

Relación entre la Temperatura de Superficie, la Composición Corporal e Indicadores Antropométricos de Obesidad y Sobrepeso

Relationship Between Surface Temperature, Body Composition and Anthropometric Indicators of Obesity and Overweight

Barraza-Gómez, Fernando^{1,2}; Hecht-Chau, Gernot³; Báez-San Martín, Eduardo^{1,4}; Toro-Salinas, Andrés⁶; Matías Henríquez⁷; García-Pelayo, Sara^{1,2}; María J. Cuevas⁷ & Alvear-Ordenes, Ildefonso^{2,7}

BARRAZA-GÓMEZ, F.; HECHT-CHAU, G.; BÁEZ-SAN MARTÍN, E.; TORO SALINAS, A.; HENRIQUEZ, M.; GARCÍA-PELAYO, S.; CUEVAS, M. J. & ALVEAR-ORDENES, I. Relación entre la temperatura de superficie, la composición corporal e indicadores antropométricos de obesidad y sobrepeso. *Int. J. Morphol.*, 41(6):1824-1832, 2023.

RESUMEN: La termografía por infrarrojo (TI) permite evaluar la temperatura corporal, medir los cambios en la disipación del calor corporal en superficie y relacionarlos con las características de composición corporal e índices antropométricos. Aumentar el número de registros de zonas corporales evaluadas con TI y establecer las relaciones de estas temperaturas (32 áreas corporales) con variables de composición corporal e índices antropométricos, como el índice de masa corporal (IMC), índice cintura cadera, índice cintura estatura, en hombres adultos divididos según su estado ponderal. Participaron 60 hombres, adultos sanos, divididos en 2 grupos: grupo 1 (n=30), con IMC $\leq 24,9$, edad $23,2 \pm 3,9$ años, masa corporal $66,5 \pm 6,5$ kg, y talla $170,5 \pm 7,4$ cm; y, grupo 2 (n= 30), con IMC $> 24,9$, edad $29,4 \pm 9,9$ años, masa corporal $84,5 \pm 11,9$ kg, y talla $172,0 \pm 7,18$ cm. Se realizaron evaluaciones antropométricas y de TI. Sujetos con IMC $\leq 24,9$ kg/m² presentaron valores mayores de temperatura superficial, en todas las zonas estudiadas, a diferencia de los sujetos con niveles de IMC $> 24,9$ kg/m², donde la disipación del calor corporal fue menor. Existe una estrecha relación entre la temperatura superficial de la piel y el IMC, donde sujetos con un IMC normal mostraron una disipación de calor y valores de temperatura superficial mayores, en todas las zonas evaluadas, a diferencia de los sujetos con un IMC que se encontraba por encima del límite de normalidad.

PALABRAS CLAVE: Termografía; Pliegues cutáneos; Índice de masa corporal; Índice cintura estatura; Índice cintura cadera; Composición corporal.

INTRODUCCIÓN

La temperatura corporal es una variable fisiológica tradicionalmente utilizada como un indicador fisiológico fundamental en el ámbito de la salud (Geijer *et al.*, 2016). Cuando esta temperatura supera los valores considerados normales ($36,1-37,5$ °C) es indicio de patología o de procesos infecciosos que pueden estar ocurriendo en el organismo (Kovats & Hajat, 2008; Matthies *et al.*, 2008; Niven *et al.*, 2015). Por el contrario, disminuciones bruscas de la temperatura corporal, que pueden ser provocadas por la exposición al frío, complican el mantenimiento del calor en el núcleo y la propia homeostasis, provocando una disminución del funcionamiento de los sistemas biológicos

(Paal *et al.*, 2018). Un método para evaluar la temperatura corporal es el uso de la termografía por infrarrojo (TI), ampliamente utilizada en el ámbito de la salud, y que normalmente permite detectar la fiebre (Bitar *et al.*, 2009). Además, es utilizada para valorar los cambios agudos post ejercicio físico (Gutiérrez-Vargas *et al.*, 2017; Hadz'ic' *et al.*, 2019; Brito *et al.*, 2021), la artritis y osteoartritis (Cheung *et al.*, 2012; Schiavon *et al.*, 2021), patologías vasculares (Bagavathiappan *et al.*, 2009) y cardiovasculares (Huang *et al.*, 2011; Thiruvengadam *et al.*, 2014), la valoración de cambios en la morfoestructura corporal asociados al sobrepeso y la obesidad, así como también se ha asociado a

¹ Laboratorio de Evaluación y Prescripción de Ejercicio, Facultad de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

² Laboratorio de Fisiología Aplicada (FISAP), Universidad de León, Ponferrada España.

³ Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

⁴ Carrera de Entrenador Deportivo, Escuela de Educación, Universidad Viña del Mar, Viña del Mar, Chile.

⁵ Departamento de Ciencias del Deporte y Acondicionamiento Físico, Facultad de Educación, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.

⁶ Escuela de Kinesiología, Facultad de Odontología y Ciencias de la Rehabilitación, Universidad San Sebastián, Providencia, Chile.

⁷ Instituto de Biomedicina (IBIOMED), Universidad de León, 24071 León, España.

factores de riesgo cardiometabólico (Huang *et al.*, 2011; Law *et al.*, 2018). En relación con la composición corporal, se han realizado algunos estudios iniciales que han permitido relacionar la temperatura superficial de la piel, medida por TI, con algunos parámetros de composición corporal; como la masa adiposa, la masa muscular, la masa libre de grasa, la masa piel, la masa residual y la masa ósea, así como también con indicadores antropométricos, como el índice de masa corporal (IMC), el índice cintura cadera (ICC), el índice cintura estatura (ICE) y el perímetro de cintura (Chudecka *et al.*, 2014; Chudecka & Lubkowska, 2015; Barraza-Gómez *et al.*, 2021). Se ha observado, al relacionar la masa adiposa subcutánea con la emisión termográfica, que la disipación de calor corporal superficial cambia en función de la composición corporal, en especial con la masa magra (Blasco Redondo, 2015; Müller *et al.*, 2018). De hecho, en el sobrepeso y la obesidad, los elevados niveles de calor corporal central se asocian a mayores volúmenes de masa adiposa que dificultan la eliminación de calor hacia la piel (Salamunes *et al.*, 2017; Weigert *et al.*, 2018).

Se ha recomendado utilizar un mayor número de zonas corporales en la determinación de la temperatura de superficie por TI (Savastano *et al.*, 2009). Con este objetivo, el estudio encontrado con la mayor cantidad de zonas corporales evaluadas corresponde al de Chudecka *et al.* (2014), con un total de 11 zonas anatómicas. Otros han utilizado zonas de pliegues corporales, sumando un total de 6 zonas anatómicas (Barraza-Gómez *et al.*, 2021). Es difícil encontrar estudios que evalúen distintas zonas anatómicas por TI, por lo que el objetivo de esta investigación, además de aumentar el número de registros de zonas corporales evaluadas con esta tecnología, fue establecer las relaciones entre la temperatura medida por termografía por infrarrojo

(TI), en 32 áreas corporales, con variables de composición corporal e índices antropométricos, como el índice de masa corporal (IMC), índice cintura cadera (ICC), índice cintura estatura (ICE), en hombres adultos divididos según su estado ponderal.

MATERIAL Y MÉTODO

Sujetos. En el estudio participaron 60 hombres adultos sanos, divididos en 2 grupos. El grupo 1, con un total de 30 sujetos y un IMC $\leq 24,9$ ($23,2 \pm 3,9$ años, $66,5 \pm 6,5$ kg y $170,5 \pm 7,14$ cm). El grupo 2, con un total de 30 sujetos con un IMC $> 24,9$ ($29,4 \pm 9,9$ años; masa corporal: $84,5 \pm 11,9$ kg; talla: $172,0 \pm 7,18$ cm) (Tabla I). Todos los sujetos evaluados participaron voluntariamente y firmaron un consentimiento informado como requisito para formar parte de la muestra investigada. Se realizaron evaluaciones de TI y antropométricas de composición corporal. El protocolo experimental fue aprobado por la Comisión de Doctorado de la Universidad de León y siguió las recomendaciones descritas en la declaración de Helsinki para estudios con seres humanos. Por ello, después de una explicación de todos los procedimientos, los sujetos firmaron un consentimiento informado, como requisito para participar en el proyecto.

Protocolo experimental. Los sujetos fueron evaluados en una única sesión, aunque en días previos se les había indicado los pasos a seguir; abstenerse de realizar ejercicio físico el día de la evaluación y de no colocar en la piel sustancias químicas o cosméticas dermatológicas. La evaluación de TI, de la superficie de la piel, se realizó primero en una sala preparada previamente. Luego, en otra sala, se realizaron las mediciones antropométricas. Ambas salas se mantuvieron en un ambiente controlado, con una temperatura entre los 23-25 °C (Ammer & Ring, 2012; Compher *et al.*, 2006), utilizando calefacción por radiación. El radiador se mantuvo completamente alejado de la zona de imagen y se apagó durante cada período de recogida de datos de TI. La humedad relativa del aire se mantuvo entre el 60-70 %.

Termografía por infrarrojo (TI). Después de 15 min de aclimatación en posición sentado, sin apoyo lumbar y sólo con ropa interior, se procedió a recoger las imágenes termográficas para evaluar las zonas anatómicas correspondientes a hombro, codo anterior, muñeca anterior, brazo, antebrazo, mano (zona metacarpiana y falanges), rodilla, tobillo, muslo, pierna, pie dorsal, tórax, lumbar, abdomen,

Tabla I. Características generales, antropométricas y de temperatura (media \pm DE) de la muestra estudiada.

	IMC $\leq 24,9$	IMC $> 24,9$	t-test Student
	n=30	n=30	
	Media \pm DE	Media \pm DE	
Edad (años)	23,16 \pm 3,95	29,35 \pm 9,09	-3,603*
Masa Corporal (kg)	66,49 \pm 6,51	84,54 \pm 11,90	-7,386*
Estatura (cm)	170,5 \pm 7,14	172,0 \pm 7,18	-0,88
Masa Adiposa (kg)	18,04 \pm 3,76	24,36 \pm 7,77	-4,047*
Masa Muscular (kg)	30,56 \pm 4,13	38,28 \pm 4,44	-7,202*
Masa Residual (kg)	7,89 \pm 1,12	10,55 \pm 1,70	-7,309*
Masa Ósea (kg)	7,23 \pm 1,00	8,78 \pm 1,21	-5,623*
Masa Piel (kg)	3,65 \pm 0,24	3,99 \pm 0,34	-4,626*
ICC	0,86 \pm 0,04	0,90 \pm 0,05	-3,750*
ICE	0,47 \pm 0,03	0,53 \pm 0,05	-6,498*
Suma Temperaturas (°C)	33,87 \pm 2,1	31,7 \pm 2,8	3,715*
IMC (kg/m ²)	22,86 \pm 1,49	28,58 \pm 2,94	-9,593*

IMC = índice de masa corporal; DE = desviación estándar. * = Diferencia estadística $t > 1,96$ ($\alpha < 0,05$).

cuello, nariz, labios, pómulo y frente (Figs. 1 y 2). Se utilizó una cámara térmica FLIR i7 (FLIR System, Oregon, USA), con una lente de ajuste automático, rango espectral entre 7,5 y 13 mm y una sensibilidad térmica de 0,1°C. Para el análisis de las imágenes termográficas se utilizó el software FLIR, tools+ (FLIR System, Oregon, USA). Durante el procedimiento los participantes se encontraban vestidos sólo con ropa interior, en posición anatómica, sobre una superficie de aislante térmico. La cámara se ubicó siempre de forma perpendicular a la zona evaluada y a una distancia entre los 95-100 cm de la superficie de la piel (Fernández-Cuevas *et al.*, 2015).

Mediciones antropométricas. Se aplicó el protocolo de medición estandarizado por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, International Society for the Advancement of Kinanthropometry) (Stewart *et al.*, 2011). Los datos antropométricos generales recogidos correspondieron a la masa corporal, la talla y la talla sentado, 6 pliegues (tricipital, subescapular, supra-espinal, abdominal, muslo medio y pantorrilla), 10 perímetros (cabeza, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, tórax, cintura, cadera, muslo máximo, muslo medio y pantorrilla) y 6 diámetros corporales (biacromial, tórax transverso, tórax anteroposterior, bi-iliocrestilio, humeral y femoral). La masa corporal se obtuvo con una balanza electrónica, con sensibilidad de 20 g, Jadever (JWI 3000®, Taiwan). La talla y la talla sentado, se midieron con un estadiómetro Seca 213 (Seca, Alemania). El IMC fue obtenido dividiendo la masa corporal, en kilogramos, por el cuadrado de la talla, en metros. Para medir los pliegues se utilizó un calibre Harpenden (Modelo 0120, Harpenden®, England). Los perímetros se midieron con una cinta antropométrica metálica flexible Lufkin (W606PM, México). Para la medición de los diámetros se utilizaron dos antropómetros deslizantes de tamaño grande y pequeño, pertenecientes a un kit de medición antropométrico modelo Gaucho (Roscraft®, USA). Para cuantificar los kilogramos de masa adiposa, de masa muscular, de masa residual, de masa piel y de masa ósea se utilizó el método pentacompartimental de estimación de la composición corporal de Kerr (1988).

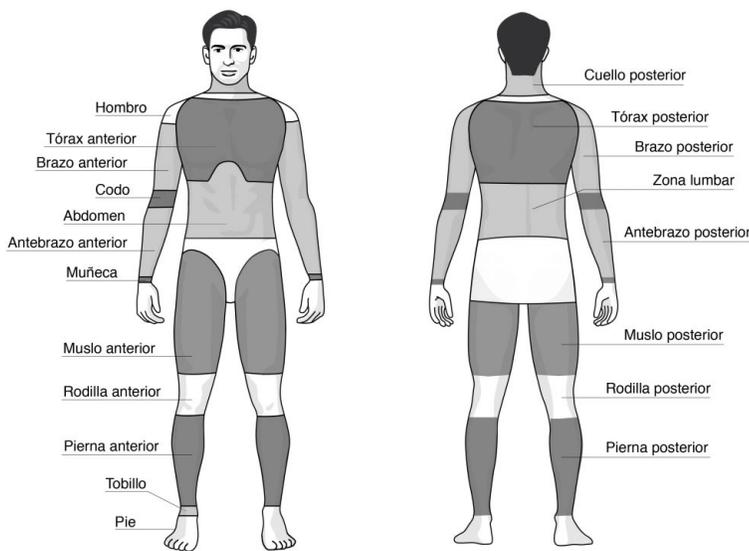


Fig. 1. Regiones corporales evaluadas por termografía superficial TI.

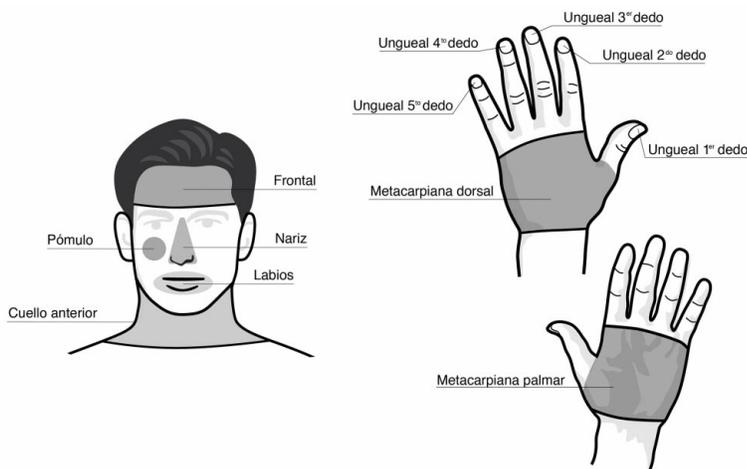


Fig. 2. Regiones evaluadas en cabeza y mano con termografía superficial TI.

Análisis estadístico. Para el análisis de los datos se utilizó el software SPSS 22.0. Los resultados de las variables temperatura, índices antropométricos y características generales se distribuyeron de forma normal, se utilizó la prueba de Shapiro–Wilk y estos se presentan como valores medios y desviaciones estándar, en formato tabla.

Las diferencias entre los grupos fueron analizadas usando la Prueba t Student para muestras independientes, exigiendo una diferencia estadística $t > 1,96$ ($\alpha < 0,05$). Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, exigiendo un valor de $p < 0,05$ para ser considerado estadísticamente significativo, aplicando la siguiente escala de magnitudes: $< 0,09$, trivial; $0,10-0,29$, pequeño; $0,30-0,49$, moderado; $0,50-0,69$, fuerte; $0,70-0,89$, muy fuerte y $0,90-1,0$, casi perfecto (Hopkins *et al.*, 2009).

RESULTADOS

En la Tabla I se observan las características generales, antropométricas y de temperatura superficial de la piel de los sujetos, divididos en los grupos $IMC \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$ e $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$.

Tabla II. Comparación (media \pm DE) de las diferencias de temperatura media en las 32 zonas anatómicas analizadas, para ambos grupos: $IMC < 24,9 \text{ kg/m}^2$ e $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$.

TI, Regiones corporales	IMC \leq 24,9	IMC $>$ 24,9	t-test
	n = 30	n = 30	Student
	Media \pm DE	Media \pm DE	
Hombro	34,78 \pm 1,84	32,70 \pm 2,59	3,653*
Codo Anterior	34,57 \pm 1,69	32,47 \pm 2,63	3,734*
Muñeca Anterior	33,15 \pm 3,19	30,49 \pm 3,50	3,181*
Rodilla Anterior	30,74 \pm 2,36	28,94 \pm 2,43	3,010*
Rodilla Posterior	33,07 \pm 1,91	31,55 \pm 2,17	2,978*
Tobillo	29,17 \pm 2,46	27,81 \pm 2,22	2,307*
Tórax Anterior	34,78 \pm 1,69	32,25 \pm 2,97	4,121*
Tórax Posterior	35,15 \pm 1,70	33,03 \pm 2,86	3,543*
Brazo Anterior	34,73 \pm 1,70	32,51 \pm 2,80	3,770*
Brazo Posterior	33,08 \pm 2,09	30,94 \pm 2,96	3,292*
Antebrazo Anterior	34,33 \pm 2,08	32,08 \pm 2,79	3,615*
Antebrazo Posterior	34,45 \pm 1,82	32,29 \pm 2,49	3,924*
Abdomen	34,25 \pm 1,85	31,77 \pm 2,90	4,033*
Lumbar	34,05 \pm 1,82	31,91 \pm 2,65	3,718*
Metacapiana Dorsal	33,13 \pm 3,12	30,19 \pm 3,39	3,604*
Metacapiana Palmar	33,13 \pm 3,64	30,73 \pm 3,30	2,751*
Falange Distal Ungueal 1er dedo	32,75 \pm 4,88	29,53 \pm 4,98	2,607*
Falange Distal Ungueal 2do dedo	32,22 \pm 5,28	28,33 \pm 5,49	2,888*
Falange Distal Ungueal 3ro dedo	32,16 \pm 5,38	27,93 \pm 5,72	3,045*
Falange Distal Ungueal 4to dedo	32,00 \pm 5,59	27,62 \pm 5,78	3,079*
Falange Distal Ungueal 5to dedo	31,41 \pm 5,54	26,45 \pm 5,81	3,491*
Muslo Anterior	32,60 \pm 1,95	30,64 \pm 2,30	3,640*
Muslo Posterior	32,76 \pm 1,75	30,91 \pm 2,11	3,828*
Pierna Anterior	32,01 \pm 1,54	30,54 \pm 1,76	3,545*
Pierna Posterior	32,08 \pm 1,57	30,52 \pm 1,85	3,652*
Pie Dorsal	29,44 \pm 3,04	27,64 \pm 3,17	2,313*
Nariz	33,87 \pm 2,39	31,89 \pm 3,22	2,762*
Labios	34,79 \pm 1,53	33,01 \pm 2,50	3,481*
Pómulo	35,19 \pm 1,77	33,08 \pm 3,12	3,260*
Frente	35,66 \pm 1,43	34,07 \pm 2,07	3,524*
Cuello Anterior	35,52 \pm 1,44	33,72 \pm 2,59	3,355*
Cuello Posterior	35,75 \pm 1,57	33,41 \pm 2,81	4,048*

IMC = índice de masa corporal; TI = termografía por infrarrojo; DE = desviación estándar. * = Diferencia estadística $t > 1,96$ ($\alpha < 0,05$).

Se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, en todas las características antropométricas y en la sumatoria de temperaturas, para todas las regiones corporales evaluadas, $t > 1,96$ ($\alpha < 0,05$). Sólo en la variable talla no se observó diferencia significativa.

En la Tabla II se muestran las temperaturas medias analizadas por región corporal y por grupos, $IMC \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$ e $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$, así como las diferencias entre grupos.

Es posible observar, en la Tabla II, que en promedio las temperaturas de los sujetos con $IMC > 24,9$ eran inferiores a las de sujetos con $IMC \leq 24,9$; la suma de todas las zonas corporales muestran, respectivamente, valores medios de $33,35 \text{ }^\circ\text{C}$ y $30,98 \text{ }^\circ\text{C}$. De igual manera al observar lo que ocurre entre los grupos, se pueden identificar diferencias significativas en las 32 zonas anatómicas evaluadas. Por otra parte, la zona anatómica con menos niveles de temperatura fue la zona del pie. Las zonas con temperaturas promedio más elevadas se identificaron en la zona de cabeza y cuello. Las regiones anatómicas de tórax anterior, antebrazo posterior, abdomen y cuello posterior fueron las que presentaron las mayores diferencias significativas entre ambos grupos.

En la Tabla III se puede observar que, en el grupo de sujetos con $IMC > 24,9$, existen correlaciones negativas significativas entre las temperaturas medias de la mayoría de las regiones anatómicas con la masa residual, en kilogramos; las correlaciones fuertes corresponden a la zona de hombro ($r = -0,54$, $p < 0,001$), brazo posterior ($r = -0,58$, $p < 0,001$), tórax posterior, lumbar y rodilla posterior ($r = -0,56$, $p < 0,001$), hombro ($r = -0,54$, $p < 0,001$) y brazo anterior ($r = -0,53$ p

< 0,001). En cuanto al ICC, las regiones con las relaciones más elevadas y significativas fueron la zona del hombro y del tórax anterior ($r = -0,50$, $p < 0,003$). En cuanto al IMC los valores más elevados y significativos cuando comparados con las temperaturas medias fueron la región del tórax anterior ($r = -0,58$, $p < 0,004$), del hombro ($r = -0,56$, $p < 0,001$), brazo posterior ($r = -0,53$, $p < 0,001$), tórax posterior ($r = -0,52$, $p < 0,001$), rodilla posterior, antebrazo posterior y lumbar ($r = -0,51$, $p < 0,002$).

En cuanto al grupo de sujetos con $IMC \leq 24,9$ (Tabla IV), existen correlaciones negativas significativas entre las temperaturas medias de la mayoría de las regiones anatómicas cuando se comparan con la masa residual, en kilogramos; las de correlación fuerte corresponden a la zona de tórax anterior ($r = -0,63$, $p < 0,000$), lumbar y pierna anterior ($r = -0,58$, $p < 0,001$), tórax posterior ($r = -0,56$, $p < 0,001$), abdomen y muslo anterior ($r = -0,55$, $p < 0,002$), frontal y pierna posterior ($r = -0,53$, $p < 0,003$), codo anterior y muslo posterior ($r = -0,52$, $p < 0,003$).

Tabla III. Correlaciones entre la temperatura media de las 32 zonas anatómicas y los valores de masa residual e índices antropométricos ICC, ICE e IMC en sujetos con $IMC > 24,9$.

TI, Regiones corporales	Residual (kg)		ICC		ICE		IMC (kg/m ²)	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Hombro	-0,54	0,001	-0,50	0,003	-0,54	0,001	-0,55	0,001
Codo Anterior	-0,51	0,002	-0,45	0,008	-0,46	0,006	-0,48	0,004
Muñeca Anterior	-0,33	0,056	-0,29	0,097	-0,30	0,090	-0,31	0,077
Rodilla Anterior	-0,34	0,045	-0,23	0,186	-0,32	0,070	-0,36	0,037
Rodilla Posterior	-0,56	0,001	-0,43	0,011	-0,45	0,007	-0,51	0,002
Tobillo	-0,13	0,465	-0,01	0,961	-0,03	0,866	-0,10	0,573
Tórax Anterior	-0,50	0,003	-0,50	0,003	-0,48	0,004	-0,58	0,004
Tórax Posterior	-0,56	0,001	-0,43	0,012	-0,48	0,004	-0,52	0,001
Brazo Anterior	-0,53	0,001	-0,47	0,005	-0,48	0,004	-0,50	0,003
Brazo Posterior	-0,58	0,001	-0,37	0,030	-0,42	0,014	-0,53	0,001
Antebrazo Anterior	-0,43	0,011	-0,38	0,026	-0,41	0,015	-0,42	0,013
Antebrazo Posterior	-0,47	0,005	-0,47	0,006	-0,50	0,003	-0,51	0,002
Abdomen	-0,47	0,005	-0,47	0,005	-0,48	0,004	-0,47	0,005
Lumbar	-0,56	0,001	-0,42	0,015	-0,47	0,005	-0,51	0,002
Metacarpianos Dorsal	-0,17	0,327	-0,20	0,254	-0,18	0,298	-0,19	0,287
Metacarpianos Palmar	-0,31	0,079	-0,27	0,118	-0,26	0,131	-0,28	0,109
Falange Dorsal 1er dedo	-0,44	0,010	-0,30	0,084	-0,40	0,019	-0,46	0,006
Falange Dorsal 2do dedo	-0,43	0,011	-0,32	0,066	-0,36	0,039	-0,40	0,018
Falange Dorsal 3ro dedo	-0,44	0,009	-0,33	0,058	-0,36	0,035	-0,42	0,014
Falange Dorsal 4to dedo	-0,44	0,010	-0,32	0,064	-0,37	0,033	-0,42	0,014
Falange Dorsal 5to dedo	-0,41	0,017	-0,31	0,079	-0,34	0,053	-0,38	0,025
Muslo Anterior	-0,43	0,012	-0,27	0,117	-0,36	0,038	-0,42	0,014
Muslo Posterior	-0,50	0,003	-0,27	0,124	-0,36	0,039	-0,45	0,007
Pierna Anterior	-0,45	0,008	-0,29	0,093	-0,38	0,025	-0,47	0,005
Pierna Posterior	-0,46	0,007	-0,30	0,089	-0,34	0,051	-0,42	0,013
Pie Dorsal	-0,06	0,728	0,03	0,890	0,04	0,807	-0,01	0,949
Nariz	-0,47	0,006	-0,33	0,055	-0,39	0,023	-0,43	0,011
Labios	-0,33	0,060	-0,33	0,057	-0,23	0,190	-0,22	0,222
Pómulo	-0,38	0,027	-0,36	0,038	-0,31	0,072	-0,33	0,058
Frontal	-0,42	0,014	-0,46	0,006	-0,40	0,019	-0,39	0,022
Cuello Anterior	-0,39	0,023	-0,39	0,021	-0,32	0,064	-0,33	0,057
Cuello Posterior	-0,50	0,003	-0,37	0,032	-0,37	0,033	-0,42	0,012

ICC = índice cintura cadera; ICE = índice cintura estatura; IMC = índice de masa corporal. r = correlación Pearson, $p < 0,05$.

Tabla IV. Correlaciones entre la temperatura media de las 32 zonas anatómicas y la masa residual en kilogramos e IMC, en sujetos con IMC ≤ 24,9.

TI, Regiones corporales	Masa Residual (kg)		IMC (kg/m ²)	
	r	p	r	p
Hombro	-0,44	0,015	0,06	0,769
Codo Anterior	-0,52	0,003	-0,13	0,502
Muñeca Anterior	-0,47	0,008	-0,09	0,643
Rodilla Anterior	-0,37	0,044	0,13	0,488
Rodilla Posterior	-0,48	0,007	-0,03	0,876
Tobillo	-0,35	0,06	-0,01	0,944
Tórax Anterior	-0,63	0,000	-0,11	0,557
Tórax Posterior	-0,56	0,001	-0,10	0,592
Brazo Anterior	-0,49	0,006	-0,10	0,595
Brazo Posterior	-0,49	0,007	-0,09	0,63
Antebrazo Anterior	-0,49	0,006	-0,21	0,262
Antebrazo Posterior	-0,43	0,017	-0,09	0,643
Abdomen	-0,55	0,002	-0,07	0,704
Lumbar	-0,58	0,001	-0,05	0,802
Metacarpianos Dorsal	-0,44	0,015	-0,03	0,869
Metacarpianos Palmar	-0,39	0,032	0,13	0,499
Falange Dorsal 1er dedo	-0,38	0,04	0,03	0,861
Falange Dorsal 2do dedo	-0,34	0,07	0,07	0,71
Falange Dorsal 3ro dedo	-0,34	0,067	0,09	0,652
Falange Dorsal 4to dedo	-0,35	0,06	0,10	0,619
Falange Dorsal 5to dedo	-0,34	0,07	0,12	0,527
Muslo Anterior	-0,55	0,002	-0,01	0,965
Muslo Posterior	-0,52	0,003	-0,01	0,941
Pierna Anterior	-0,58	0,001	-0,07	0,711
Pierna Posterior	-0,53	0,003	-0,09	0,644
Pie Dorsal	-0,43	0,018	0,07	0,711
Nariz	-0,32	0,091	0,08	0,659
Labios	-0,48	0,007	0,00	0,984
Pómulo	-0,49	0,006	-0,03	0,862
Frontal	-0,53	0,003	0,01	0,955
Cuello Anterior	-0,47	0,009	0,05	0,787
Cuello Posterior	-0,46	0,012	0,05	0,802

DE = desviación estándar; IMC = índice de masa corporal; r = correlación Pearson, p < 0,05.

DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue establecer las relaciones entre la temperatura medida por termografía por infrarrojo (TI) en 32 áreas corporales, con variables de composición corporal e índices antropométricos como el índice de

masa corporal (IMC), índice cintura cadera (ICC), índice cintura estatura (ICE), en hombres adultos divididos según su estado ponderal (IMC ≤ 24,9 kg/m² e IMC > 24,9 kg/m²).

A partir de los resultados obtenidos fue posible establecer que los índices antropométricos como el IMC, ICC e ICE, en los sujetos con IMC ≤ 24,9 kg/m² no presentaron relaciones significativas con la temperatura superficial de la piel. Por el contrario, el grupo con IMC > 24,9 kg/m² sí presentaron relaciones fuertes negativas con la temperatura superficial, en las zonas de hombro, tórax, brazo, antebrazo y rodilla. En la zona de las falanges las relaciones fueron negativas moderadas lo que indica que sujetos con mayores niveles de IMC presentaron menores niveles de temperatura a nivel de la mano.

En los sujetos con IMC > 24,9 kg/m² se dan relaciones principalmente entre la masa residual, en kilogramos, con la temperatura de zonas anatómicas de la parte superior del cuerpo, como tórax, zona lumbar y brazo.

Hombro, tórax anterior y posterior son las zonas de temperatura superficial que presenta relaciones moderadas con el ICE, lo que podría deberse a que existe una relación relevante entre el área de superficie de piel y la disipación de calor según la estatura.

Al hacer referencias al ICC, las regiones anatómicas de abdomen y zona lumbar presentan correlaciones negativas moderadas con la temperatura superficial de la misma zona.

Los sujetos con $IMC \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$ presentan temperaturas superficiales más elevadas en la región del tronco y en los miembros superiores, existiendo además una mayor relación con la masa residual. Esta situación podría deberse a que en esta zona se encuentran grandes órganos metabólicamente muy activos, como el corazón, pulmones y grandes vasos arteriales y venosos, que generan más calor corporal (Oerlemans *et al.*, 1999; Debiec-Bak & Skrzek, 2012; Chudecka & Lubkowska, 2015).

Zonas como la región de cabeza y cuello presentan los valores más elevados de temperatura superficial de todas las zonas evaluadas, principalmente en sujetos con $IMC \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$, así como valores de temperatura más bajos en sujetos con $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$, existiendo diferencias significativas entre los grupos. Esto podría ser debido a que zonas como el cráneo presentan menores porcentajes de masa adiposa, al ser una zona anatómica que aloja el encéfalo, un órgano con una elevada actividad metabólica y gasto energético, lo que se traduce en una mayor producción de calor en la zona de cabeza y cuello.

Zonas anatómicas grandes, como la de los muslos, presentan temperaturas más elevadas en sujetos con $IMC \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$. Al contrario, en sujetos con $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$ la disipación de calor en la piel de esas zonas es más baja. Esto coincide con que estos sujetos presentaron mayores niveles de masa adiposa subcutáneo y, por la tanto, relaciones negativas con la temperatura superficial de la misma zona; unos datos que concuerdan con lo encontrado por Savastano *et al.* (2009). Es también posible establecer que sujetos sedentarios con valores menores de masa muscular también presenten menores valores de temperatura superficial. Se sabe que sujetos con mayores niveles de IMC son por lo general sedentarios, lo que también se asocia a una menor capacidad de contracción muscular, que redundan en menores niveles de temperatura superficial; posiblemente debido a que la masa muscular es crucial en la generación de calor (Schmitt & Guillot, 1984; Chudecka & Lubkowska, 2015).

Es de igual forma interesante destacar que la temperatura de la zona abdominal fue significativamente menor, presentando $2,48 \text{ }^\circ\text{C}$ menos en los sujetos con $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$. Generalmente la región abdominal es una zona de acumulación de tejido adiposo subcutáneo, lo que implica una menor pérdida de calor en esta localización; estos datos son similares a lo observado por otros autores en sujetos con sobrepeso u obesidad (Savastano *et al.*, 2009; Chudecka *et al.*, 2014). También es importante considerar que zonas corporales como el abdomen, muslos y caderas son zonas de acumulación de masa adiposa, lo que además se relaciona con que en el cuerpo humano la disipación

del calor se encuentra influenciada también por el sitio anatómico y la mayor proporción de un material aislante como lo es este tejido (Baker & Daniels Jr., 1956; Keatinge, 1960; Jequier *et al.*, 1974; Claessens-van Ooijen *et al.*, 2006). Además, es importante destacar que el tejido adiposo es un bajo conductor térmico, lo que podría estar influyendo en los menores niveles de temperatura superficial en zonas anatómicas como la abdominal, en aquellos sujetos con $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$ y que presentan mayores niveles de masa adiposa (Cooper & Trezek, 1971).

La cavidad abdomino pelviana, asociada a la zona abdominal y lumbar, presentan grandes volúmenes de masa residual junto al sistema digestivo por lo cual es una región que presenta actividad metabólica elevada (Heymsfield *et al.*, 2019). Por ello, la generación de calor metabólico a nivel abdominal se relaciona fuertemente con una mayor temperatura superficial en sujetos con $IMC \leq 24,9$ (Barraza-Gómez *et al.*, 2021). Además, la zona abdominal presenta una fuerte correlación entre la temperatura superficial y la masa residual, en ambos grupos; siendo mayores y significativas las diferencias con el grupo con $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$ y que presentaron valores más bajos.

Al revisar el total de las zonas estudiadas se observa que en todas ellas los sujetos con $IMC \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$ presentan valores mayores de temperatura superficial. Esto es distinto a lo que ocurre con sujetos con niveles de $IMC > 24,9 \text{ kg/m}^2$, en donde la disipación del calor metabólico corporal en presencia de sobrepeso u obesidad es menor que en sujetos con un IMC normal. Estas respuestas parecen ser el producto de una mayor acumulación de tejido adiposo subcutáneo, que coincide con lo que ha sido referido por algunos autores (Jéquier *et al.*, 1974; Livingstone *et al.*, 1987; Sessler *et al.*, 1991; Aita & Yoshizumi, 1994; Glickman-Weiss *et al.*, 1996; Claessens-van Ooijen, 2006; Salamunes *et al.*, 2017). Por último, parece relevante considerar que los sujetos con sobrepeso y obesidad parecen disipar el calor hacia la piel de forma más lenta que sujetos con IMC normales (Kurz *et al.*, 1995).

CONCLUSIÓN

Existe una estrecha relación entre la temperatura superficial de la piel de grandes zonas anatómicas y de algunos parámetros de composición corporal, como la masa residual. Una masa que se acumula, principalmente, en las cavidades torácica y abdomino pelviana, que se manifiesta, a través, de los índices IMC, ICC e ICE. Esto se observa principalmente en los segmentos superiores del cuerpo y en sujetos con un IMC por encima del límite de

normalidad; unos sujetos que disipan menos calor por la piel, que les dificulta su capacidad termorreguladora y que se asocia a una mayor edad. La fuerte capacidad aislante de la masa adiposa influye notablemente en las temperaturas de superficie recogidas con la TI. Sin embargo, sujetos con un estado ponderal normal disipan mayor volumen de calor a través de la piel, en todas las zonas evaluadas, presentando valores mayores de temperatura superficial en la totalidad de las zonas anatómicas analizadas.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece a la Dirección General de Investigación (DGI) de la Universidad de Playa Ancha, Chile, por financiar parcialmente este estudio, que forma parte de la tesis doctoral del primer autor y que ha sido dirigida por la Dra. María J. Cuevas y el Dr. Alvear-Ordenes. Se agradece a los sujetos que participaron en el estudio.

BARRAZA-GÓMEZ, F.; HECHT-CHAU, G.; BÁEZ-SAN MARTÍN, E.; TORO SALINAS, A.; HENRIQUEZ, M.; GARCÍA-PELAYO, S.; CUEVAS, M. J. & ALVEAR-ORDENES, I. Relationship between surface temperature, body composition and anthropometric indicators of obesity and overweight. *Int. J. Morphol.*, 41(6):1824-1832, 2023.

SUMMARY: Infrared thermography (IT) makes it possible to assess body temperature, measure changes in body heat dissipation on the surface, and relate them to body composition characteristics and anthropometric indices. The objective of this study was to increase the number of records of body areas evaluated with IT and establish the relationships of these temperatures (32 body areas) with body composition variables and anthropometric indices, such as body mass index (BMI), waist-hip ratio, waist-height ratio, in adult men divided according to their weight status. A total of 60 healthy adult men participated, divided into 2 groups: group 1 (n=30), with a body mass index (BMI) ≤ 24.9 , age 23.2 ± 3.9 years, body mass 66.5 ± 6.5 kg, and height 170.5 ± 7.4 cm; and, group 2 (n = 30), with BMI > 24.9 , age 29.4 ± 9.9 years, body mass 84.5 ± 11.9 kg, and height 172.0 ± 7.18 cm. Anthropometric and IT assessments were performed. Subjects with BMI ≤ 24.9 kg/m² presented higher values of surface temperature in all areas studied, unlike subjects with BMI levels > 24.9 kg/m², where body heat dissipation was lower. There is a close relationship between skin surface temperature and BMI, where subjects with a normal BMI showed higher heat dissipation and surface temperature values, in all evaluated areas, unlike subjects with a BMI that was above the normal limit.

KEY WORDS. Thermography; Skinfold thickness; Body mass index; Waist-height index; Waist-hip index; Body composition.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aita, M. & Yoshizumi, K. The effects of environmental thermal condition on transitional skin temperature of peripheral parts of human hands and feet during exercise. *Ann. Physiol. Anthropol.*, 13(6):421-7, 1994.
- Bagavathiappan, S.; Saravanan, T.; Philip, J.; Jayakumar, T.; Raj, B.; Karunanithi, R.; Panicker, T. M. R.; Korath, M. P., & Jagadeesan, K. Infrared thermal imaging for detection of peripheral vascular disorders. *J. Med. Phys.*, 34(1):43-7, 2009.
- Baker, P. T. & Daniels Jr., F. Relationship between skinfold thickness and body cooling for two hours at 15 degrees C. *J. Appl. Physiol.*, 8(4):409-16, 1956.
- Barraza-Gómez, F.; Alvear-Órdenes, I.; Hecht-Chau, G.; Henríquez, M. & Tuesta, M. Association between infrared thermography, anthropometry parameters and rest energy expenditure in men. *Int. J. Morphol.*, 39(4):1176-82, 2021.
- Bauer, J.; Hoq, M. N.; Mulcahy, J.; Tofail, S. A. M.; Gulshan, F.; Silien, C.; Podbielska, H. & Akbar, M. M. Implementation of artificial intelligence and non-contact infrared thermography for prediction and personalized automatic identification of different stages of cellulite. *EPMA J.*, 11(1):17-29, 2020.
- Bitar, D.; Goubar, A. & Desenclos, J. C. International travels and fever screening during epidemics: a literature review on the effectiveness and potential use of non-contact infrared thermometers. *Euro Surveill.*, 14(6):19115, 2009.
- Blasco Redondo, R. Resting energy expenditure; assessment methods and applications. *Nutr. Hosp.*, 31(Suppl. 3):245-54, 2015.
- Brito, C. J.; Miarka, B.; García-Pastor, T.; Pérez, D. I. V.; Marins, J. C. B. & Sillero-Quintana, M. Osteoarthritis subjects have differentiated lower extremity thermal skin response after the concurrent acute training session. *J. Therm. Anal. Calorim.*, 145(5):2467-75, 2021.
- Cheung, B. M.; Chan, L. S.; Lauder, I. J. & Kumana, C. R. Detection of body temperature with infrared thermography: accuracy in detection of fever. *Hong Kong Med. J.*, 18(Suppl. 3):S31-4, 2012.
- Chudecka, M. & Lubkowska, A. Thermal maps of young women and men. *Infrared Phys. Technol.*, 69:81-87, 2015.
- Chudecka, M.; Zaborski, D.; Lubkowska, A.; Grzesiak, W.; Klimek, A. & Modrzejewski, A. Temperature changes in selected areas of body surface induced by systemic cryostimulation. *Aviat. Space Environ. Med.*, 85(12):1170-6, 2014.
- Claessens-van Ooijen, A. M.; Westerterp, K. R.; Wouters, L.; Schoffelen, P. F.; van Steenhoven, A. A. & van Marken Lichtenbelt, W. D. Heat production and body temperature during cooling and rewarming in overweight and lean men. *Obesity (Silver Spring)*, 14(11):1914-20, 2006.
- Cooper, T. E. & Trezek, G. J. Correlation of thermal properties of some human tissue with water content. *Aerosp. Med.*, 42(1):24-7, 1971.
- De, bieć-Bańk, A., & Skrzek, A. The comparison of surface body temperature distribution between men and women by means of thermovision. *Inz. Biomed.*, 18:25-9, 2012.
- Fernández-Cuevas, I.; Bouzas Marins, J. C.; Arnáiz Lastras, J.; Gómez Carmona, P. M.; Piñonosa Cano, S.; García-Concepción, M. Á. & Sillero-Quintana, M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys. Technol.*, 71:28-55, 2015.
- Geijer, H.; Udumyan, R.; Lohse, G. & Nilsagård, Y. Temperature measurements with a temporal scanner: systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 6(3):e009509, 2016.
- Glickman-Weiss, E. L.; Hearon, C. M.; Nelson, A. G. & Kime, J. Relationship between thermoregulatory parameters and DEXA-estimated regional fat. *Wilderness Environ. Med.*, 7(1):19-27, 1996.
- Gutiérrez-Vargas, R.; Ugalde-Ramírez, J. A.; Rojas-Valverde, D.; Salas-Cabrera, J.; Rodríguez-Montero, A. & Gutiérrez-Vargas, J. C. La termografía infrarroja como herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas después de correr una maratón. *Rev. Fac. Med.*, 65(4):601-7, 2017.

- Hadzic, V.; Sirok, B.; Malnersic, A. & Coh, M. Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. *J. Sport Health Sci.*, 8(1):89-92, 2019.
- Heymsfield, S. B.; Thomas, D. M.; Bosty-Westphal, A. & Müller, M. J. The anatomy of resting energy expenditure: body composition mechanisms. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 73(2):166-71, 2019.
- Hopkins, W. G.; Marshall, S. W.; Batterham, A. M. & Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41(1):3-12, 2009.
- Huang, C. L.; Wu, Y. W.; Hwang, C. L.; Jong, Y. S.; Chao, C. L.; Chen, W. J.; Wu, Y. T. & Yang, W. S. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J. Vasc. Surg.*, 54(4):1074-80, 2011.
- Jéquier, E.; Gygax, P. H.; Pittet, P. & Vannotti, A. Increased thermal body insulation: relationship to the development of obesity. *J. Appl. Physiol.*, 36(6):674-8, 1974.
- Keatinge, W. R. The effects of subcutaneous fat and of previous exposure to cold on the body temperature, peripheral blood flow and metabolic rate of men in cold water. *J. Physiol.*, 153(1):166-78, 1960.
- Kerr, D. A. An Anthropometric Method for Fractionation of Skin, Adipose, Bone, Muscle and Residual Tissue Masses, in Males and Females Age 6 to 77 years. Master Thesis. Burnaby, Simon Fraser University, 1988.
- Kovats, R. S. & Hajat, S. Heat stress and public health: a critical review. *Annu. Rev. Public. Health*, 29(1):41-55, 2008.
- Kurz, A.; Sessler, D. I.; Narzt, E.; Lenhardt, R. & Lackner, F. Morphometric influences on intraoperative core temperature changes. *Anesth. Analg.*, 80(3):562-7, 1995.
- Law, J.; Morris, D.E.; Izzi-Engbeaya, C.; Salem, V.; Coello, C.; Robinson, L.; Jayasinghe, M.; Scott, R.; Gunn, R.; Rabiner, E.; *et al.* Thermal imaging is a noninvasive alternative to PET/CT for measurement of brown adipose tissue activity in humans. *J. Nucl. Med.*, 59(3):516-22, 2018.
- Livingstone, S. D.; Nolan, R. W.; Frim, J.; Reed, L. D. & Limmer, R. E. A thermographic study of the effect of body composition and ambient temperature on the accuracy of mean skin temperature calculations. *Eur. J. App. Physiol. Occup. Physiol.*, 56(1):120-5, 1987.
- Matthies, F.; Bickler, G.; Hales, S. & Marín, N. C. *Heat-Health Action Plans: Guidance*. Geneva, World Health Organization, Regional Office for Europe, 2008.
- Niven, D. J.; Gaudet, J. E.; Laupland, K. B.; Mrklas, K. J.; Roberts, D. J. & Stelfox, H. T. Accuracy of peripheral thermometers for estimating temperature: a systematic review and meta-analysis. *Ann. Intern. Med.*, 163(10):768-77, 2015.
- Oerlemans, H. M.; Graff, M. J.; Dijkstra-Hekkink, J. B.; de Boo, T.; Goris, R. J. & Oostendorp, R. A. Reliability and normal values for measuring the skin temperature of the hand with an infrared tympanic thermometer: a pilot study. *J. Hand Ther.*, 12(4):284-90, 1999.
- Paal, P.; Brugger, H. & Strapazzon, G. Accidental hypothermia. *Handb. Clin. Neurol.*, 157:547-63, 2018.
- Salamunes, A. C. C.; Stadnik, A. M. W. & Neves, E. B. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. *J. Therm. Biol.*, 66:1-9, 2017.
- Savastano, D. M.; Gorbach, A. M.; Eden, H. S.; Brady, S. M.; Reynolds, J. C. & Yanovski, J. A. Adiposity and human regional body temperature. *Am. J. Clin. Nutr.*, 90(5):1124-31, 2009.
- Schiavon, G.; Capone, G.; Frize, M.; Zaffagnini, S.; Candrian, C. & Filardo, G. Infrared Thermography for the evaluation of inflammatory and degenerative joint diseases: A systematic review. *Cartilage*, 13(Suppl. 2):1790S-1801S, 2021.
- Schmitt, M. & Guillot, Y. *Thermography and Muscle Injuries In Sports Medicine*. In: Ring, E. F. J. & Phillips, B. (Eds.). Recent Advances in Medical Thermology. New York, Springer, 1984. pp.439-44.
- Sessler, D. I.; McGuire, J. & Sessler, A. M. Perioperative thermal insulation. *Anesthesiology*, 74(5):875-9, 1991.
- Stewart, A.; Marfell-Jones, M.; Olds, T. & De Ridder, H. *International Standards for Anthropometric Assessment*. 3rd ed. Lower Hutt, International Society for Advancement of Kinanthropometry, 2011.
- Thiruvengadam, J.; Anburajan, M.; Menaka, M. & Venkatraman, B. Potential of thermal imaging as a tool for prediction of cardiovascular disease. *J. Med. Phys.*, 39(2):98-105, 2014.
- Weigert, M.; Nitzsche, N.; Kunert, F.; Lösch, C. & Schulz, H. The influence of body composition on exercise-associated skin temperature changes after resistance training. *J. Therm. Biol.*, 75:112-9, 2018.

Dirección para correspondencia:
Ildelfonso Alvear-Ordenes
FISAP, Instituto de Biomedicina (IBIOMED)
Campus de Vegazana, s/n
24071 León
ESPAÑA

E-mail: ialvor@unileon.es