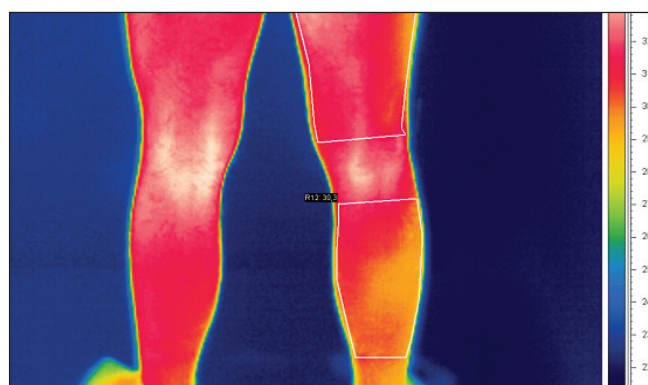
Fot. 15 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 3 godz. po zabiegu w suchej saunie (04); widok od strony grzbietowej, obszary: R07, R08, R09, R10



Fot. 18 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 6 godz. po zabiegu w suchej saunie (05); widok od strony brzusznej, obszary: R05; R06



Fot. 19 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 6 godz. po zabiegu w suchej saunie (05); widok od strony grzbietowej, obszary: R07, R08, R09, R10



Fot. 20 Przykładowy termogram – fotografia wykonana 6 godz. po zabiegu w suchej saunie (05); widok od strony grzbietowej, obszary: R11, R12

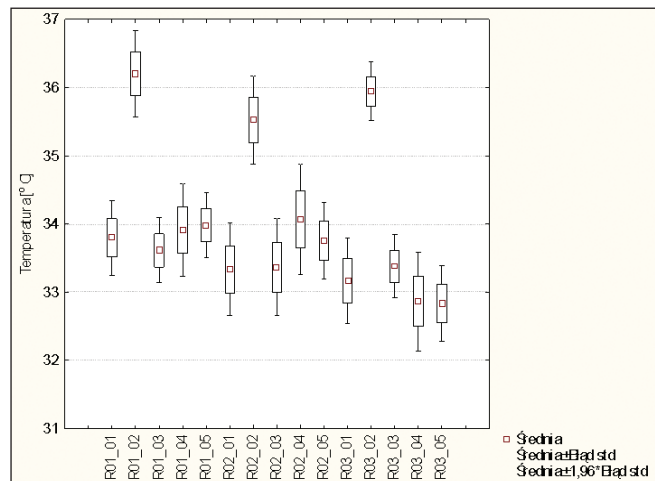
Tabela 4 Statystyki podstawowe zmian temperatury powierzchni skóry w zakresie obszarów: R07, R08, R09, R10, R11, R12 na przebiegu kolejnych etapów badania termowizyjnego (od 01 do 05)

	T <sub>sr.</sub> [°C]	T <sub>min.</sub> [°C]	T <sub>max.</sub> [°C]	me- diana	Q1	Q3	SD
R07_01	34,40	32,40	35,65	34,40	34,25	34,90	0,89
R07_02	36,07	34,90	36,70	36,05	36,00	36,55	0,62
R07_03	34,42	33,30	35,25	34,60	34,00	34,85	0,70
R07_04	34,25	31,90	35,45	34,65	33,50	35,05	1,12
R07_05	34,41	32,80	35,20	34,60	33,80	34,95	0,80
R08_01	33,59	32,10	35,30	33,80	33,00	34,20	1,06
R08_02	35,24	34,10	36,70	35,40	34,90	35,60	0,82
R08_03	33,50	32,00	34,50	33,80	33,00	34,10	0,90
R08_04	33,27	31,90	34,80	33,50	32,10	33,70	1,09
R08_05	33,61	32,10	34,60	33,50	33,20	34,40	0,88
R09_01	31,98	29,90	32,90	32,50	31,40	32,70	1,02
R09_02	35,97	34,90	37,00	36,00	35,70	36,20	0,59
R09_03	33,52	32,20	34,80	33,50	33,10	33,90	0,85
R09_04	31,98	29,70	33,00	32,30	31,30	32,80	1,07
R09_05	31,90	30,20	33,80	31,90	31,40	32,40	1,08
R10_01	33,27	30,80	34,40	33,50	33,30	33,70	1,01
R10_02	35,41	34,10	36,90	35,30	35,10	35,60	0,75
R10_03	33,32	31,90	34,00	33,50	33,10	33,80	0,69
R10_04	32,56	29,60	34,10	32,80	32,20	33,50	1,36
R10_05	32,48	30,40	34,10	32,60	32,10	33,20	1,18
R11_01	33,28	31,90	34,35	33,15	32,90	33,70	0,78
R11_02	35,44	34,35	36,35	35,70	34,90	36,10	0,74
R11_03	33,54	32,20	34,60	33,50	33,00	34,20	0,78
R11_04	33,57	31,10	34,75	34,00	33,00	34,55	1,21
R11_05	33,29	31,60	34,70	33,60	32,70	33,95	1,07
R12_01	32,84	31,40	34,20	32,80	32,60	33,10	0,76
R12_02	34,09	32,40	34,80	34,60	33,70	34,70	0,84
R12_03	33,06	31,60	34,20	33,20	32,60	33,40	0,74
R12_04	33,28	31,00	34,20	33,70	32,80	34,10	1,04
R12_05	33,06	30,30	34,80	33,30	32,80	33,60	1,40

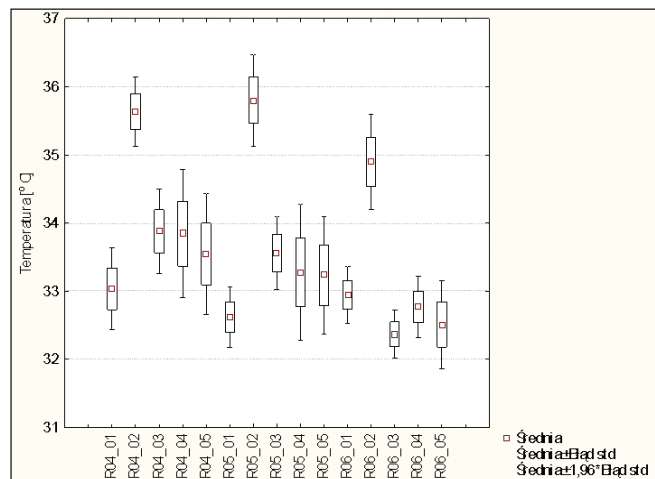
Tabela 5 Statystyki podstawowe porównania zmian średniej temperatury powierzchni skóry w zakresie obszarów: R07, R08, R09, R10, R11, R12 wraz z wartością p

	T <sub>sr.</sub> [°C]	T <sub>min.</sub> [°C]	T <sub>max.</sub> [°C]	me- diana	Q1	Q3	SD	p
R07	34,71	31,90	36,70	34,85	34,20	35,20	1,06	0,0008
R08	33,84	31,90	36,70	33,90	33,10	34,60	1,16	0,0084
R09	33,07	29,70	37,00	32,80	32,00	33,90	1,82	0,0000
R10	33,41	29,60	36,90	33,50	32,70	34,10	1,45	0,0002
R11	33,82	31,10	36,35	33,90	33,00	34,55	1,22	0,0006
R12	33,26	30,30	34,80	33,30	32,70	34,10	1,04	0,0038

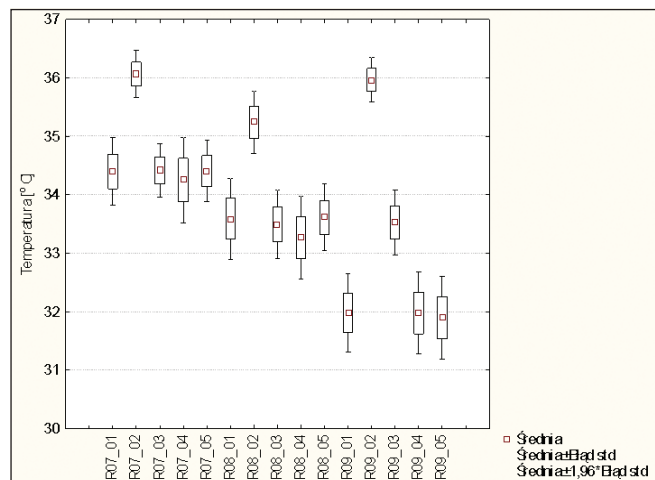
Ważnym zagadnieniem z punktu widzenia funkcjonowania mechanizmów termoregulacyjnych jest próba określenia czasu, jaki potrzebuje zdrowy organizm na wyrównanie zaburzenia temperatury powierzchniowej. Przedstawiona analiza wskazuje, że zaburzenie równowagi termicznej na skutek intensywnie-



Rys. 1 Wykres pudełkowy zarejestrowanych zmian średniej temperatury w zakresie obszarów: R01, R02, R03 na kolejnych etapach badania termowizyjnego (od 01 do 05);  $p < 0,01$



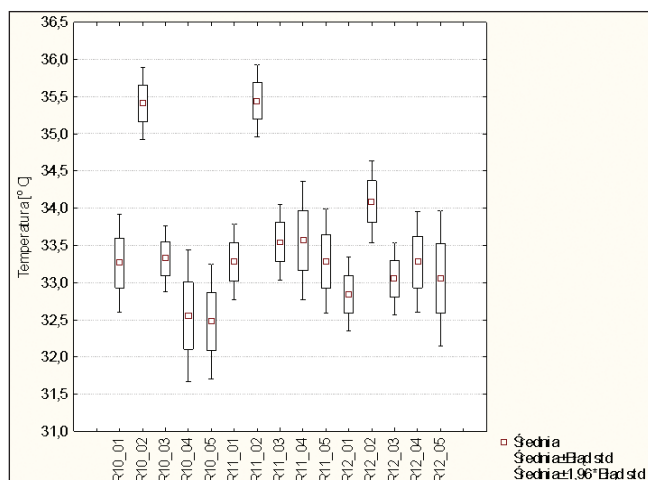
Rys. 2 Wykres pudełkowy zarejestrowanych zmian średniej temperatury w zakresie obszarów: R04, R05, R06 na kolejnych etapach badania termowizyjnego (od 01 do 05);  $p < 0,01$



Rys. 3 Wykres pudełkowy zarejestrowanych zmian średniej temperatury w zakresie obszarów: R07, R08, R09 na kolejnych etapach badania termowizyjnego (od 01 do 05);  $p < 0,01$

go ogrzewania w trakcie zabiegu sauny suchej jest krótkotrwałe. W zakresie większości rozpatrywanych obszarów powierzchni skóry obserwowano powrót do wartości zbliżonych do temperatury wyjściowej, już po czasie około 40 min od zabiegu. Przemawia to za istnieniem sprawnych i wydajnych mechani-





Rys. 4 Wykres pudełkowy zarejestrowanych zmian średniej temperatury w zakresie obszarów: R10, R11, R12 na kolejnych etapach badania termowizyjnego (od 01 do 05);  $p < 0,01$

zmów rozpraszania ciepła, które przeciwdziałają nadmiernej absorpcji energii cieplnej przez organizm [4, 5, 13, 14].

Termowizyjna ocena skutków kąpieli w saunie daje możliwość oceny stopnia ogrzania danego regionu oraz dynamiki zmian temperatury po zabiegu. Potwierdzają to wyniki badań innych autorów [10-12].

## Wnioski

1. Powierzchniowy efekt ogrzania organizmu na skutek zabiegu w saunie fińskiej jest różny w zależności od obszaru ciała.
2. Ocena termowizyjna wykonana po 40 min po zabiegu wykazała powrót temperatury większości badanych obszarów ciała do wartości zarejestrowanej przed zabiegiem.
3. Termowizyjna analiza stopnia ogrzania powierzchni ciała stanowi obiektywną ocenę badawczą, umożliwiającą ocenę dynamiki zmian temperatury powłok skórnych na skutek oddziaływania bodźca termicznego. ■

## Literatura

1. A. Sawicka, T. Brzostek, R. Kowalski: *Wpływ kąpieli w saunie na układ sercowo-naczyniowy*, Rehabilitacja Medyczna, vol. 11(1), 2007, s. 23-30.

2. D. Czarnowski, J. Górski: *Wydalenie związków azotowych z potem w czasie przebywania w saunie*, Polski Tygodnik Lekarski, vol. 46(8-10), 1991, s. 186-187.
3. W. Andrzejewski, K. Kassolik, S. Kalbarczyk, J. Mądrzak: *Wpływ sauny na zmienność rytmu zatokowego serca*, Medycyna Sportowa, vol. 20(6), 2004, s. 284-288.
4. K. Gieremek, K. Kwaśny, M. Białek: *Przebieg wybranych prób psychoruchowych i towarzyszących im zmian częstotliwości akcji serca u osób korzystających z łaźni fińskiej (sauny)*, Postępy Rehabilitacji, vol. 8(1), 1994, s. 297-303.
5. H. Adamczyk-Bujniewicz, J. Kubacki, K. Kwaśny, H. Knapik: *Ogólne zależności funkcjonalne wymagane w kształtowaniu zespołów saunowych w obiektach użyteczności publicznej*, Fizjoterapia Polska, vol. 3(1), 2003, s. 85-90.
6. J. Zuber, A. Jung: *Metody termograficzne w diagnostyce medycznej*, BAMAR, Warszawa 1997.
7. I. Hołowacz, H. Podbielska, P. Hurnik i in.: *Komputerowa akwizycja i obróbka obrazów termowizyjnych w ocenie skutków oddziaływania niskich temperatur*, Inżynieria Biomedyczna – Acta Bio-Optica et Informatica Medica, vol. 6, 2000, s. 35-45.
8. B.F. Jones, P. Plassmann: *Digital Infrared Thermal Imaging of Human Skin*, IEEE Engineering in Medicine and Biology, 21 Nov-Dec, 2002, s. 41-48.
9. C.I. Wright, C.I. Kroner, R. Draijer: *Non-invasive methods and stimuli for evaluating the skin's microcirculation*, Journal of Pharmacological and Toxicological Methods, vol. 54, 2006, s. 1-25.
10. B.F. Jones, P. Plassmann: *Digital Infrared Thermal Imaging of Human Skin*, IEEE Engineering in Medicine and Biology, 21 Nov-Dec, 2002, s. 41-48.
11. N. Zaproudina, V. Varmavuo, O. Airaksinen i in.: *Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals*, Physiological Measurements, vol. 29, 2008, s. 515-524.
12. B.G. Vainer: *FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans*, Physics in Medicine and Biology, vol. 50, 2005, s. R63-R94.
13. K. Kukkonen-Hariula, K. Kauppinen: *Health effects and risks of sauna bathing*, International Journal of Circumpolar Health, vol.65(3), 2006, s. 195-205.
14. M.L. Hannuksela, S. Ellahham: *Benefits and risks of sauna bathing*, The American Journal of Medicine, vol. 110(2), 2001, s. 118-126.

otrzymano / received: 16.12.2010 r.  
zaakceptowano / accepted: 24.02.2011 r.