



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Tesinas de Grado

Farias, Emilce Naiquen

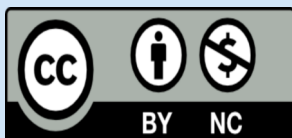
La Termografía Infrarroja como herramienta de evaluación kinésica deportiva : Revisión Bibliográfica

2023

Instituto de Ciencias de la Salud

Carrera: Licenciatura en Kinesiología y

Fisiatría



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – No comercial 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Farias, E. N. (2023). *La Termografía Infrarroja como herramienta de evaluación kinésica deportiva : Revisión Bibliográfica* [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche].

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/2981>



Universidad Nacional Arturo Jauretche

Instituto de Ciencias De La Salud

Lic. Kinesiología y Fisiatría

Título:

“La Termografía Infrarroja como herramienta de evaluación kinésica deportiva: Revisión Bibliográfica”

Autor:

Farias; Emilce Naiquen.

Nº Legajo:

35753

Director:

Dr. Ronzio, Oscar

Fecha de presentación:

13/10/2022

Firma de autora:

Índice.

I Introducción:	3
II. Objetivos	5
II.a Objetivo general	5
II.b Objetivos específicos	5
III. Justificación:	6
IV Métodos.	6
V El calor.	9
La termodinámica.	9
Leyes de la termodinámica.	9
Métodos de transferencia de calor.	11
Radiación Infrarroja	12
VI Termografía infrarroja	14
Cámaras termográficas.	16
Características de la cámara infrarroja.	19
Sensibilidad térmica o NETD	19
Precisión.	19
Resolución espacial	20
Frecuencia de la imagen	21
Enfoque	21
Protocolo de adquisición de imágenes térmicas en medicina.	21
Beneficios e indicaciones del uso de las cámaras termografías.	25
Beneficios	25
Indicaciones.	26
Contraindicaciones y limitaciones	27
Contraindicaciones	27
Limitaciones:	28
VII Fisiología, calor, cuerpo humano y ejercicio.	29
Temperatura normal, metabolismo y termorregulación.	29
Mecanismos de transferencia de calor.	35
	1

La piel	36
Factores que afectan la temperatura de la piel	37
El músculo.	39
Asimetría	40
Lesiones más frecuentes, mecanismo de producción, prevención.	44
VIII La Termografía Infrarroja como herramienta de evaluación kinésica deportiva:	47
Bases del uso de la Termografía infrarroja en el ejercicio.	47
Termografía infrarroja en relación a Simetrías, Asimetrías y Lesiones.	59
Discusión	69
IX Conclusión.	70
X Bibliografía.	72
XI Anexos.	100

I Introducción:

El desarrollo de las ciencias aplicadas y su relación interdisciplinaria dentro de las ciencias médicas, fue un proceso que comenzó en el siglo XX; siendo el punto de partida de la implementación de técnicas novedosas para el tratamiento y diagnóstico de enfermedades.(1) Estos últimos se podría decir que nacen de la integración de una serie de datos que asimismo pueden indicar la necesidad de seguir y ahondar aún más en la valuación clínica.(2)

El diagnóstico por medio de la clasificación de los estados de salud, es posible hallarlo en la Cie 10 (abreviatura de la Clasificación Internacional de Enfermedades, Décima Revisión.). El mismo, al ser combinado con la valoración del funcionamiento y la discapacidad, clasificado en la Cif, la cual informa de las “consecuencias de enfermedades” otorgará un mapa más completo y general del padecimiento del paciente.(3)

Es así que la evaluación se refiere a un proceso complejo, componente esencial de la actividad profesional, que se relaciona con la asignación de expresiones numéricas y/o simbólicas a observaciones medibles dentro de un marco de referencia contextual. Las mismas permiten un ulterior análisis y determinarán la toma de decisiones.(4) La evaluación kinésica específicamente, cumple un rol sumamente valioso para la planificación terapéutica en todos los ámbitos de la kinesiología, y el ámbito deportivo no se encuentra exento de esta aseveración.(5)

Dentro de la ya nombrada CIF, se estructuran los elementos a tener en cuenta en la evaluación clasificándolos en el componente Cuerpo (funciones de los sistemas corporales, y estructuras del cuerpo.) y el componente Actividades y Participación.(3)

“Las Estructuras corporales son las partes anatómicas del cuerpo tales como los órganos, las extremidades y sus componentes.”(3) Por tanto los músculos quedan incluidos dentro de esta clasificación y es importante realizar una valoración de los mismos. brindando los estudios por imágenes como las resonancias magnéticas una confirmación diagnóstica.(2)

Se considera que el ser humano es “homeotermo” es decir, mantiene una temperatura relativamente constante dentro de un rango estrecho, bien delimitado, la mayor parte de la vida(6). La regulación de la temperatura corporal es una de las funciones más críticas del sistema nervioso.(7) Puede ser definida como la diferencia entre la cantidad de calor producida por el cuerpo y la cantidad de energía perdida por el mismo.(8)

La producción de calor está dada por todos los tejidos en actividad (6) y no es excepción de esta premisa el músculo esquelético.(9) La pérdida energética, en el cuerpo del ser humano como todo cuerpo físico cuya temperatura se encuentre por encima del cero absoluto(10), se realiza en forma de emisión de radiación infrarroja.(11)

La radiación Infrarroja es definida como radiación electromagnética de >700 nm de longitud de onda (12–14) y el cuerpo humano emite ondas en el orden de las de 10micras, lo cual significa, dentro de la clasificación de radiación infrarroja, que pertenece al espectro medio y lejano.(11)

Siguiendo un método, un proceso de medida, y por medio de un instrumento de medición, es posible describir las características del objeto de estudio cualitativa o cuantitativamente.(4)

La termografía infrarroja es una técnica(15) que permite mediante la implementación de las cámaras termográficas, detectar y convertir en temperatura, la intensidad de la radiación infrarroja emitida por la piel(16). La misma demostró ser una herramienta útil para la medición de temperatura superficial de una manera segura y no invasiva.(17) La imagen adquirida al utilizar una cámara infrarroja, denominada termograma,(18) es captada en una película y consiste en áreas claras y oscuras contrastantes, que corresponden a regiones de alta y baja temperaturas, respectivamente.(19)

La posibilidad de medir superficialmente la temperatura de los músculos funcionalmente involucrados en la actividad deportiva (20,21) gracias a la capacidad de revelar cambios funcionales relacionados con el control de la temperatura de la piel,(22) y la puesta en evidencia de patrones térmicos anormales, pondrían en evidencia los defectos subyacentes a la piel.(16)

La utilización adecuada de la tecnología en salud determinará en parte el nivel de calidad de la atención de salud.(1) La solución de problemas prácticos mediante la utilización de conocimientos científicos, es una de las formas de definir a la tecnología(23), siendo la termografía infrarroja una de ellas.(24) Si bien la misma ha sido desarrollada hace varios años⁽²⁵⁾, su aplicación en el ámbito deportivo es novedosa y está siendo analizado por varios países. En este sentido, los primeros grupos de investigación pertenecían a Eslovenia y España. Posteriormente se ha extendido, cubriendo una gran cantidad de países, tales como Austria, Estados Unidos, Japón, Serbia, Australia, Brasil, Italia, y Portugal.(26)

La búsqueda de procedimientos de bajo costo, no invasivos, seguros y veloces que brinden datos plausibles de ser transformados en información valiosa por profesionales de la salud, se

torna de vital importancia, aún más en el contexto actual de constante evolución y transformación hacia la eficiencia. La termografía infrarroja podría caber dentro de estos requerimientos por ser un método que no solo cubre los anteriores, sino que además es altamente informativo y libre de radiación, convirtiéndolo en un potencial procedimiento en la práctica clínica diaria.(15)(27)

Todos los avances tecnológicos, como lo es la termografía infrarroja, requieren alta preparación profesional y una capacitación continua.(23) La necesidad de actualización permanente constituye, además, una obligación de los profesionales kinesiólogos, kinesiólogos fisiatras, licenciados kinesiólogos fisiatras, licenciados en kinesiología y fisioterapia, fisioterapeutas, terapeutas físicos para mantener la idoneidad profesional según la Ley N.º 24.317 “Ejercicio de la kinesiología y fisioterapia”, artículo 10.

En base a lo expuesto se enmarca la pregunta de investigación en la siguiente: ¿Cuáles son los criterios de utilización de la termografía infrarroja como herramienta de evaluación kinésica en el ámbito deportivo?

II. Objetivos

En el siguiente trabajo, los objetivos se verán conformados por un objetivo general y seis objetivos específicos, detallados a continuación:

II.a Objetivo general

El objetivo general describir el estado del arte en la termografía aplicada la kinesiología deportiva.

II.b Objetivos específicos

Los objetivos específicos se verán plasmados en los siguientes:

- Interpretar el mecanismo de adquisición de imágenes de la termografía infrarroja.
- Enunciar las aplicaciones de la termografía infrarroja en el ámbito clínico.
- Determinar la utilidad de la termografía infrarroja como método complementario de evaluación kinésica.
- Establecer los criterios de empleo de la termografía en la kinesiología deportiva.
- Describir el protocolo de adquisición de las imágenes térmicas.

- Identificar las posibles ventajas y desventajas del empleo de la termografía infrarroja como método complementario de evaluación kinésica.

III. Justificación:

Si bien existen numerosas herramientas de evaluación kinésica más allá de la clínica del paciente, el hecho de poder objetivar algunos parámetros de una forma fiable, económica y veloz, en este caso por medio de la termografía IR, podría servir para precisar y enfocar aún más el abordaje kinésico, permitiendo un mejor desempeño profesional que promueva tanto la implementación de una intervención adecuada a cada paciente, como la prevención de lesiones deportivas.

Por medio de la enumeración y análisis de las posibles aplicaciones de la TIR en el ámbito deportivo, se pretenderá dilucidar si la misma es capaz de proporcionar información valiosa sobre el sistema musculoesquelético para los licenciados en kinesiología y fisioterapia.

IV Métodos.

El presente trabajo será una revisión bibliográfica narrativa a través del buscador Pubmed.

Se consultó la combinación de los términos libres (Tabla 2) para lograr consumir los objetivos de este trabajo.

Se incluyeron aquellas revisiones, revisiones sistemáticas, metaanálisis y ensayos clínicos publicados entre los años 2011 y 2021 inclusive, realizados en la especie humana y redactados en español, inglés y portugués.

Dicha búsqueda arrojó un total de 206 artículos. 124 fueron descartados por no poseer pertinencia del tema con el área de conocimiento de la presente revisión, por tratarse de estudios repetidos, estudios en los que los sujetos de estudio tenían patologías sistémicas tales como diabetes, hipertensión o habían sufrido un paro cardíaco. Así mismo se descartaron estudios en donde las participantes estaban embarazadas o aquellos que involucraban fármacos y estudios de caso. Finalmente, un total de 82 artículos fueron empleados para la realización de esta revisión.

Tabla N° 1

	Pubmed (Mesh term)	Bireme (Decs)
# 1	“Thermography”	Termografía
# 2	“Sports”	Deportes
#3	“Exercise”	Ejercicio Físico
# 4	“Endurance Training”	Entrenamiento Aeróbico
# 5	“Resistance Training”	Entrenamiento de Resistencia
# 6	“Athletic Injuries”	Traumatismos en Atletas
# 7	“Sports Medicine”	Medicina deportiva
# 8	“Myalgia”	Mialgia
# 9	“Physical Therapy Modalities”	Modalidades de Fisioterapia
# 10	“Physical Therapy Specialty”	Fisioterapia
# 11	"Muscle Fatigue"	Fatiga Muscular
# 12	"Functional Laterality"	Lateralidad Funcional
# 13	“Athletic Performance”	Rendimiento Atlético
#14	“Biomarkers”	Biomarcadores
# 15	“Inflammation”	Inflamación
# 16	"Vasodilatation"	Vasodilatación
# 17	“Skin temperature”	Temperatura Cutánea
# 18	“workload”	Carga de Trabajo

Tabla N° 2

	Término	Conec- tor	Término	Conec- tor	Término	Conec- tor	Término	Resulta dos	Emplea dos
#19	("Sports")	OR	("Exercise")	AND	"Thermography"			117	54
# 20	("Sports Medicine"	OR	("Physical Therapy Specialty")	AND	"Thermography"			13	0
# 21	"Thermography"	AND	("Endurance Training")	OR	("Resistance Training")			7	3
# 22	"Sport"	AND	"Hyperthermia, Induced"	AND	Fatigue			11	7
# 23	Myalgia	AND	skin temperature					25	8
#24	"Skin temperature"	AND	"Biomarkers"	AND	("Athletic Performance"	OR	"Athletes")	7	4
# 25	"Functional Laterality"	AND	"Injuries"	AND	"Exercise"			26	8

V El calor.

El calor hace referencia a la transmisión de energía neta de un cuerpo a otro gracias a un gradiente de temperatura. De esta manera, existe una variación en la energía interna de ambos objetos. (28)

Entonces los sistemas materiales “no tienen calor, tienen temperatura” proporcional a la energía cinética de las partículas del material.(29)

Las escalas de temperatura más conocidas son la escala de temperatura Fahrenheit (utilizada en Estados Unidos) y la escala de temperatura Celsius (utilizada en el resto del mundo). Los puntos de hielo y de vapor tienen los valores de 32 F / 0°C y 212F/ 100°C, respectivamente. La escala Fahrenheit consta de 180 unidades o grados (F°), mientras que la escala Celsius contiene 100 unidades o grados (C°). Por lo tanto, un grado Celsius es casi dos veces mayor que un grado Fahrenheit. (30)

La termodinámica.

Abarca el estudio de la transferencia de energía entre un sistema y su entorno siempre que exista un gradiente de temperatura entre ambos. La misma se realiza en forma de calor y trabajo hasta llegar a un equilibrio térmico en dos sistemas cerrados. La velocidad de transferencia de calor es la energía en tránsito debida a un gradiente de temperaturas y se expresa en unidades de energía/tiempo en el sistema internacional Kcal/h.(31)

Leyes de la termodinámica.

Se considera al cuerpo humano como sistema termodinámico abierto ya permite el intercambio de energía y materia con el medio.(32,33)

Las leyes de la termodinámica nos permitirán comprender y fundamentar muchos de los procesos directamente relacionados con el cuerpo humano y el calor.

La transferencia de energía térmica en el ser humano está regida por la ley primera ley de la termodinámica o de la conservación de la energía según la cual, «*la energía no puede ser creada ni destruida*». Entonces, en un sistema cerrado, el calor emitido por la zona de mayor temperatura, debe coincidir con el calor absorbido por la zona más fría. (34) En el caso del ser humano, y a ser considerado como un sistema abierto, existe un intercambio continuo de materia y energía (calor) con el ambiente. Haciendo mención a la primera ley, la energía que gana el

ambiente es igual a la que pierde el cuerpo y viceversa, manteniéndose constante la energía total del sistema. Para ello se vale el cuerpo del metabolismo, el cual incluye al anabolismo y catabolismo, importantes en la utilización y liberación de energía, respectivamente. De esta manera emplea y transforma la energía adquirida por medio de los alimentos en trabajo y energía calorífica.(35)

La primera ley podría ser matemáticamente representada como

$$\Delta U = U_{\text{final}} - U_{\text{Inicial}} = q - w$$

Siendo U la energía, $+w$ el trabajo que ingresa al sistema, $-w$ el trabajo que sale del sistema, $-q$ reacciones exotérmicas y $+q$ endotérmicas. (31)

La energía la energía interna del sistema se verá afectada si se realiza trabajo sobre él, si es el sistema el que realiza trabajo o bien éste intercambia calor con otro. La energía transferida, en un sistema al que se le entrega calor y a su vez realiza un trabajo, será igual a la diferencia entre la energía interna inicial y la final. Esto es cierto en un sistema donde no hay posibilidad de cambio de volumen.(36)

En cada transferencia o transformación de energía se desprende cierta cantidad “no útil” El calor que no realiza trabajo aumenta la entropía (desorden). El ser humano no es capaz de utilizar la energía calorífica para realizar trabajo y por esta razón la disipa al ambiente(35). Según la segunda ley de la termodinámica: “«En cualquier transformación que se introduzca en un sistema aislado, la entropía del sistema aumenta o permanece constante»”. Pudiéndose afirmar que todos los procesos naturales (espontáneos) tienden al aumento del desorden del Universo. $\Delta S/\Delta t \geq 0$. (31) El cuerpo humano es un sistema altamente organizado que tiende también al desorden, por lo cual es necesario una serie de complejos procesos y trabajo que impidan la tendencia natural del alcance del máximo nivel de entropía. (35)

La producción de energía térmica se produce a través del metabolismo celular por lo cual, la tasa de producción de calor en un individuo es directamente proporcional al gasto energético y, por lo tanto, a la tasa metabólica.(37)

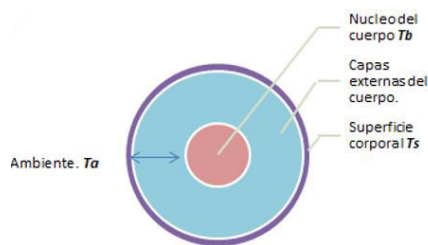


Figura 1: Esquema de clasificación de temperaturas del ser humano y el entorno.

En la figura 1 se esquematiza en forma simplificada las diferentes temperaturas que podemos encontrar en un animal determinado, ciertamente aplicable al Ser Humano. T_b se encuentra en el centro del organismo y representa la temperatura media corporal. T_a es la temperatura ambiente. T_s es la temperatura superficial que por lo general no es la misma a ninguna de las anteriores. Entre T_b y T_s se encuentran las capas externas del cuerpo cuya temperatura varía gradualmente del interior al exterior.(38)

Sin embargo este modelo no es estacionario. En un momento dado, puede ocurrir una vasoconstricción en el tejido superficial, la piel, y la temperatura de la misma se aproximará a la temperatura ambiente; en un instante posterior la piel podría vasodilatarse y su temperatura se aproximaría a la temperatura corporal profunda.(39)

Métodos de transferencia de calor.

Al estar en contacto sistemas con diferentes niveles de entalpía (cantidad total de energía que posee un objeto) las diferencias energéticas entre ambos disminuye, ya sea a través de un cambio de estado (sólido, líquido, gaseoso) o a través de la transferencia de calor por conducción, convección o radiación.(33)

La conducción: se trata del flujo de calor en un medio sólido siempre que haya una diferencia de temperatura entre dos regiones del mismo.(40)

Por otro lado, la transferencia de calor por convección se refiere al transporte de esta energía por medio del desplazamiento de los fluidos.(41)

De alguna manera, la convección es un proceso de conducción, que ocurre en todos los estados en que pudieran hallarse los cuerpos.(42) Sin embargo, la diferencia fundamental entre ambas es que para una diferencia de temperatura determinada, la transferencia de calor por convección ocurre a mayor velocidad.(38)

Como tercer método de transferencia de calor, se encuentra la radiación. La emisión de la radiación es el producto de la combinación de oscilaciones moleculares y cambios en las configuraciones electrónicas atómicas en el material emisor. Una vez que la radiación es emitida, se propaga en forma de onda electromagnética.(43,44)

A diferencia de lo que ocurre en la conducción y convección, la radiación térmica está condicionada por la temperatura de superficie del objeto sólido y no de su temperatura media (de ser heterogénea) o interna.(42) Otra diferencia entre los métodos de transmisión de calor es que la conducción y la convección requieren algún material como medio de transporte y tiene una gran relevancia el gradiente de temperatura sin embargo el mecanismo que nos ocupa no requiere un medio y lo importante para que se dé la transferencia de energía, es el nivel de temperatura del cuerpo.(34,45)

Las ondas electromagnéticas son energía en forma de campos eléctricos y magnéticos oscilantes y los elementos individuales de la misma se denominan fotones. La unidad de energía utilizada para describir la radiación electromagnética es el electronvoltio, definido como “la energía cinética de un electrón acelerado a través de una diferencia de potencial de 1 voltio ($1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ julios).”(46)

Las radiaciones se encuentran representadas en el “espectro electromagnético”. por medio de frecuencias y longitudes de ondas. El mismo, se divide en regiones, o intervalos. A medida que la frecuencia aumenta, menor será la longitud de onda. Esta última dependerá de cómo se produce la radiación.(45)

Se denomina radiación térmica a aquella cuya longitud de onda se haya comprendida entre los 2 y los 100 μm , siendo la emitida por todo cuerpo con una temperatura determinada.(47)

Si bien dentro de la misma, se encuentra la radiación visible (la cual tiene una longitud de onda que se encuentra entre las 0.38 y 0.76 micrones)(40), casi todo el efecto del calentamiento proviene de la radiación infrarroja invisible.(48)

Radiación Infrarroja

Se define como la radiación electromagnética de >700 nm de longitud de onda. (12–14,49)

La Organización Internacional de Normalización ISO 20473:2007 dividió este rango infrarrojo en tres bandas. El infrarrojo cercano (NIR, 0.78~3.0 μm), el infrarrojo medio (MIR, 3.0~50.0

μm) y el lejano (FIR, 50.0~1000.0 μm) (aunque esto es más una convención que una ley física).(50)

Un cuerpo cálido, emite radiación IR la cual depende directamente de la temperatura del material y de la naturaleza de la superficie emisora.(45) Por definición el poder emisivo total hace referencia a la cantidad de energía emitida por segundo y unidad de superficie. La emisividad se define como “la capacidad que tiene un cuerpo para emitir infrarrojos”. Depende en gran medida de las propiedades de los materiales del cuerpo.(51) Representa la razón de la cantidad de energía infrarroja emitida sobre la cantidad teóricamente perfecta que ese cuerpo debería emitir. La misma es un número que va de 0 a 1. En otras palabras, la emisividad es un medida de la eficiencia de la radiación de superficie y de la absorción.(52) En el caso extremo de la superficie de un cuerpo negro, es absorbida toda la energía incidente externa y emitida toda la energía interna es decir que posee una emisividad igual a 1. La emisividad de la piel humana se encuentra entre los 0.95 y 0,98 a 300 (°K) (10,52,53) para un rango de longitud de onda de 2–14 μm por lo cual está muy cercana a la de un cuerpo negro. (16)

En un organismo vivo, la emisividad es parte de las propiedades superficiales de un cuerpo que dentro del rango térmico infrarrojo depende de temperatura y características superficiales como la humedad nivel, aspereza y presencia de grasa.(52)

Detección de la radiación infrarroja.

La sensibilidad de la retina del ojo humano para el espectro de luz visible, varia con la longitud de onda siendo imposible la captación de la radiación infrarroja.(47)

Sin embargo, se la puede detectar usando otros medios. Si nos referimos a una forma humana y natural de hacerlo, podemos percibirla por medio de los termorreceptores de la piel.(54) Si nos referimos a un instrumento, deberíamos acudir a los detectores infrarrojos. Estos últimos miden la temperatura a distancia (50) y se clasifican en fotónicos y térmicos.(55)

Basado en ello, existen cámaras que usan una película especial sensible al infrarrojo, la cual permite “ver” y analizar campos de distribución de temperatura.(12)

Una imagen captada en esa película consiste en áreas claras y oscuras contrastantes, que corresponden a regiones de alta y baja temperaturas, respectivamente.(19) En la industria y la medicina se usan instrumentos especiales que aplican esta técnica de termografía; las imágenes que producen se llaman termogramas.(18)

Las cámaras infrarrojas son utilizadas en múltiples sectores. Desde el sector militar y policial permitiéndoles “ver “en la oscuridad, en el sector civil, utilizadas principalmente para la caza, el control medioambiental en la detección de posibles incendios, en la industria orientado al control eléctrico y hasta se emplean en satélites que monitorizan la temperatura de la Tierra.(56) Actualmente todos los avances en lo referido a las imágenes térmicas en el ámbito medico son ampliamente aceptados a nivel mundial. Las grandes potencias (Estados Unidos, Alemania, Italia, China, Polonia, Austria, Japón, Inglaterra, España, Brasil) ya comenzaron su utilización hace varios años y continúan sus investigaciones en el ámbito.(55)

VI Termografía infrarroja

La termografía infrarroja (IRT) captura la temperatura de la radiación emitida por la piel. Los termómetros de infrarrojos (IR) son fiables y muy útiles para lecturas de la temperatura de un solo punto. Una cámara termográfica puede analizar una superficie mayor o una estructura completa realizando una captura instantánea. Por ejemplo, una cámara que tenga una resolución de imagen de 60 x 60 píxeles equivalen a usar 3.600 termómetros de IR al mismo tiempo.(51)

La utilización de la termografía infrarroja en el ámbito de las ciencias humanas es relativamente moderna. Se trata de una técnica simple, útil para la medición de temperatura superficial de una manera segura y no invasiva(17) que demostró ser un método reproducible en adultos. (57) , mediante la cual se obtiene una imagen que representa la distribución de la temperatura corporal y que detecta la radiación infrarroja emitida por la piel. Esta imagen se denomina “termograma”. El método destaca la temperatura anormal medidas de patrones, y las imágenes que se producen pueden ser almacenadas y analizadas digitalmente para proporcionar información sobre el patrón térmico.(51)

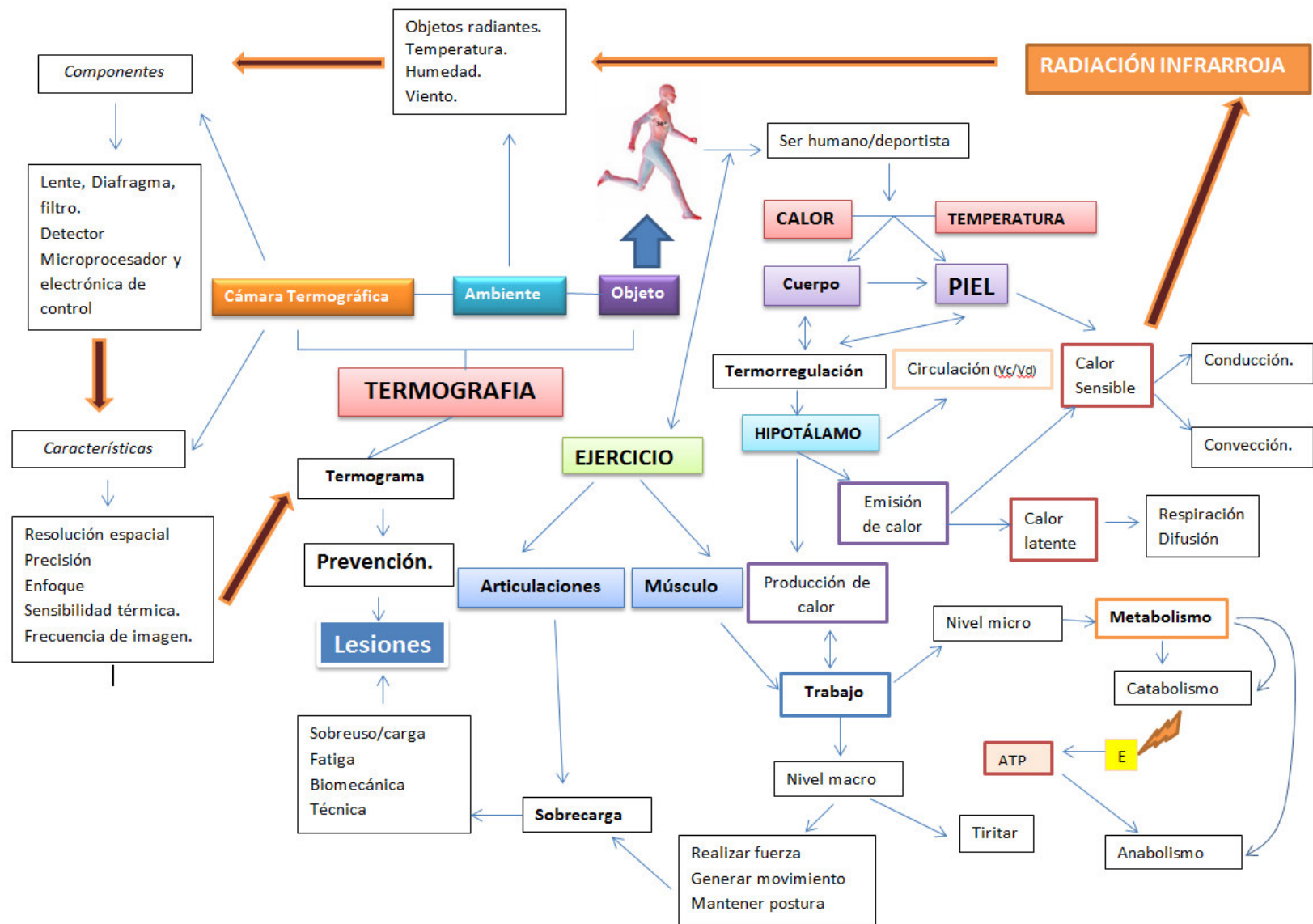


Figura 2: Producción de temperatura en el organismo y forma en la que se sensa con termografía infrarroja. Producción propia

Se define un “sistema termográfico” como el conjunto de aquellos elementos que en combinación permiten la obtención del termograma. Los elementos que lo componen son 3 principalmente (Figura 3): (58)



Figura 3: Sistema termográfico.(58)

1. Fuente de radiación: hace referencia al objeto de estudio y los demás elementos que se encuentren dentro del campo de visión del sensor termográfico.

De existir otras fuentes que emitan calor, como una pava de agua caliente o la estufa, también serán capturadas, más allá de las figuras humanas principales, por estar dentro del campo visual del sensor.(58)

2. Medio de transmisión: Se trata de la atmosfera o el ambiente por el cual se propagan las ondas electromagnéticas, interpuesto entre la fuente de emisión infrarroja y los sensores. (58)

3. Cámara termográfica infrarroja. La misma cuenta con sensor y sistema de procesamiento.(58)

Cámaras termográficas.

Componentes:

Gracias a la implementación de las cámaras termográficas es posible detectar y convertir en temperatura la intensidad de la radiación emitida.(16)

La cámara infrarroja está compuesta por varios elementos que permitan la captura de la imagen. (Figura 4)

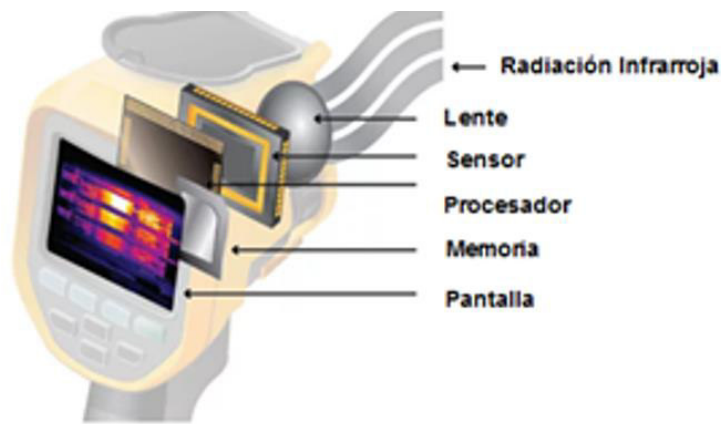


Figura : Componen 4 de una cámara termográfica. (16)

a. La Lente

Es el primer componente de la cámara termográfica con el cual la radiación infrarroja está en contacto e ingresa al sistema de medición. Se trata de un material transparente a la radiación infrarroja por lo general de germanio o silicio revestido con antireflexivos. De la lente utilizada depende la distancia mínima de enfoque y la relación objeto-distancia. Cada lente debe ser calibrada en forma particular a la cámara termográfica.(58)

Los parámetros a considerar en los lentes son: • Campo de visión que define el tamaño del objeto a una distancia de la cámara • Apertura / velocidad • Diámetro del objetivo• Distancia focal. (Figura 5) (59) Esta última no es una medida de la distancia real de un lente, sino que es un cálculo de la distancia óptica desde el punto en donde los rayos convergen hasta formar una imagen nítida de un objeto indica el ángulo de visión, es decir, cuánto se capturará de la escena, y el aumento (qué tan grandes serán los elementos individuales). Mientras más larga sea la distancia focal, más estrecho será el ángulo de visión y mayor será el aumento. Mientras más corta sea la distancia focal, más ancho será el ángulo de visión y menor será el aumento.(60)

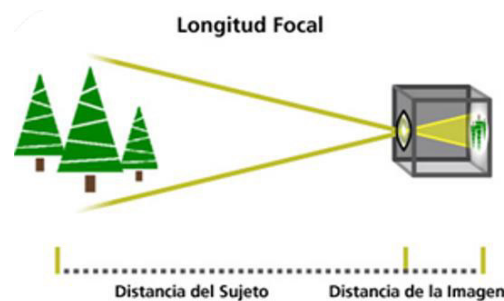


Figura 5: Representación de la longitud o distancia focal(59)

b. Detectores Infrarrojos

Son uno de los componentes de las cámaras termográficas, construidos con elementos semiconductores, encargados de convertir la energía radiada en señal eléctrica (58)

Es el elemento central de una cámara infrarroja y en función de sus características se diseña el resto de los elementos del sistema, la óptica el sistema de refrigeración (en caso de ser necesario) la electrónica de lectura y el acondicionamiento de señal (15)

Los detectores infrarrojos actuales contienen un conjunto denominado FPA (Focal Plane Array, es decir una matriz de plano focal. Un IRFPA está compuesto de un grupo de foto-detectores ubicados en plano focal formando una matriz de x por y píxeles, que tienen la habilidad de recolectar la información IR. (Figura 6) (61)

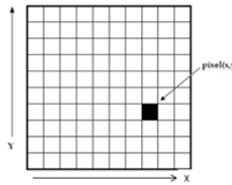


Figura 6: Matriz determinada por “ x ” e “ y ” donde se resalta el pixel.(62)

El pixel (figura 6) se define como la región más pequeña que puede codificar de manera única un valor único en la imagen.(62) Teniendo en cuenta que cada píxel del termograma representa un dato de temperatura, un mayor número de píxeles (resolución) significa más información térmica.(63)

Dependiendo del tamaño/resolución, el conjunto de sensores de detección (FPA) tiene desde 60.000 a 1.000.000 detectores individuales. Para simplificar, esto puede ser descripto como una matriz de dos dimensiones con resoluciones que van desde 160×120 a 640×480 píxeles.(59)

Hay dos tipos de detectores: los detectores cuánticos, generalmente refrigerados, y los microbolómetros, no refrigerados. Actualmente, la sensibilidad térmica de las cámaras no enfriadas es aproximadamente 0.05 C en comparación con 0.01 C de las enfriadas.(16)

Las cámaras bolométricas no enfriadas son las que mayormente se utilizan, son ligeras, compactas y portables, fabricados por tecnología de obleas de silicio y son baratas en comparación con las cámaras infrarrojas enfriadas. (16)

c. Microprocesador y electrónica de control

Se encarga de manejar la salida de la imagen a partir de la interacción de los fotones de energía emitida por el objeto y los electrones del material detector que genera una señal eléctrica proporcional a la energía que ingresa al sistema. Dentro de la cámara están ubicados cuerpos negros de referencia con los que se hace una comparación varias veces por segundo para así mantener un control permanente sobre la compensación y la ganancia haciendo de la cámara un instrumento de altísima precisión en la medición de temperaturas.(58)

Características de la cámara infrarroja.

Las principales características de una cámara infrarroja son: la sensibilidad térmica, la precisión, la resolución espacial, la frecuencia de la imagen y el enfoque.

Sensibilidad térmica o NETD

La sensibilidad térmica, llamada NETD (*Noise Equivalent Temperature Difference*),. Corresponde a la menor diferencia en temperatura entre dos píxeles que la cámara puede medir.(64) Es decir, cuanto más bajo es el NETD mejor se puede detectar un contraste térmico,(65) obteniendo mayor exactitud en las termografías.(64) Usualmente se cuantifica en miligrados Kelvin y este valor depende del tipo de detector. (15)

Precisión.

Este es el margen de error en el que operará la cámara. También llamado exactitud. Es la medida de cuán precisa es la temperatura medida de un objeto con relación a su verdadera temperatura.(64)

La precisión se expresa en porcentajes y en grados centígrados. La temperatura medida puede variar desde la temperatura real al porcentaje mencionado o la temperatura absoluta, la que sea mayor. Una cámara estándar actual, tendrá una precisión de $\pm 2\%$ / ± 2 °C, aunque ya hay en el mercado cámaras más avanzadas que obtienen una precisión de $\pm 1\%$ / ± 1 °C.(51)

Tres funciones de la cámara termográfica aumentan la precisión: el control del nivel e intervalo, la correcta elección manual o automática del rango de temperatura y ajuste de la emisividad.(66)

El rango de temperatura determina los límites de temperatura medibles tanto máximo como mínimos. El mismo puede variar con las cámaras e incluso puede ser elegido manual o automáticamente si la tecnología lo permite, de modo que la imagen contenga la información

deseada. La pequeña parte seleccionada manualmente se denomina “intervalo” y definirá el contraste térmico de la imagen. Su punto medio es el llamado “nivel”. De no ser seteado, se tomarán todas las temperaturas de la escena.(51)

Como el ser humano se mantiene en una estrecha variación de temperaturas, rangos de 5°, 10 o 15 °C pueden ser adecuados. Las temperaturas deben ser usadas con el nivel en el valor central de la ventana.(67)

Por último, es necesario realizar un ajuste de la emisividad. Muchas de las cámaras actuales permiten al operador definir la emisividad y la reflexión. Los valores de emisividad varían según la superficie que se desee fotografiar.(17)

Resolución espacial

A mayor resolución, mejor imagen y esto depende de varios factores, como el diseño mismo del detector, el número de píxeles que es capaz de generar en la imagen, y desde luego, la calidad de la óptica utilizada juega un papel muy importante.

La resolución espacial es definida por (FOV); el objeto identificable más pequeño (IFOV_{geo}) y el objeto medible/marca de medición más pequeña (IFOV_{meas}). (15) Conocer estos términos nos ayudara a determinar la distancia de medición apropiada y el tamaño máximo del objeto(figura 7).(68)

- FOV es el área visible con la cámara. Depende directamente de esta última pues varía según las dimensiones del FPA permite saber el tamaño del menor objeto detectable con su correspondiente correcta temperatura. Cuanto menor es el FOV de la cámara mejor será la resolución espacial.(15)
- IFOV (*Instantaneous Field of View* – Campo de visión instantáneo) o IFOV_{geo}. Se calcula con la distancia focal y el tamaño del detector y se expresa en miliradianes (pequeñas fracciones de grado angular) y se trata del detalle más pequeño dentro del FOV que se puede detectar o ver a una distancia establecida. No significa que la temperatura del objeto pueda ser medible.(15) Depende del tamaño del detector y de la lente. No solo mejora la precisión de la medición, sino que también existe una gran diferencia en la calidad de la imagen. (63). Un IFOV pequeño resulta en una elevada resolución espacial(15)
- IFOV_{meas}: -*Measurement Instantaneous Field of View*-(ángulo de visión de la medición instantáneo) Designa el objeto más pequeño en el que la cámara termográfica puede medir la

temperatura de forma precisa. Suele ser de 2 a 3 veces más grande que el objeto identificable más pequeño (IFOV_{geo}). Se aplica la siguiente regla general: IFOV_{meas} ≈ 3 x IFOV_{geo}. (68)

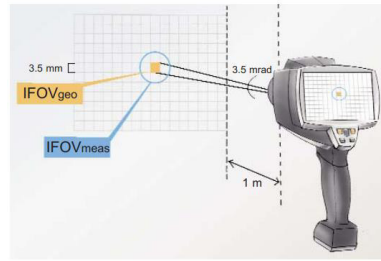


Figura 7: Ángulo de visión de la cámara, FOV, IFOV_{meas} e IFOV_{geo} (68)

Frecuencia de la imagen

Las imágenes en tiempo real tienen tasas de actualización de centenares de Hz (cuadros por segundos). Es el caso de las cámaras con matriz de detectores cuánticos refrigerados. Además, muchas cámaras actuales ofrecen la posibilidad de reducir el tamaño de las imágenes (*windowing*) permitiendo concomitantemente aumentar la tasa de actualización, alcanzando varios millares de Hz. Esta característica es importante cuando el sistema observado es un buen conductor del calor, lo que implica tiempos muy breves.(15)

Enfoque

Consiste en hacer que a imagen de un objeto obtenido de un aparato óptico se produzca exactamente en un plano u objeto determinado, una toma fuera de foco afecta la precisión de la medición de la temperatura. Debe ser especialmente tenido en cuenta cuando las mediciones se realizan sobre niños, en donde la captura de alta velocidad de la cámara es necesaria para compensar los movimientos del sujeto. Es también relevante evitar la distorsión de paralaje (La desviación angular de la posición aparente de un objeto) causada por vistas en ángulo.(67)

Protocolo de adquisición de imágenes térmicas en medicina.

Las imágenes médicas por infrarrojos MIT han sido reconocido por el Consejo de la Asociación Médica de Estados Unidos como una herramienta de diagnóstico viable desde 1987 y recientemente fueron reconocidas por la Academia Americana de Imágenes Infrarrojas Médicas. Varios grupos y asociaciones promueven la correcta aplicación de Imagen térmica en la práctica de la medicina deportiva. Estos grupos incluyen la Asociación Europea de Termología, la

Asociación de Termografía del Reino Unido y el Centro Noruego del Norte de Termografía Médica, la Academia Americana de Termología y la Sociedad Alemana de Termografía y Medicina Reguladora (DGTR) como una de las sociedades de termografía médica más antiguas. El objetivo general de estos grupos es mejorar aún más los métodos estandarizados confiables y desarrollar protocolos apropiados para la aplicación clínica.(69)

El protocolo general para el análisis de los datos planteado por un trabajo de 2014 se enumera de la siguiente forma:(70)

- (1) el protocolo de adquisición de imágenes térmicas;
- (2) la segmentación de los cuerpos de los atletas;
- (3) la extracción de isotermas;
- (4) la conversión de energía radiante detectada a temperaturas; y
- (5) el registro de termograma de jugadores (e isotermas asociadas) de momentos distintos para el análisis temporal.

El primer protocolo de adquisición de imágenes termográficas aplicadas a medicina fue publicado en 1978 bajo el nombre *Standardisation of thermography in locomotor diseases—recommended procedure*. A partir de entonces surgieron otros protocolos más actualizados que acompañaron el desarrollo y las mejoras de las nuevas tecnologías. A pesar de todos los esfuerzos por unificar las condiciones bajo las cuales realiza la toma de imágenes térmicas todos los estudios hasta ahora producidos, han trabajado con valores disímiles e incluso no han tenido siempre todos los factores de modificación en cuenta, o al menos no todos los han plasmado en sus documentos. (71)

Recomendaciones para la adquisición de imagen térmica:

- Recomendaciones Individuales
 - Voluntario: Se evitará el masaje, la manipulación esquelética, la acupuntura, la fisioterapia, la terapia ocupacional, las saunas, la exposición prolongada al sol, el uso de TENS o unidades eléctricas de estimulación muscular. (72)

Se debe evitar el cruce o flexión de las extremidades, y el contacto con superficies calientes/frías, la zona de estudio debe estar descubierta, No se deben aplicar cosméticos, ungüentos o cremas en la piel. Se evitará ingerir cualquier bebida o comida caliente o ingerir

drogas que influyan en la temperatura corporal. Las imágenes deben tomarse siempre en la misma posición del sujeto (posición de pie, sentado o decúbito) (72)

- Investigador: Sería óptimo que el investigador posea experiencia en la toma de imágenes termográficas, así como conocimientos de anatomía y fisiología humana. (72)

- Recomendaciones ambientales:

- Luces. El espacio de laboratorio elegido para la evaluación del desempeño del IRT debe ser se verifica para garantizar que no surja ninguna fuente de radiación IR (luces incandescentes y halógenas, etc.) (cláusula 201.7.9.3.9). (73)

Las luces fluorescentes estándar son apropiadas.(74) No se encontraron alteraciones en las mediciones al utilizar iluminación incandescente o fluorescente en el entorno experimental.(17) Por otro lado, no se deberá, dentro de lo posible realizar mediciones a la luz directa del sol ni cerca de un lamparita caliente, ya que estos si, podrían afectar las medidas.

Luces frías, como los LEDs o los neones, no tienen este problema: estas convierten una gran cantidad de la energía usada en luz visible y no en radiación infrarroja.(75)

- Tamaño de la habitación: Debe ser lo suficientemente grande como para albergar al equipo de trabajo, al paciente y una distancia entre ambos y con techos bajos para mantener la temperatura uniforme. Se sugiere un tamaño mínimo de 2m x 3 m.(72)

- Hora: se recomienda la realización el experimento a la misma hora del día debido al ritmo circadiano de termorregulación. (72)

- Fuentes de interferencia Tapar con un cartón o una lona las fuentes de interferencia es decir aquellos objetos cuya temperatura es muy diferente a la del objeto a medir ya que pueden alterar la medición por infrarrojos a causa de su radiación.(75)

- Ventilación: el flujo de aire de los conductos de ventilación deben desviarse para minimizar el enfriamiento o calentamiento forzado del objetivo (cláusula 201.7.9.3.9) (73). Las corrientes de aire no deberían afectar directamente al paciente ya que además de modificar la temperatura de la piel (A mayor velocidad del viento, mayor pérdida de calor por convección forzada de modo que la temperatura será más baja). Como resultado del intercambio de calor (por convección), el aire cercano a la superficie tiene la misma temperatura que el objeto medido que desprende o absorbe calor hasta que la temperatura de su superficie y la del aire se igualan,

pero de existir corrientes de aire, esta capa desaparece sustituida por otra capa cuya temperatura todavía no se ha adaptado a la del objeto.(75)

- Distancia mínima entre el sujeto y la cámara IR: 1-1,2m (72)
- Piso: El paciente debe estar parado en un piso alfombrado y descalzo. (74)
- Temperatura. La temperatura y la humedad de la sala de examen deben controlarse de tal manera que la fisiología de los sujetos no esté "estresado" en una condición de temblor o transpiración (16) y debe ser constante.(76)

Se aconseja temperaturas cómodamente frías para permitir la extracción del calor superficial que puede producir artefactos.(74) por debajo de los 20^a para el estudio de lesiones inflamatorias y una temperatura ambiente más cálidas (de 22 ° C a 24 ° C) para la evaluación de extremidades.(63) .

- Período de aclimatación o equilibrio tampoco hay consenso sobre el tiempo de aclimatación algunos estudios sugieren 20 min(77) 15 min a menudo se consideran adecuados para al menos lograr un nivel razonable de estabilidad en la presión arterial y la temperatura de la piel.(78)y se han utilizado hasta 5 minutos(79) podemos establecerlo en aproximadamente 10'.(80).
- Humedad: la humedad enfría la superficie del objeto por evaporación. Por lo cual la superficie de la piel debe estar seca, no debe estar sudada en la persona a medir. (81)

La humedad ambiente deberá estar entre el 40 y el 70. Humedad controlada de <50%(78,82) Aun así la cláusula 201.5.3 acepta hasta un 10% de HR.(73)

Además de por los posibles cambios en la temperatura la humedad relativa del aire, deberá mantenerse baja con el objeto de evitar la condensación en el aire en el objeto de medición, en el protector o en el lente de la cámara termográfica.(75)

- Los factores técnicos: incluyen las características de la cámara necesarias el método de adquisición propiamente dicho y el procesado de la información.
- Montaje de la cámara: En un entorno clínico, la cámara ideal se montará en un soporte sin paralaje (no un trípode) para garantizar que el posicionamiento sea reproducible y libre de ángulos no deseados entre el paciente y la cámara.(78)
- Angulo de medición: normalmente se aconseja que la medición se realice perpendicular a la superficie (N) (72) Sin embargo, ángulos de medición de hasta 20 grados tienen un efecto insignificante en las temperaturas adquiridas.(77)

- Tipo de cámara: Se suelen utilizar cámaras no enfriadas debido a su alta resolución espacial y en temperatura su compacidad y portabilidad, su ligereza y el bajo costo por su fabricación con obleas de silicio (16)
- Detectores: Cuando una gran sensibilidad es necesaria se aconseja detectores bolométricos (59)
- Emisividad: Además de ajustar la emisividad (ϵ) a la emisividad de la piel, 0,98, es necesario introducir el dato de la temperatura reflejada (RTC) para que la cámara termográfica pueda calcular correctamente la temperatura de la superficie. El ajuste exacto de la emisividad es muy relevante cuando hay grandes diferencias de temperatura entre el objeto y el entorno de medición.(83)
- Ritmo circadiano. Es necesario ajustar esta variación con el índice de corrección adecuado para interpretar correctamente los resultados de la medición.(84)

Beneficios e indicaciones del uso de las cámaras termografías.

Beneficios

1. Generación rápida de datos.(16)
2. Técnica no invasiva.(69)
3. Disminución del contacto físico y directo con la piel e imagen completa de la sección del cuerpo a estudiar.(16,77)
4. Es un método reproducible.(77)
5. Reducción de electrodos y sondas conectadas a monitores clínicos y adheridos a la piel, lo que permite una mayor superficie corporal para una mejor atención.(85)
6. Seguridad del personal y del paciente (ya que no hay radiación dañina involucrada).(86)
7. Los resultados son relativamente fáciles de interpretar.(86)
8. IRT es un técnica tiempo real, que permite el monitoreo de variaciones dinámicas de temperatura(16)
9. Las imágenes se pueden procesar para extraer más información;(16)
10. Amplia gama de aplicaciones.

Indicaciones.

Las indicaciones de la termografía infrarroja incluyen una amplia gama de patologías, brindando una herramienta para el diagnóstico de las mismas, o su confirmación, además de poder ser tomado como un método de screening o seguimiento de lesiones.

Ramya Murthy fue el primero en desarrollar en 2004 una forma de medir la función respiratoria sin contacto, a través de un sistema de imágenes infrarrojas, el cual utilizaba cambios térmicos durante la misma. (87) En 2016 Un sistema similar fue utilizado por Ronan Chauvin con el mismo objetivo, en 15 pacientes mientras se ejercitaban en una bicicleta fija, confirmando su precisión. (88) Así mismo este medio pasivo combinado con funciones específicas se empleó con el propósito de realizar la medición del pulso cardíaco.(89) Como tales aplicaciones, podemos enumerar las que a continuación se detallan:

- Seguimiento de hemangiomas en niños(90)
- Inflamación e isquemia en tejidos profundos(91)
- Seguimiento de niños prematuros.(92)
- Monitorización del complejo cráneo-cervical-mandibular de clarinetistas. (93)
- Verificación del uso de dispositivos intraorales.(94)
- Detección de MGD disfunción de la glándula meibomiana (95)
- *Screening* de la mama Humana.(96,97)
- Estudio de patologías asociadas a la irrigación sanguínea:
 - Enfermedad arterial periférica (98,99) y trastornos circulatorios de miembros inferiores en diabetes.(100)
 - Trastornos venosos profundos.(101,102)
 - Determinar la buena perfusión postoperatoria. (103)
 - Detección de trombosis en colgajos.(104) y Diagnóstico rápido de trombosis en las extremidades. (101,105)
 - Evaluación de respuestas vasomotoras ante la aplicación de sustancias tópicas.(106)(107)
 - Diagnóstico y seguimiento de Vasculitis.(108)

- Varicocelos.(109,110)
- Diagnóstico temprano de DT lesión de tejido profundo.(91)
- Evaluación temprana de la artritis reumatoide.(111,112)
- Detección de inflamación en Gota tofacea crónica.(113)
- Evaluación nerviosa.(114)
- Inflamación por mordeduras de animales venenosos.(115)
- Prueba de detección para identificar de manera rápida y precisa a pacientes con AR con alto riesgo de daño según La temperatura de la articulación en su representación dérmica.(112)
- Seguimiento de lesiones inflamatorias causadas por el virus de varicela zoster.(116)
- Detección temprana de DOMS (dolor muscular de inicio retardado).(117)
- Detección del síndrome de dolor regional complejo (SDRC).(118–122)
- Trigger points o puntos gatillo.(123–126)
- Estudios oftalmológicos.(127–129)
- Enfermedades hepática.(130)
- Quemaduras.(131)
- Comprobación de la utilización de diferentes técnicas (diatermia de onda corta (SWD) y diatermia por microondas (MWD)(132) la efectividad de la punción seca y la presión sobre puntos gatillo.(133)

Contraindicaciones y limitaciones

Contraindicaciones

Al ser un método de adquisición de imágenes bastante novedoso en el campo de la medicina, su utilización como complemento diagnóstico de otros estudios aun está en investigación en muchas patologías por lo cual se contraindica. Por ejemplo, un estudio sobre más de 1500 pacientes afirma que la medición en la frente a distancia no proporciona datos confiables para clasificar a una persona dentro del rango de tempera normal o en un estado febril ya que la combinación de sensibilidad y especificidad de la termografía podría no ser lo suficientemente alta. (134,135) más allá que otros estudios afirman que si es posible.(136,137)

Así mismo se pone en duda cuan útil podría la termografía infrarroja ser en la detección de úlceras(138) y se considera contraindicado como método diagnóstico en lo que al cáncer de mama se refiere(84) Incluso, otro estudio va más allá, y afirma que siquiera hay evidencia suficiente que demuestre que la termografía proporciona beneficios a los pacientes como una herramienta complementaria para la mamografía o para los hallazgos clínicos sospechosos en el diagnóstico del cáncer de seno.(84)

Limitaciones:

- a) En base a la recomendación que la parte a estudiar se encuentre descubierta, no se podrá realizar el estudio cuando el paciente posea yeso, vendas u otros factores técnicos que impidan exponer la piel a un ambiente de equilibrio de temperatura.(72)
- b) Un paciente que no coopera, cualquiera sea el motivo, limitará la toma correcta de imágenes.
- c) Alto costo del equipo termográfico.(86)
- a) La mayor parte de las cámaras tienen un margen de error de un 2% sobre el valor de lectura, necesitando así mejorar su precisión.(139)
- b) Imposibilidad de comparación inter-sujeto debido al patrón térmico característico individual y disímil.(139)
- c) Capacidad de inspeccionar un espesor limitado de material debajo de la superficie (la termografía es un "límite" técnica).(74)
- d) Puede proporcionar información fisiológica pero no puede definir las etiologías y la anatomía local.(69)
- a) La variabilidad individual combinada con el carácter complejo de la termorregulación limita la interpretación.(69)
- b) La falta de especificidad hace que sea necesario combinar estas mediciones con otras modalidades más estructurales (rayos X, tomografía computarizada), en lugar de usarlas como reemplazo.(69)

VII Fisiología, calor, cuerpo humano y ejercicio.

Temperatura normal, metabolismo y termorregulación.

La regulación de la temperatura corporal es una de las funciones más críticas del sistema nervioso.(7)

Puede ser definida como la diferencia entre la cantidad de calor producida por el cuerpo y la cantidad de energía perdida por el mismo.(140)

La producción de calor está determinada por el metabolismo.(141) En humanos normalmente activos la producción de energía se aproxima al 40% del gasto total de energía. Eficiencia metabólica puede definirse como la relación entre las calorías ingeridas y las calorías almacenadas. Un metabolismo eficiente está asociado con el almacenamiento de la mayor parte o la totalidad del consumo de energía en exceso de necesidad La ineficiencia metabólica se caracteriza por la disipación de parte o la totalidad del exceso de calorías ingeridas como calor.(142)

La mayor parte del calor producido en el cuerpo se genera en el hígado, el cerebro, el corazón y los músculos esqueléticos durante el ejercicio.(141)

La temperatura corporal del ser humano, se mantiene dentro de un rango relativamente estrecho y constante la mayor parte de la vida gracias al mecanismo de termorregulación. Se estableció la temperatura media en $36,6^{\circ}\text{C}$ (rango 95% $35,7\text{-}37,3^{\circ}\text{C}$, rango 99% $35,3\text{-}37,7^{\circ}\text{C}$). (Figura 8) (33,143)

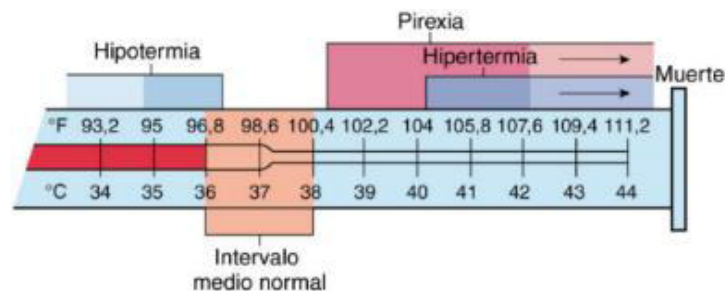


Figura 8. Representación del rango normal de temperatura corporal.(143)

En caso de existir cambios potencialmente dañinos debe ponerse en marcha un mecanismo de control regulado por el hipotálamo, quien responde tanto a su propia temperatura (local) como a otros estímulos provenientes de otros sitios sensoriales centrales y periféricos.(144,145). Periféricos, tales como la piel sobre cambios externos temperatura ambiental, grandes vasos y

vísceras(146); y centrales (, cerebro, medula espinal). Todos ellos proporcionan una entrada aferente de una variedad de señales relacionadas con el estado energético del cuerpo y la temperatura a los centros termorreguladores ubicados en el hipotálamo. El mismo, organizado en núcleos interconectados por neuronas, integra la información para dar una respuesta actuando sobre la termorregulación. (146)

Podemos nombrar tres funciones principales relacionadas con la termorregulación:

1. El hipotálamo (núcleo pre óptico) por medio de la desinhibición de las neuronas presimpáticas en el tronco encefálico, es el sitio primario para la organización y el mantenimiento de la respuesta febril a la inflamación y la infección que incluye la vasoconstricción cutánea y la respuesta temblorosa.(147)
2. El núcleo arqueado del hipotálamo controla la ingesta de alimentos a través de la liberación de neuropeptidos orexigenicos o anoréxigenos por el área lateral hipotalámica (LH) y el núcleo paraventricular(148)
3. Por ultimo controla el metabolismo de los lípidos y la glucosa en los tejidos periféricos a través del sistema nervioso autónomo (SNA) específicamente, el sistema nervioso simpático, incluida la termogénesis en el tejido adiposo pardo el pardeamiento del tejido adiposo blanco.(149)

Se define al tejido adiposo como un tejido conectivo laxo que dependiendo del tipo de adipocitos, se pueden clasificar en dos tipos principales de grasa: tejido adiposo blanco y marrón o pardo. Durante el periodo fetal humano y durante las primeras instancias de vida extrauterinas, estas células son más abundantes, disminuyendo progresivamente la adultez, dependiendo de la exposición al frío y el ejercicio.(150) Actualmente son ampliamente investigadas por su relación con la obesidad. (151). Una proteína transmembrana presente en la membrana mitocondrial interna de las mitocondrias en marrón adipocitos UCP1 participa en termogénesis adaptativa desacoplando la producción de adenosin trifosfato (ATP) de las vías catabólicas de lípidos y carbohidratos. La energía derivada es liberada por los adipocitos marrones en forma de calor que se difunde en el cuerpo, gracias a la rica vascularización de BAT Intercambio entre el cuerpo y el ambiente.(152)

Actualmente están en estudio otra clase de adipocitos, los beige, que son la forma inducible de células grasas termogénicas que emergen dentro del tejido adiposo blanco (WAT) por ello hablamos de pardamiento (-en inglés "*browning*"-) después de una variedad de estímulos

externos, como exposición crónica al frío. También producen la termogénesis pero expresan niveles más bajos de UCP1.(151)

Entonces es posible definir a la temperatura central es la variable regulada por el sistema termorregulador y se mantiene mediante una combinación de retroalimentación y mecanismos de retroalimentación. Las respuestas de retroalimentación son aquellas que se activan cuando la temperatura central se desvía del rango defendido: por ejemplo, el ejercicio genera calor que puede aumentar la temperatura interna en varios grados. Dichos cambios en la temperatura interna son detectados por termo receptores especializados ubicados en todo el núcleo del cuerpo, incluidas las vísceras, el cerebro y la médula espinal. El calentamiento o enfriamiento localizado de cualquiera de estas estructuras internas induce respuestas de retroalimentación global que se oponen al cambio de temperatura aplicado.(7)

Las temperaturas basales se correlacionan con la demografía, (sexo – por los ciclos hormonales en las mujeres- (153,154) y edad(155–157)) las condiciones comórbidas (hipotiroidismo, cáncer, estrés(143)), la fisiología (ICM, concentración de hormonas(143)) (157) y la alimentación (restricción de ingesta calórica)(145,158) y el ritmo circadiano.(159)

Con respecto a este último punto, se puede observar en el gráfico que por la tarde, hay un aumento de la temperatura distal de la piel y una disminución de la producción de calor, en las zonas proximales y en la temperatura corporal y se asocia estos cambios a la producción de melatonina.(figura 9).(160) Se establece que con un ritmo circadiano normal, el cuerpo humano tiene su temperatura más baja a las 4 a.m. y su temperatura más alta a las 6 p.m.(84)

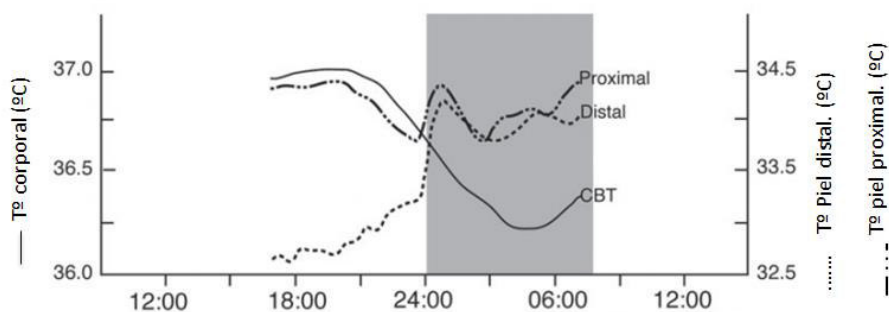


Figura 9: Grafico de la temperatura de la piel distal y proximal según la hora del día.(160)

En los humanos, un aumento en la temperatura interna del núcleo provoca grandes aumentos en el flujo sanguíneo y la sudoración de la piel. El aumento en el flujo sanguíneo de la piel sirve para transferir calor por convección desde el núcleo del cuerpo a la superficie de la piel, mientras

que la sudoración produce un enfriamiento por evaporación de la piel. La vasodilatación cutánea (reducida con el envejecimiento y en enfermedades acompañadas de una hiperactividad simpática o una capacidad de bombeo del corazón reducida.(161)) y la actividad sudomotora se controlan mediante un sistema vasodilatador colinérgico activo simpático. (162)

Con frecuencia estamos expuestos a desviaciones más leves de nuestras temperaturas “termoneutrales” en la vida cotidiana. Termoneutral se refiere al llamado “modelo de Scholander”, donde la zona termoneutral se define como el rango de temperaturas ambiente sin cambios regulatorios en la producción de calor metabólico o pérdida de calor por evaporación Sin embargo ante diferencias de temperatura del ambiente mayores se pone en acción mecanismos que permiten regular la temperatura interna. (163)

Por un lado, se pueden tomar voluntarias por el individuo para mitigar los cambios térmicos y por otro, existen respuestas fisiológicas inconscientes.

La capacidad de detectar las propiedades de temperatura y humedad del entorno circundante se realiza a través de sistemas sensoriales específicos (p. ej somatosensorial) que, transduciendo propiedades físicas distintivas de estímulos externos (p. ej., temperatura y presión mecánica) en señales biológicas (p. ej., potencial de acción generado en el nervio aferente finales), proporciona conciencia al organismo vivo (es decir, sensaciones térmicas y de humedad) de las características de sus entorno térmico circundante para iniciar o ajustar comportamientos térmicos específicos, desde agregar o quitarse la ropa hasta migrar a ambientes térmicamente confortables. (164)

Dentro de las respuestas fisiológicas inconscientes:

En respuesta al frío ocurren a) habituación (respuesta fisiológica atenuada), b) ajuste metabólico (aumento de la producción de calor) y c) ajuste aislante (evitación de la pérdida de energía térmica).(165)

La exposición al frío da como resultado (figura 10) la estimulación de los centros simpáticos en el hipotálamo posterior (141)(que controla el tono de los vasos sanguíneos) causando disminuciones en la disipación de calor por vasoconstricción cutánea. (144,165–167) Otra de las respuestas fisiológicas ante este ambiente es tiritar.(141,163,166–168) La producción de calor es idéntica al gasto de energía. Durante los temblores, el gasto de energía puede aumentar fácilmente en un 300% de la tasa metabólica en reposo entonces se incrementará la generación de calor templando al cuerpo, “quemando” las reservas corporales de carbohidratos o grasas y

utilizando como sustrato metabólico también, las reservas intramusculares de glucógeno. Durante la exposición al frío a largo plazo, los lípidos son, con mucho, la fuente de combustible predominante, ya que proporcionan sustrato para el 80% del calor producido después de 12 h en frío.(169)

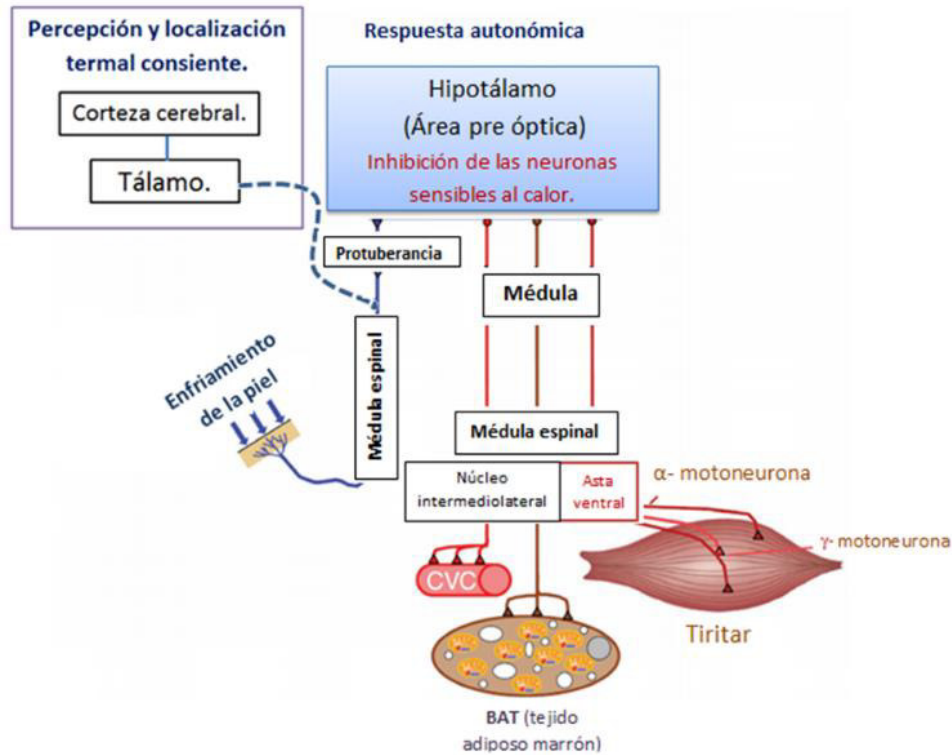


Figura 10: Esquema que relaciona el sistema periférico con el central .(170)

La producción de calor interno aumentará gracias a un aumento del metabolismo.(170)

Por último, se llevará a cabo una piloerección, lo que significa que los pelos se “erizarán”. Este mecanismo no es importante en humanos.(167)

Si la temperatura corporal desciende por debajo de 35°C, se presenta hipotermia, que puede causar severos daños térmicos a los órganos e incluso la muerte. La misma puede ser aguda (por la exposición repentina al frío extremo) o crónica (es desarrollada principalmente por pacientes que posean alguna enfermedad tal como diabetes o artritis, personas mayores o gente que duerma en las calles) (171)

Por otro lado, en respuesta al calor si el cuerpo está sometido a temperaturas ambientales más altas que la temperatura corporal o aquellas asociadas con ejercicio intenso, el cuerpo se sobrecalienta.

El estado físico (consumo máximo de oxígeno), es otro de los factores que modifican la temperatura corporal (172) así como también el estado de hidratación(173)

La hipertermia se refiere a la elevación de la temperatura corporal por encima de los parámetros normales. Varias pueden ser las causas de la misma. Ocurre durante la fiebre, principal indicador de enfermedades ya sean enfermedades infecciosas y no infecciosas. (174) o durante una sepsis. Incluso puede ser inducida por fármacos.(175)

La enfermedad por calor, insolación o ataque de calor ocurre cuando existe una elevación prolongada de la temperatura corporal por encima de los 40°C (104°F) con la ocurrencia de una disfunción del sistema nervioso central que resulta en delirio, convulsiones o coma en casos severos.(176) La misma puede ser producto de condiciones ambientales extremas o por esfuerzo físico.(175) Para evitarlo, se inhibirá la termogénesis y al igual que ante el descenso de la temperatura, se actuará sobre el hipotálamo, pero esta vez para inhibirlo, logrando la vasodilatación(141)

Por lo general, la radiación, la conducción, la convección natural y posiblemente la evaporación de la transpiración en la piel son suficientes para mantener una pérdida de calor a una tasa que conserva nuestra temperatura corporal en un rango de seguridad. (176) Mencionamos recientemente que la temperatura corporal también se ve afectada ante la actividad física. Esto ocurre en forma proporcional intensidad del ejercicio físico.(177–179) el tipo de ejercicio y su duración (179,180)

Durante el ejercicio extenuante, la temperatura puede aumentar temporalmente hasta 40 C (104 F).(141) El aumento de calor durante el ejercicio depende principalmente de la intensidad del ejercicio (producción de calor metabólico) pero también puede ser afectado por el medio ambiente (temperatura, humedad, viento y radiación solar) y la capacidad de un individuo para disipar el calor a través de la evaporación y otros medios, que está relacionado con tanto medio ambiente como ropa.(181)

El ejercicio físico causa cambios de temperatura no solo en los músculos activos, sino que también afecta la temperatura de la superficie de otras áreas del cuerpo. Durante ejercicio extenuante la cantidad de producción de calor aumenta 5–6 veces, es decir, a partir del valor de reposo de 290 kJ / h en un adulto con un masa corporal promedio de aproximadamente 2000–3000 kJ / h.(182)

Mecanismos de transferencia de calor.

Las principales variables que impulsan el inicio de las respuestas adaptativas que regulan el equilibrio entre la producción de calor y la pérdida de calor del cuerpo al ambiente son las temperaturas de la piel y del núcleo o cuerpo.(164)

El calor metabólico se genera en el núcleo y es transferido desde el núcleo (T_c) a través del tejido hasta la piel superficie (T_s) por conducción convección y radiación.(183)

La circulación sanguínea es el mecanismo principal de transferencia de calor en cuerpo humano. (16)

La pérdida de energía térmica humana se da por transferencia al medio ambiente a través de cuatro: 1. Conducción: 2. Convección: 3. Radiación: 4. Evaporación.(184)

Estos mecanismos se tornan de vital importancia en la ciencia del deporte, donde la capacidad de disipar el calor relacionada a la temperatura de la piel, es crucial para mantener los esfuerzos musculares hasta el final del ejercicio y evitar el aumento excesivo de la temperatura corporal (185)

La conducción y la convección contribuyen aproximadamente con el 15% de la pérdida de calor. La conducción es la pérdida de energía cinética molecular en forma de calor desde la piel hasta los alrededores.(140) La transferencia de calor por convección se da cuando un medio como el aire o el agua trasmite el calor entre el cuerpo y el ambiente. Ocurre cuando el aire está más frío que la piel siendo directamente proporcional a esta diferencia. El coeficiente de convección no es siempre el mismo, sino que varía incluso con la velocidad del viento. Cuando el cuerpo se encuentra sumergido en agua, toda la perdida de calor se da por este mecanismo.(186)

El mecanismo de enfriamiento por evaporación para disipar calor al medio ambiente se da principalmente a través un líquido hipotónico producido por las glándulas sudoríparas, el sudor. (187) de esta forma, se podrá extraer el calor de la piel y, por lo tanto, enfriar el cuerpo. Se requiere la eliminación de un mínimo de 2.26×10^6 J de calor del cuerpo para evaporar un kilogramo (litro) de agua. (48)

ΔT : diferencia de temperatura. c : calor específico del agua. $4186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{C}^\circ)$ $\Delta T =$

$\frac{Q}{cm}$ Q : $2.26 \times 10^6 \text{ J}$ (para 1kg de agua) m : masa de la persona

Teniendo en cuenta lo antedicho, El balance energético del cuerpo se expresa:

$$M = R + C + E_{sw} + E_{dif} + B + D \quad (188)$$

Dónde R es la pérdida de calor por radiación desde la superficie externa del cuerpo vestido (W), C es la pérdida de calor por convección desde la superficie exterior del cuerpo vestido (W), E_{dif} es el calor de difusión perdido de la piel (W), B es la pérdida de calor por respiración (W), D es la pérdida de calor por conducción (W), E_{sw} es la pérdida de calor por evaporación del sudor de la superficie de la piel (W), M es el calor interno producido en el cuerpo humano (W).(48)

Hay que tener en cuenta que la pérdida de calor local del cuerpo no es homogénea. Por ejemplo, medida que aumenta la temperatura operativa, las pérdidas de calor por radiación y convección del muslo y la pierna cambian más que otra partes. A baja temperatura, el muslo, la pierna y el pecho sufren las mayores pérdidas de calor, mientras que a altas temperaturas, el pecho, el abdomen, el muslo y la cabeza tienen grandes pérdidas de calor (140)

La piel

La piel tiene muchas características que la hacen un órgano incomparable. La más conocida de ellas es la extensión. Un estudio reciente, volvió a calcular la misma teniendo en cuenta las depresiones, folículos pilosos y conductos sudoríparos y concluyó que estaría cerca de los 25 m².(189). Esto sumado a que es la única parte del cuerpo que es inmediata y completamente accesible para examen clínico directo, permite diagnosticar enfermedades sistémicas al reconocer los patrones lesionales cutáneos tales como: Lupus, dermatomiositis, síndrome de Raynaud, cirrosis hepática, artritis reumatoidea, síndrome de Cushing, enfermedad de Addison entre otras.(190)

Cuenta con tres capas “epidermis, dermis e hipodermis”; cada una con sus características específicas y con una actividad vasomotora cuidadosamente controlada que permita la regulación del flujo de fluidos. Tal es la distribución y la cantidad de finas ramificaciones que pueden desprenderse, que un solo vaso es capaz de irrigar grandes superficies. (191)

Sus funciones principales son la sensibilidad, la protección y la que en este caso nos concierne, la termorregulación,(192)

Es de notar que los cambios en la temperatura central tienen un efecto mayor (~9 veces) en las respuestas de pérdida de calor que los cambios en la temperatura de la piel Sin embargo, los cambios en la temperatura ambiente, y por lo tanto en la temperatura de la piel, son mucho mayores que los cambios en la temperatura central, por lo que no se debe subestimar el efecto total de la temperatura de la piel en la termorregulación.(146)

Factores que afectan la temperatura de la piel

La temperatura de la superficie corporal varía de 20 a 44.5°C (182) y se encuentra bien correlacionada con la perfusión de la misma (193)

Es decir, el intercambio de calor entre la piel y el ambiente ocurre por radiación y está relacionado con el área de los lechos vasculares superficiales distribuidos en la región.(194)

La perfusión tisular es necesaria para permitir el suministro de oxígeno muy necesario, así como la eliminación de los productos del metabolismo, y es uno de los principales determinantes de la viabilidad tisular. La perfusión está mediada por el sistema nervioso central que ajusta el flujo sanguíneo para satisfacer las demandas metabólicas de los tejidos. Varios factores, como la temperatura, el dolor, la presión externa, las funciones arteriales y venosas, pueden afectar la perfusión tisular.(91)

El hipotálamo guía la vasoconstricción y vasodilatación en tejidos involucrados según se encuentren en un estado inactivo o activo respectivamente. El flujo sanguíneo de la piel está controlado por reflejo (neurogénico simpático) y mecanismos locales. Su aumento se logra principalmente mediante la activación de un sistema vasodilatador simpático activo y también mediante la retirada de la vasoconstricción simpática.(188)

El control reflejo del flujo sanguíneo de la piel en humanos incluye la vasodilatación neurogénica simpática durante el calentamiento del cuerpo y la vasoconstricción noradrenérgica durante el enfriamiento del cuerpo.(195)

Pequeñas fibras nerviosas regulan el flujo sanguíneo local de la piel para controlar la temperatura local.(184)

La temperatura de la piel y por ende, la cantidad de radiación infrarroja emitida, depende de muchos factores y no solo del aporte sanguíneo, algunos de ellos ya fueron caracterizados dentro de los mecanismos de termorregulación, porque justamente la temperatura del núcleo corporal está íntimamente en relación con la temperatura de la piel, pero no es lo único que la modifica.

- Dentro de los factores individuales intrínsecos podemos citar: sexo, antropometría, peso, ritmo circadiano(196), emisividad y flujo sanguíneo de la piel, genética, emociones,(63,197,198) edad(140), tasa metabólica; historial médico; (63,199) masa muscular; y actividad física , (El nivel de aptitud física tuvo una influencia importante la composición y el porcentaje de tejido adiposo)(200) y estado de

hidratación (una persona deshidratada, reduce tanto el flujo sanguíneo como la sudoración de la piel) (201)

Por otro lado, en lo que a las variaciones de la temperatura de la piel respecta, parecería existir una correlación con la grasa corporal. (200) Las áreas que tienen un mayor tejido adiposo, (principalmente en personas obesas) informan las temperaturas medias más bajas. Esto mismo podría ser explicado en base a la función aislante de la grasa corporal que obstaculizó conducción de calor. (202,203)

Zonas inflamadas y/o lesionadas así como determinadas alteraciones en la piel podrían aumentar la temperatura de la piel(204,205), confundiendo los resultados.

Dentro de las alteraciones que generan hipertermia por un aumento del flujo sanguíneo podrían ser: infecciones, tendinitis, bursitis, fracturas, artritis, codo de tenista, lesiones musculares, síndrome compartimental, cirugía del ligamento cruzado anterior, otras cirugías. . La hipotermia podría ser causada por factores degenerativos como oclusión venosa o arterial, daño nervioso, síndrome de Raynaud, o tejido necrótico por heridas o quemaduras. Alteraciones en la temperatura de la piel también se darían por alergias, lesiones nerviosas, cáncer, síndrome de fatiga crónica, depresión HIV, infecciones, insomnio, psoriasis, disfunción tiroidea.(63)

- Factores individuales extrínsecos. Se refiere a aquellos productos que se aplican directamente sobre la piel afectando la emisividad de la piel o el flujo sanguíneo. Tales factores incluyen, agua, gel cosméticos, pomadas, productos tópicos(17,77); y los *intake factors* es decir aquellos que afectan la temperatura de la piel o emisividad debido al consumo o ingesta de medicamentos, bebidas alcohólicas(206) cafeína(207), nicotina(208,209), talco, filtro solar(210) u otros productos que podrían influir temporalmente la temperatura de la piel(63)
- Factores ambientales: Las condiciones ambientales toman un rol fundamental en la termorregulación. (211) el viento,(212) relativa humedad, otras fuentes de radiación(17,199), la temperatura ambiente. (17,63,199) el tamaño de la habitación(63), la temperatura y el tipo de superficie con la cual este en contacto.(164). Durante el contacto con un superficie con una temperatura diferente a la de la piel, se produce intercambio de calor que provoca un cambio repentino en la temperatura de la piel .La dirección y la magnitud de este cambio de temperatura son impulsadas por las

propiedades biofísicas (p. ej., capacidad calorífica) de ambos, la piel y superficie tocada.(164)

La concentración de humedad relativa en el ambiente influye en la pérdida de calor por evaporación (213) Esto significa que cuando la humedad relativa en el aire es baja (aire seco), el sudor se evaporará relativamente rápido Por otro lado, si la humedad relativa del aire circundante es alta, la evaporación del sudor se verá obstaculizada y el sudor se acumulará con poca pérdida de calor corporal. (201) Pudiendo afectar a la temperatura corporal por imposibilitar uno de los mecanismos de termorregulación y a la piel en consecuencia.

El músculo.

El músculo esquelético constituye alrededor del 40% de la masa corporal (214) y funciona isotérmicamente, isobárica e isovolumétricamente generando fuerza y produciendo calor, por lo cual además de la generación de movimiento cumple una función de órgano termógeno. (215) a lo que se le puede sumar su rol como órgano metabólico y endocrino. (216)

La dinámica de la contracción muscular es sumamente importante para la locomoción. Las diferencias en la organización músculo-tendón combinadas con las diferencias en la fase de activación, las propiedades intrínsecas de fuerza-longitud y fuerza-velocidad de los músculo afectan en gran medida la fuerza y el trabajo(217) que producen los músculos al realizar un movimiento o para mantener la postura(214), así como el costo energético de la generación de fuerza. (217)

El ejercicio se puede considerar como uno de los más importantes moduladores del metabolismo.(218)

La vía metabólica energética utilizada para producir y mantener las acciones musculares dependen de la duración e intensidad de la actividad. La actividad física proporciona la mayor demanda de energía.(37)

Las tres vías básicas de energía en la fibra muscular son los depósitos de ATP y CP, la glucólisis anaeróbica y la fosforilación oxidativa.(214)

El ATP permite el reclutamiento de unidades motoras del músculo esquelético y la contracción de sus fibras entre otras funciones del cuerpo, como el transporte activo de gradientes químicos

y eléctricos a través de las membranas celulares, la síntesis de macronutrientes y otros procesos fisiológicos.(37)

Las fuentes de ATP incluyen reservas de fosfato de alta energía, metabolismo anaeróbico o la generación aeróbica de ATP por las mitocondrias.(219)

Pero definitivamente para que toda la maquinaria anteriormente enunciada, funcione en tiempo y forma, es requerimiento imprescindible un flujo determinado de O₂. El "equivalente metabólico" (MET) representa una cantidad estándar de oxígeno consumido por el cuerpo en condiciones de reposo, y se define como 3,5 ml de O₂ / kg × min o ~ 1 kcal / kg × h. Se utiliza para expresar el costo energético de la actividad física en múltiplos de MET.(220) Caminar a un ritmo pausado usa alrededor de 2 a 3 MET, mientras que las velocidades de caminata más rápidas (de 5 a 6 km/h) pueden aproximarse de 4 a 5 MET. y correr generalmente requiere 10 o más MET.(221)

Dado el limitado almacenamiento energético de las fibras no-oxidativas, al comenzar una práctica deportiva o ejercicio desde el reposo, el sistema muscular deberá trabajar en conjunto con el sistema pulmonar y cardiovascular que permitan el aumento de flujo de este gas (222). Se sabe que los aumentos de temperatura favorecen la descarga de O₂ en tejidos metabólicamente activos al reducir la afinidad de la hemoglobina por el O₂ a medida que la curva de disociación de oxihemoglobina se desplaza hacia la derecha en condiciones in vitro y este fenómeno, que está asociado con la liberación aumentada de ATP de eritrocitos durante el ejercicio (223)

Asimetría

Se han establecido numerosas clasificaciones para cuantificar estas diferencias entre extremidades Chris Bishop y colaboradores las resumen en:

- Dominante versus no dominante
- Más fuerte vs. más débil,
- Derecha vs. izquierda y
- Lesionado vs. no lesionado extremidades

Los autores afirman debido a la gran variabilidad de asimetrías, no existe un método uniforme para cuantificar las diferencias entre extremidades hasta la fecha, con la excepción de informar estas asimetrías como una diferencia porcentual de una extremidad en respeto a la otra. (224)

Reducir la asimetría podría disminuir el riesgo de lesiones y además aumentar las medidas prácticas de rendimiento (225) y en adición ayudaría al mejoramiento de la técnica de movimiento y la coordinación motora. (226)

Existe una tendencia entre los humanos a utilizar preferentemente un lado del cuerpo en actos motores voluntarios. Esta tendencia caracteriza la preferencia lateral. La preferencia lateral es aquella que determina el uso preferencial de una mano o pie y una habilidad motora. (227)

En contraste, el dominio lateral sugiere la especialización funcional de los hemisferios cerebrales izquierdo o derecho. (227)

Las diferencias de control musculoesquelético y motor entre las extremidades podrían jugar un papel importante papel en la determinación del dominio de las extremidades.(228)

Hay que tener en cuenta que la preferencia lateral o el dominio lateral es probable que influya en las asimetrías de fuerza, lo cual depende del deporte o la actividad que se realice. Es decir, el lado más hábil puede o no coincidir con el lado que tiene más fuerza muscular y tiene que ver en si por ejemplo para que una extremidad realice un gesto motor rápido y preciso, otra debe darle estabilidad y resistencia. (229)

El dominio de las extremidades, por ejemplo, explicaría, en parte, las asimetrías en el paso de marcha, espaciales y temporales, pequeñas e imperceptibles que mayoría de las personas sin discapacidad tienen inherentemente (230) Otra de las explicaciones serían movimientos frecuentes y exigentes, como en el deporte (231)

En el deporte, la preferencia de las extremidades puede determinar las asimetrías en la técnica como en el pedaleo en ciclistas(227) de hecho, las asimetrías cinéticas oscilaron entre 5 y 20% en favor de la extremidad preferida, y parecía ser inversamente relacionado con la intensidad del ejercicio durante el pedaleo (232) Es decir, asimetría se vuelve menos pronunciada a medida que aumenta la velocidad de pedaleo.(228) En contraste, un estudio realizado en ciclistas recreativos no competitivos, que no tenían entrenamiento explícito, se concluyó que los cambios de asimetría con la velocidad de pedaleo, no tuvieron relación con el dominio de las extremidades.(228)

En relación a ello, es bastante nombrado por la literatura, el concepto de que algunas preferencias laterales de las extremidades inferiores podrían tener un efecto potencial en el

riesgo de lesiones y su posterior rehabilitación y recuperación (233) y afectación del rendimiento (234)

En un estudio sobre lesiones de un equipo de fútbol profesional español se encontró 57,1% de las lesiones se produjeron en la parte dominante, frente al 38,1% que se dieron en el hemicuerpo del cuerpo no dominante. (235) y en un grupo de esquiadoras, varios estudios previos informaron una mayor tasa de lesiones en la pierna no dominante en comparación con la pierna dominante (236,237) También el fútbol se determinó que el dominio sirve como factor etiológico con respecto a las lesiones de LCA.(238)

Como en el caso antes citado, Las asimetrías en el ámbito deportivo han sido varias veces estudiadas por causar deficiencias en el desempeño funcional o incluso por ser un potencial factor de riesgo de lesiones. (228,239–243) De hecho claramente algunos investigadores afirman que las asimetrías o diferencias mecánicas dentro el sistema musculoesquelético (es decir, fuerza, equilibrio, poder, etc) entre las piernas puede ser un precursor de lesiones de este sector. (244)

En el estudio de la asimetría biomecánica en la pronación del pie se encontró que efectivamente puede influir significativamente en la atenuación del choque asimétrico lo que contribuye a aumentar el riesgo de varios tipos lesiones de uso excesivo (227)

Rodríguez-Sanz encontró que la carga asimétrica del cuerpo está asociada con el GSE(una incapacidad asintomática a priori del tobillo para dorsiflexar más allá de una posición neutral con la rodilla extendida o flexionada) y puede causar una mayor activación de los músculos de la espalda baja y la pelvis (por ejemplo, el cuadrado lumbar) y los músculos de las extremidades inferiores (tríceps surales, músculo tibial anterior y tendón de Aquiles) y una mayor carga al pie pudiendo ocasionar., fascitis plantar, pie plano, hallux abductus valgus, tendinosis de Aquiles, colapso del mediopié de Charcot y ulceraciones diabéticas. Por lo cual se establece una cadena biomecánica desfavorable. (239)

Sin embargo no existe unanimidad y hubo hallazgos contradictorios (229)

En cuanto a estudios que abordan las asimetrías cinéticas en corredoras no encontró una relación significativa entre asimetrías y historial de lesiones,(227) y la demostración de asimetría del lado derecho e izquierdo del cuerpo durante las pruebas de *FMS* no se asoció con un aumento significativo en el riesgo de lesión prospectivo(245)

Es importante mencionar que un estudio ha demostrado que la asimetría de carrera exhibe una gran variabilidad entre sujetos. Y han hallado que una lesión previa puede influir en la magnitud de carga de impacto, pero puede no ser un determinante del potencial de lesión. (241)

También se afirma que las asimetrías en relación a la fuerza muscular, no servirían como predictor univariante, de lesión sin embargo, si contribuiría significativamente para dilucidar el riesgo de lesión al ser correctamente interpretado en un modelo multicausal combinado con otras variables fisiológicas (241)

En cuanto a desequilibrios de un mismo miembro, pueden darse antero-posteriores, con asimetrías entre cuádriceps e isquiotibiales (243) o desequilibrios de fuerza laterales entre el aductor y los músculos abductores, los cuales son un factor de riesgo para lesiones en la ingle. Las lesiones de cadera y lesiones en músculos aductores se relacionan con desequilibrios musculares y la asimetrías estructurales comunes en el hockey debido a la fuerza de rotación repetida a la que están expuestos (246) y se encontró que los jugadores de fútbol que desarrollaron lesiones crónicas en la ingle relacionadas con el aductor tuvieron un abductor más fuerte músculos y músculos aductores más débiles, (247)

En lo referente al rendimiento, alguna de las asimetrías deportivas (como la fuerza de salida o la altura de salto) no parecen tener una influencia clara. (229) Aunque el pedaleo representa una tarea motora simétrica, es común que los ciclistas en general experimenten desequilibrios en la fuerza aplicada al pedal entre las extremidades derecha e izquierda (234) y no solo aquellos que tienen alguna asimetría constitucional, estructural inicial como una previa ruptura de ACL o artrosis de rodilla(248) Se ha afirmado que un desequilibrio existente entre las fuerzas del pedaleo limitaría el rendimiento del ciclismo debido a un inicio temprano de fatiga. (234) entonces asimetrías bilaterales se correlacionan positivamente con el rendimiento en bicicleta,(228) Sin embargo, como dijimos, particularmente en el ciclismo, las diferencias bilaterales ya sea en fuerza, potencia de salida, o cinemática se encuentran con frecuencia y varían con la situación competitiva, la cadencia de pedaleo, la intensidad del ejercicio y la duración del ejercicio. (232,233)

En cuanto a las asimetrías de fuerza relacionadas con el rendimiento, Schmitt, Paterno & Hewett, hicieron una relación entre cuádriceps femorales débiles y fuertes en el momento del regreso al deporte en individuos post-ACLR. Los primeros demostraron una función disminuida, mientras que aquellos con déficits de fuerza de CF mínimos demostraron un

rendimiento funcional similar al de las personas no lesionadas. Por lo cual se puede afirmar que los déficits de fuerza predijeron el rendimiento (249)

Los perfiles de asimetría de los atletas corredores individuales y la falta de relación entre la asimetría de la fuerza de las extremidades y el rendimiento del sprint sugieren que los atletas no son "dominantes de las extremidades" y que los desequilibrios de la fuerza son específicos de la articulación y la tarea. Los mecanismos cinéticos compensatorios pueden servir para reducir los efectos de la fuerza o la asimetría biológica en el resultado de rendimiento de la velocidad escalonada. (250) Intervenciones de entrenamiento pueden reducir las asimetrías deportivas y mejorar el rendimiento y actuar como una medida preventiva de lesión importante. (228,229,243,246,247) Sin embargo, algunos autores resaltan que entrenadores y atletas interesados en minimizar la diferencia lateral deben considerar que un entrenamiento destinado a corregir la asimetría puede afectar negativamente la técnica (particularmente de carrera) al influir en los movimientos compensatorios que generalmente realiza un atleta. (251)

La literatura sugiere que la asimetría puede ser una función adaptativa y desadaptativa de las tareas en las que un individuo participa regularmente (233) y desequilibrios de la fuerza muchas veces son específicos de la articulación y el ejercicio específico al que está sometido y que cierta mínima asimetría puede ser funcional o disfuncional para diferentes atletas. Sin embargo, se termina aconsejando que las prácticas de entrenamiento aún deben estar dirigidas a lograr la simetría de poder en las piernas.(251)

Como conclusión de este apartado, las asimetrías no siempre deben ser asociadas con una situación patológica como las lesiones, sin tener en cuenta el contexto específico del deporte en el que el atleta participa regularmente, sin embargo, los cambios en la temperatura de la piel podrían ser la expresión objetiva de la tensión muscular (por ejemplo, debido a una carga de trabajo incremental máxima) (234)

El conocimiento de las asimetrías específicas del deporte sería una valiosa información para guiar al profesional para hacer un regreso específico al juego decisiones posteriores a la lesión y a determinar cuáles son las anomalías que podrían estar relacionadas con los patrones de riesgo de lesión y fatiga, para así poder corregirlas. (233)

Lesiones más frecuentes, mecanismo de producción, prevención.

En cuanto a las lesiones, si bien la lista de factores de riesgo predisponentes de las mismas, relacionadas con el deporte pueden ser numerosas, algunas de ellas son factibles de ser

modificadas y no otras no lo son. Dentro de este último grupo, podríamos citar, sexo, edad, historial de lesiones, el deporte y nivel de competencia, (252) sumado a aquellos “accidentes” o inoportunos eventos no previsibles como golpes, caídas, tropiezos etc. y aún no está claro pero la especialización deportiva temprana podría aumentar la tasas de lesiones por uso excesivo y agotamiento deportivo.(253)

La prevención de lesiones es frecuentemente descrito como el proceso de intervenir en los factores causantes de una lesión de una manera que reduzca la frecuencia (o gravedad) de las mismas de un individuo o población.(254)

Los factores de riesgo prevenibles son aquellos que de ser detectados y modificados o controlados a tiempo podrían llegar a colaborar con la menor recurrencia de lesiones en el deportista (253). Dentro de estos factores específicamente relacionados con los atletas juveniles de élite el control postural, lesión previa, volumen de entrenamiento y carga y fatiga, parecen ser los más relevantes.(255,256) Otros factores que pueden contribuir en sujetos jóvenes son una relativa falta de masa de tejido magro, un aumento de la hipermovilidad articular y desequilibrios en crecimiento y fuerza muscular,(253) propiocepción deficiente, y habilidades de movimiento poco desarrolladas,(257) reducción de la longitud muscular óptima, falta de flexibilidad muscular, calentamiento insuficiente, lesión en la espalda baja, mala postura lumbar y aumento de la tensión neuronal muscular(258)

Uno de los tipos de lesión relevantes son aquellas causadas por sobre uso para las cuales John P DiFior genera una clasificación de factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos.(253)

Otro gran factor de riesgo de lesión, es haber padecido una previamente. (258–263) o lo que es más, después de la lesión, hay un nivel de riesgo elevado de una mayor lesión(233) J Ekstrand encontró que estas lesiones causaron ausencias más largas que las causadas de-novo(259) y John P DiFior resalta que la lesión previa es un fuerte predictor de la lesión por uso excesivo futura. (Tabla 3) (253) En relación a lo mismo, la lesión de una estructura puede desembocar en una futura lesión de otra relacionada. (264) Como es el caso de una distensión de cuádriceps que en una instancia ulterior podría causar la ruptura del ligamento cruzado anterior de rodilla(265) Ssiguiendo con este hilo conductor, otro patrón de predictivo de lesión o de recurrencia de la misma es retirar completamente a un atleta lesionado del entrenamiento ya que él o ella debe "ponerse al día" y volver al deporte intentando mantener una carga a para la cual quizá no esté preparado(266) teniendo en adición, un impacto negativo en el rendimiento

después del regreso(267). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el riesgo de lesión por lo general se considera, multifactorial. Por ejemplo en el caso particular de las lesiones de hombro en el waterpolo, se ha propuesto que el volumen de disparos, el rango de movimiento, la diskinesia escapular, el desequilibrio de fuerza, el déficit propioceptivo y la cinemática de lanzamiento alterada se asocian con un mayor riesgo de lesiones.(240)

<p style="text-align: center;">Factores de riesgo intrínsecos</p> <p>Factores relacionados con el crecimiento</p> <p>Susceptibilidad del cartílago de crecimiento al estrés repetitivo.</p> <p>Crecimiento adolescente</p> <p>Lesión previa</p> <p>Nivel previo de acondicionamiento</p>
<p>Factores anatómicos</p> <p>Disfunción menstrual</p> <p>Factores psicológicos y de desarrollo: específicos del atleta</p> <p>Factores de riesgo extrínsecos</p> <p>Carga de trabajo de entrenamiento (tasa, intensidad y progresión)</p> <p>Horarios de entrenamiento y competición.</p> <p>Equipamiento / calzado</p> <p>Ambiente</p> <p>Técnica deportiva</p> <p>Factores psicológicos: influencias de adultos y pares</p>

Tabla 3: Factores de riesgo intrínsecos y anatómicos, según John P DiFior(253)

Entonces durante el proceso de entrenamiento podrían ser modificables a modo de prevención, aquellos factores relacionados con el agotamiento y fatiga del deportista como la intensidad, volumen o frecuencia (teniendo en cuenta no solo las horas de entrenamiento y los días sino aquellos eventos como competencias torneos y exhibiciones), tiempo de recuperación y además, el equipo, la técnica y los problemas biomecánicos (desequilibrios musculares, alineación y longitud de extremidades) o deficiencias en la fuerza. Y solo para mencionar su existencia los factores nutricionales y psicológicos también juegan un rol importante (268–274)y deberían ser tratados con el profesional acorde.

VIII La Termografía Infrarroja como herramienta de evaluación kinésica deportiva:

Wartzek en 2011 publica un artículo en el que enlista una serie de requisitos necesarios para que la medición de la temperatura cualquiera sea el método, sea lo más fiable y eficiente posible y que deberían ser cubiertos por el método de elección. Entre ellos, la medición debe estar disponible en menos de 10 segundos, para controles puntuales. Debe ser lo más exacto y preciso posible, el error de medición debe ser de 0,5 °C con un rango de medición de 25 –45 ° C (en algunos casos hasta 14 ° C) y debe ser fácil de usar. Se buscaría que fuera cómodo para el paciente, no invasivo y económico. A su vez, sería ideal que el método pudiera dar cuenta de temperaturas periféricas para calcular flujos de calor y gradientes de temperatura como parámetros adicionales ya que brindarían información extra.(275)

Bases del uso de la Termografía infrarroja en el ejercicio.

La termografía infrarroja se comenzó a desarrollar en el ámbito deportivo no hace muchos años atrás. Los primeros grupos de investigación en ese sentido pertenecían a Eslovenia y España. Posteriormente se ha extendido, cubriendo una gran cantidad de países, dentro de los que podemos nombrar: Austria Estados Unidos, Japón, Serbia, Australia, Brasil, Italia, y Portugal.(276)

Siendo que la termografía infrarroja puede dar cuenta del complejo sistema termorregulador del ser humano y puede ser utilizada en la realización de diversos estudios relacionados con el control térmico. En el ámbito deportivo, podría ser utilizada con distintos objetivos, pero ha de tenerse en cuenta que para que las mediciones sean los más exactas y fiables posibles, debería estandarizarse un método que unificara los conceptos razón por la cual en 2017 Moreira después de analizar investigaciones previas, realizó una lista de verificación que incluye 15 ítem, que pueden servir como guía. (277) (adjunta en sección de Anexo)

El control del intercambio de calor entre el cuerpo humano y el entorno externo es crucial para la regulación de la temperatura corporal durante el ejercicio.(278). Al realizar una actividad física, la temperatura central aumenta, creándose un gradiente de temperatura entre el músculo y la superficie de la piel, el cual produce la transferencia de calor. Entonces la temperatura del primero disminuye y la del segundo aumenta hasta llegar al equilibrio térmico (279) La

temperatura de la piel durante el ejercicio podría estar relacionada con el trabajo muscular, al reflejar la eficiencia en la disipación del calor producido y a su vez depende de la actividad del sistema circulatorio, nivel de reclutamiento y tasa de sudoración.(280) y muestra variaciones tiempo de ejercicio y el esfuerzo(185,280). A su vez, la misma varía según, la intensidad, tipo y duración del ejercicio, la masa muscular (179), la capa de grasa subcutánea (202,203) y la grasa corporal sumada al grosor de los pliegues.(281) Se ha podido determinar que los sujetos que posean estos valores aumentados, al medirse por termografía infrarroja, poseen una temperatura menor (cierto también al comparar la temperatura de la superficie de la piel entre hombres y mujeres, donde estas últimas registran una menor temperatura producto de su porcentaje de grasa aumentado) (281) y un incremento mas leve y tardío de la temperatura superficial (282)

La respuesta térmica de cada parte del cuerpo puede variar tanto durante el ejercicio como en el periodo de recuperación ya que en músculos y articulaciones involucrados en la actividad física tienen una mayor actividad metabólica con una recuperación energética y tisular más rápida facilitada por aumento del suministro de sangre (283) Gracias al sensado de la temperatura superficial de la piel es posible realizar un seguimiento de la distribución de la misma a partir de la actividad física.(20) La IRT reconocerá la actividad nerviosa noradrenérgica simpática debido a la vasoconstricción arterial cutánea y su consecuente cambio en la temperatura, y radiación de la superficie corporal. La magnitud de los ajustes como la vasodilatación neurogénica refleja de los vasos perforantes para mejorar la disipación de calor depende principalmente del tipo, tiempo, e intensidad del ejercicio en combinación con los requisitos previos individuales y las condiciones ambientales. (21,284)

De esta manera exhibe las adaptaciones fisiológicas agudas al ejercitar. Por lo tanto, se pueden detectar rasgos fisiológicos diferenciadores relevantes, para los profesionales del deporte de diversas formas de sesgo ambiental, técnico e individual siempre que se sigan los protocolos y se procesen las imágenes mediante los softwares correctos.(284)

La termografía infrarroja en principio podría ser utilizada como herramienta de investigación. Muchos de los artículos han intentado comparar los datos obtenidos por ésta en relación a otros para poder determinar si es fiable y precisa.

Fruto de estas investigaciones, por ejemplo, puede empezar a estudiarse a un atleta desde su entrada en calor y la relación entre la temperatura alcanzada por la piel en el período de

transición entre la entrada en calor y la performance. Estas variaciones fueron particularmente evaluadas en nadadores donde la temperatura del agua sumaba una variable extra en la termorregulación. Este estudio encontró que al salir del agua después de la entrada en calor, la temperatura superficial de la piel fue en aumento hasta estabilizarse. Si bien evaluó los resultados obtenidos en una prueba luego de diferentes tiempos de transición (10, 20 y 45 minutos) no halló relación entre las diferentes temperaturas previas y el rendimiento del atleta. (279)

A su vez, dentro de la actividad misma, se ha logrado concluir que el patrón y la tasa de variación de la temperatura vería según la velocidad de ejecución de un ejercicio específico.(278) Por otro lado, la variación de la temperatura superficial en diferentes áreas durante el ejercicio sigue un patrón no homogéneo.(285) Probablemente, se debe a las diferencias en la distribución de la inervación y vascularización cutánea / tisular entre regiones periféricas y centrales. Las curvas de variación de temperatura entonces, dependerán de la región topográfica(20). La temperatura de las regiones de interés más periférica (antebrazos) disminuyen, se recuperan más rápido(286) y muestran un aumento más tardío y en menor cuantía que los más centrales (muslos y tronco). (20)

En cuanto a la dinámica en las variaciones de temperatura de la piel, es descripto por varios autores que los cambios de temperatura durante y después del ejercicio siguen varias etapas con incrementos y descensos en la misma.

Se considera que antes del ejercicio la temperatura de la piel se mantiene constante. (33) Al monitorear la variación de distribución de temperatura durante el ejercicio gradual y de resistencia con imágenes térmicas de alta resolución, se describe una disminución de la temperatura seguido de un aumento de misma sobre los valores basales. (179,277,278,280,286) lo mismo fue observado en ejercicios de fuerza(20) Akimov EB y Son'kin VD en un test aeróbico máximo en atletas de varias disciplinas, encontraron que previo a la disminución indiscutible de la temperatura, los atletas obtuvieron 10 minutos de temperatura constante y luego del descenso solo algunos demostraron un aumento en la temperatura.(287) Este mismo patrón se encuentra bien descripto en un estudio que demuestra que la actividad física influye en la caída de la temperatura de la piel sobre las articulaciones de trabajo durante los primeros tres minutos del ejercicio de bicicleta estacionaria, en entorno controlado, después de lo cual se produce un aumento continuo de la temperatura de la piel. (288)

El nivel de entrenamiento físico influiría en la rapidez de la temperatura de la piel aumenta en respuesta al ejercicio localizado. Siendo más veloz en aquellos sujetos, en el caso de este estudio particular mujeres, entrenadas.(289) Por otro lado se sugirió una relación entre la temperatura de la piel y la capacidad aeróbica. (182,280) La velocidad de aumento de la temperatura de la piel en personas entrenadas es mayor en comparación con personas sedentarias,(182) incluso casi llegaría doble.(289)

Según el estudio de Formenti durante los primeros dos minutos, la temperatura de la piel muestra un comportamiento mixto y alcanzando la mínima temperatura aproximadamente a los 60 s del inicio del ejercicio, sólo que lo era para sujetos no entrenados mientras que para los deportistas profesionales la temperatura aumentaría casi inmediatamente después de comenzado el entrenamiento (Figura12).(289)

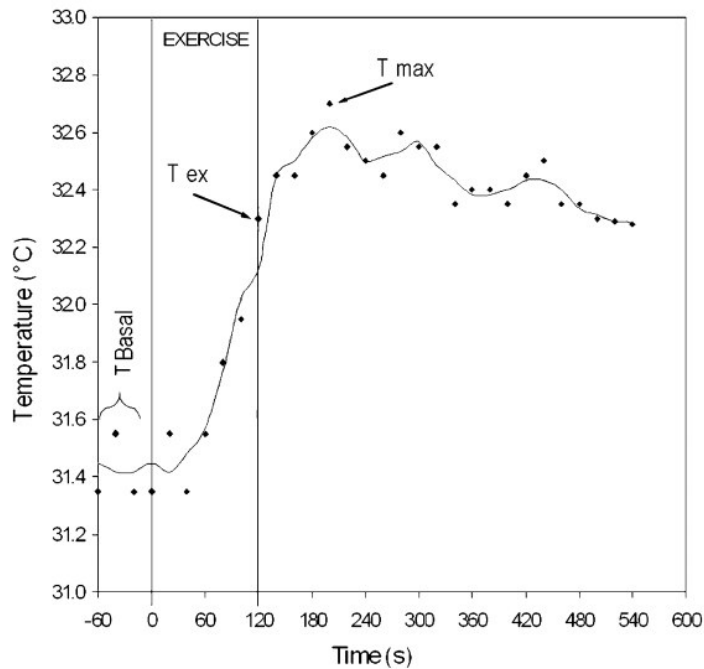


Figura 12: Curso temporal de la temperatura cutánea durante un ejercicio repetitivo de elevación de talón en un sujeto representativo (atleta) según Formenti.(289)

La reducción inicial con la que la mayoría de los autores concuerda, se explicaría por la vasoconstricción cutánea durante el ejercicio(280) para dirigir el flujo sanguíneo a la musculatura activa (20,290,291) atribuible a un aumento en catecolaminas y otras hormonas vasoconstrictoras liberadas a medida que aumenta la intensidad del ejercicio. Entonces la variación de temperatura se encuentra asociado con el flujo sanguíneo.(286) Lo que ocurre luego

del instante inicial depende de la duración e intensidad del ejercicio. Cuando se mantiene durante más tiempo con la misma intensidad, se observa un aumento de la T_p en las regiones de las manos, los antebrazos y los brazos y, especialmente, en las regiones que participaban activamente del ejercicio con transferencia directa de calor de los músculos activos a la superficie de la piel.(290) Subsecuentemente se describe un momento de estabilidad o mantenimiento de la temperatura.(277)

En la tercera fase, después del ejercicio, la temperatura de la piel continua aumentando, alcanzando un valor máximo y luego comenzó a lentamente disminución al terminar el ejercicio.(289) (280) Durante el período de recuperación,, después de la actividad, por otro lado también se registró un el aumento de la temperatura de la piel continúa por encima de los valores previos al ejercicio. Entonces se observó un aumento de la temperatura cutánea heterogénea para todo el cuerpo, cuyo patrón destaca la presencia de manchas hipertérmicas.(185,285,288)Estos puntos son indicativos de la presencia de vasos perforantes musculares, los cuales hay de tres tipos; tipo I los cuales se dirigen hacia la superficie cutánea, el Tipo II está vinculado en el base y corre hacia la superficie cutánea, y Tipo III corre directamente a la superficie dérmica y se dispersa paralelamente a la piel. La difusión del calor de las manchas hipertérmicas a la cutánea circundante el tejido sugiere una posible función hemodinámica y termorreguladora para los vasos perforantes durante / después ejercicio. (288)

Se investigó la temperatura y cambios EMG del músculo bíceps braquial en cargas equivalentes a 5%, 15% y 30% de la contracción voluntaria máxima en 10 hombres sanos. Los resultados mostraron que la contracción isométrica en las cargas mencionadas anteriormente ha resultado en un aumento de la temperatura de la piel que recubre el músculo bíceps braquial. (292) este aumento también se encontró en otros estudios(179,199,292,293) sin embargo no describieron la secuencia de variaciones.

Por regla general, entonces, en respuesta los ejercicios anaeróbicos de alta intensidad localizados, la temperatura de la piel que se encuentra sobre los músculos activos aumenta durante la ejercitación, disminuye lentamente después de esto y aumenta nuevamente en lo siguiente días. (179)

Por otro lado, durante ejercicios de baja intensidad, la temperatura de la piel sobre los músculos activos disminuye, volviendo a los valores normales unos minutos después del ejercicio y presentar un pequeño aumento en los días siguientes. Imágenes térmicas registradas durante la

recuperación del ejercicio mostró que la temperatura cutánea al principio aumentó en la punta de los dedos, antebrazos y cara, como consecuencia de la vasodilatación periférica (286)

Un estudio de 2015 demostró que los aumentos en la perfusión del tejido de las extremidades durante el estrés por calor pasivo y el ejercicio que involucra pequeña masa muscular están estrechamente relacionados con los aumentos de temperatura del tejido local y la sangre, pero están claramente dissociados de la temperatura sistémica, los estímulos hemodinámicos grandes volúmenes y todo el estrés por calor corporal. Siendo este hallazgo sumamente importante para el ejercicio de personas con problemas cardíacos que permitirían un calentamiento local para mejorar el suministro de oxígeno y sustrato a tejidos específicos sin la tensión cardíaca adicional de la hipertermia de todo el cuerpo. (294)

Con respecto a la temperatura de la piel sobre músculos no activos, se puede ver que disminuye durante el ejercicio, volviendo a los valores normales pocos minutos después y suben de manera similar a la temperatura de la piel sobre los músculos activos en los días posteriores al ejercicio, en todos los tipos de ejercicios estudiados.(179)

Si ahora nos referimos al entrenamiento y la puesta en actividad del cuerpo completo como correr o andar en bicicleta, el flujo sanguíneo debe adaptarse a las altas demandas metabólicas de los músculos involucrados,(219) pudiendo aumentar hasta 100 veces en comparación con los valores en reposo (295) y provocando hiperemia muscular heterogénea, lo que refleja diferencias en la estructura vascular y el reclutamiento de unidades motoras. (296). La vasodilatación muscular durante el ejercicio humano depende de la masa muscular activa. Cuando es una pequeña masa la involucrada, ocurre la máxima vasodilatación; sin embargo cuando el ejercicio afecta al cuerpo completo, esta vasodilatación es restringida por el sistema nervioso simpático para impedir la hipotensión.(161) Y a su vez el flujo sanguíneo a otros tejidos, especialmente las vísceras abdominales y los riñones, se reduce. (219)

La respuesta muscular al estrés por calor activa o inhibe transitoriamente varias vías de señalización que regulan el almacenamiento de energía celular y el metabolismo, la contracción, el manejo de iones y la vascularización.(297) la vasodilatación en los músculos contraídos pueda superar el gasto cardíaco y amenazar la regulación de la presión arterial.

La cantidad de oxígeno consumida varía con el nivel de entrenamiento del deportista. (298)Se observó que en ciclistas profesionales el consumo de oxígeno era mayor con respecto al grupo control así como también tenían una mayor temperatura en la piel durante y después del ejercicio

de ciclismo en aumento posiblemente explicada por su mayor capacidad de producción de calor (un menor porcentaje de grasa corporal también fue encontrado en los profesionales que podría relacionarse con el último ítem)(200) En ciclismo se utiliza un término “ eficiencia Bruta” que refiere al total de la energía gastada en el tiempo y se encuentra muy relacionada con la performance del atleta, determinando el rendimiento. En un estudio se halló relación entre la temperatura de los ciclistas en los miembros inferiores y la eficiencia bruta. El mismo también encontró diferencias tanto en la temperatura inicial, como en la variabilidad de temperaturas entre sujetos y en la eficiencia bruta. Aquel que obtuvo un menor porcentaje de eficiencia, también registró una menor elevación de la temperatura (299) Este estudio demuestra cuán importante podría ser la termografía en la medición de la eficiencia de los deportistas la cual finalmente está vinculada con el desempeño de cada uno.

Si bien existen otros métodos de cuantificar el gasto de energía durante el ejercicio, la cámara termográfica por ser un instrumento portable y que no interfiere en la práctica del deportista, podría ser de utilidad. Su uso fue validado como posible elemento de medición del gasto de energía en relación al consumo de oxígeno durante el ejercicio.(300)

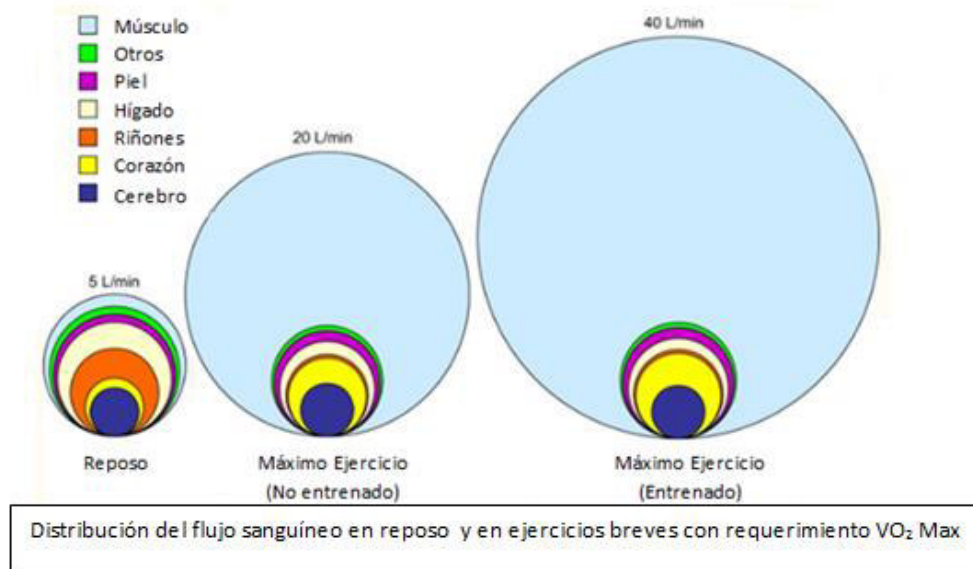


Figura 13: Muestra la distribución idealizada del flujo sanguíneo en reposo (izquierda) y durante el ejercicio máximo en un sujeto masculino joven sano no entrenado (medio) y un atleta de resistencia de élite (derecha).(219)

Pero no solo el flujo sanguíneo varía en sujetos entrenados y aquellos que no lo están. Los atletas bien entrenados tienen un aumento menor en temperatura interna (medida con termómetro rectal) durante el ejercicio que en no jugadores sometido a la misma intensidad de ejercicio físico(182)

Por otro lado en aquellos deportistas que se encuentren exigidos durante un periodo de tiempo largo, como los participantes de maratones o triatlones, este aumento de temperatura o hipertermia ocurre no solo durante el evento, sino que la hipertermia persiste 1 h después del mismo.(301) La hipertermia moderada durante el ejercicio puede ser beneficiosa porque atenúa el aumento de la viscosidad sanguínea provocada por la hemoconcentración lo cual podría mejorar el flujo sanguíneo muscular en un momento en que el cuerpo es metabólicamente activo. (302)

Durante el ejercicio prolongado, la producción de calor metabólico aumenta de acuerdo con la masa de un individuo y la intensidad del esfuerzo y se produce un aumento transitorio de la temperatura central hasta que se equilibra el calor restablecido. Si no se redistribuye y elimina inducirá un aumento excesivo de la temperatura muscular y corporal. La eliminación del calor se realiza de manera efectiva desplazando la sangre de estos distritos a la cutánea capa activando vasoconstricción / vasodilatación(286) El mecanismo más eficiente. eliminar el calor generado por los músculos que trabajan es la sudoración y la evaporación del sudor, cuya tasa depende del medio ambiente temperatura y humedad.(182)

Por ello cuando la persona suda, la pérdida de líquido debe ser compensada con la ingesta del mismo para evitar la deshidratación; cuestión que se complica, ya que la sensación de sed sobreviene ante el déficit de agua del 2% de la masa corporal. Ante este panorama, se reducirá tanto el flujo sanguíneo como la sudoración de la piel (modificando la temperatura de la misma) (201) como así también capacidad de ejercicio aeróbico. Si el ambiente en donde se encuentra el sujeto es caluroso la deshidratación resultara en una disminución de la capacidad física mucho mayor. He aquí la importancia del sistema termoregulador(303) y de tener en cuenta que al hacer mediciones termográficas, una persona deshidratada, reduce tanto el flujo sanguíneo como la sudoración de la piel) (201)

Entonces el rendimiento de resistencia submáximo y máximo puede verse afectado por la deshidratación y la hipertermia corporal. La deshidratación e hipertermia pueden elevar el flujo sanguíneo al corazón, músculos activos y cerebro durante el ejercicio de baja intensidad. Cuando

la intensidad del ejercicio aumenta por encima de niveles moderados o cuando la duración del ejercicio es prolongada, el cerebro, el músculo activo y el flujo sanguíneo sistémico se ven comprometido gradualmente, asociado mecánicamente con actividad vasoconstrictora periférica mejorada, retorno venoso suprimido y el llenado cardíaco que en última instancia obstaculizará el gasto cardíaco. Esta atenuación en el flujo sanguíneo periférico llevará al consumo de oxígeno muscular comprometido, lo cual es probablemente el precursor de la fatiga temprana cuando se realiza ejercicio de intensidad severa en ambientes calurosos mientras se experimenta una marcada deshidratación e hipertermia (173)

Todos estos procesos se verán reflejados en los cambios en la temperatura de la superficie corporal y su medición puede proporcionar información sobre la eficiencia de los sistemas que eliminan el calor endógeno generados por la actividad y a su vez de los cambios metabólicos relacionados con el post ejercicio, y la recuperación.(182)

Una función de la termografía infrarroja recientemente descubierta y por ello no ampliamente discutida, es que podría dar indicios de las condiciones del sistema inmune ya que el estado de inmunosupresión de un atleta, tras el ejercicio podría estar relacionado con patrones térmicos. Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, el ejercicio produciría la liberación de catecolaminas y la subsecuente movilización de glóbulos blancos lo que generaría una disminución de la inmunidad en algunos sectores. (285)

Dentro las utilidades de la termografía se encuentra su empleo en el diseño de indumentaria o para evaluar el comportamiento de la misma ante determinada actividad(304–307). O incluso para monitorear los cambios térmicos de la piel en atletas ante el uso de ortesis (308)

En estos artículos no se discute la fiabilidad de la termografía ya que solo es necesario obtener el valor de temperatura de la piel en determinada circunstancia.

Asimismo podría ser de utilidad en explicar un posible mecanismo de acción de la fototerapia asociada con ejercicios físicos(309). Por ejemplo un estudio sobre mujeres Postmenopáusicas evaluó la temperatura durante la realización de ejercicio físico con y sin irradiación LED (309).

Se han reportado estudios en los que se la utilizó como herramienta de medición durante la evaluación de los efectos a corto, mediano y largo plazo de la combinación de un agente físico tal como el ultra sonido de alta energía con un programa de rehabilitación para la tendinopatía rotuliana.(310) o de terapias como el kinesiotape (311)

Por otro lado podría ser un factor clave en el estudio termográfico de la actividad muscular ya que podría proporcionar patrones con térmicos asociados con alteraciones posturales.(312)

También se ha utilizado para la evaluación y verificación de la eficacia de determinado tipo de entrenamiento sobre el aumento de resistencia. Por ejemplo el preacondicionamiento isquémico el cual consiste en breves ciclos intermitentes de oclusión-reperfusión de los tejidos. Mediante la termografía se ha estudiado el comportamiento de la circulación superficial ante el mismo. Si bien se esperaba que la temperatura aumentara durante el ejercicio, luego de la utilización de ésta técnica, se ha encontrado que disminuye tanto sobre la región de estudio como en regiones más distales y que por lo tanto el preacondicionamiento isquémico no produce en sí mismo variación en la temperatura de la piel, sino que se observa el descenso en la temperatura propio del comienzo del ejercicio.(293) Así como se ha utilizado para la evaluación de determinada actividad física en relación al rendimiento, también ha sido una herramienta (junto a medios de cuantificación de temperatura central) utilizada en la evaluación del preenfriamiento y enfriamiento de media carrera. El preenfriamiento mediante chalecos de hielo, toallas frías e inmersión de piernas en agua helada y el enfriamiento durante la carrera, rociando agua en cuello y cabeza y bebiendo agua fría. Estos métodos fueron utilizados por atletas que deberían realizar su performance en un ambiente cálido. Al utilizar la termografía infrarroja se determinó por ejemplo que aquellos que habían utilizado chalecos de hielo, habían tenido un mejor rendimiento, sin embargo se podría interpretar que aquellos atletas superiores en desempeño serían los que tuvieran la posibilidad de acceder a este tipo de chalecos ya sea por mayor conocimiento o mejor recomendación. (313)

A su vez, se podría emplear para realizar una relación entre la temperatura de la piel y umbral de lactato durante el trabajo muscular en deportistas.(287) Incluso, relacionar la eliminación del mismo al utilizar determinado foam roller.(314)

Por otro lado se ha utilizado para cuantificar los cambios de temperatura producto de los ejercicios de estiramiento estáticos, comprobando la importancia de los mismos en los protocolos de entrada en calor y rehabilitación(194)

Ya que la temperatura depende en parte del flujo sanguíneo y un aumento en el mismo conlleva a un aumento de temperatura(63), ha sido posible el estudio mediante la tecnología en cuestión, cómo influye la restricción del mismo al realizar determinado ejercicio. Esta es una técnica que

permitiría la ejercitación con baja carga obteniendo resultados similares a cargas más altas además de haber sido reportado una posible analgesia tendinosa.(315)

Así mismo se ha utilizado como herramienta para monitorizar la vasodilatación superficial y determinar si es posible conseguirla en practicantes avanzados de taichi chuan. Al ser notorio el aumento de temperatura en las manos en los periodos de concentración se concluyó que podría ser una práctica efectiva que produzca mejorías en la salud. (316) Mas estudios como éste podrían ser llevados a cabo evaluando otro tipo de disciplinas y su eventual veneficio en determinadas afecciones.

La cuantificación de la respuesta térmica a la carga es una de las aplicaciones más relevantes. Diferentes cargas durante actividades que duran más de 10 min o hasta el agotamiento, con una constante o intensidad incremental pueden principalmente ser diferenciado por IRT. (284)

Para controlar la termorregulación durante y después de los ejercicios de resistencia(21) Reacciones agudas y adaptaciones a largo plazo de la rradiación superficial pueden estar relacionadas con factores asociados con el nivel de rendimiento individual, la adaptación al entrenamiento, la capacidad termorreguladora, la temperatura central y la fatiga. (284) Por ejemplo, midiendo la temperatura de la piel luego del entrenamiento es posible considerar si el deportista asimiló correctamente el trabajo del día al compararlo con las mediciones de temperatura basales previas. Esta información a demás hablará sobre el estado de recuperación del atleta y su capacidad para continuar entrenando en un determinado nivel de intensidad.(283)

Conocer la respuesta de la temperatura de la piel influenciada por la aptitud aeróbica podría servir también como herramienta para evaluar la integridad de los mecanismos hemodinámicos y termorreguladores, como parte del sistema circulatorio; lo cual según el artículo podría mejorar el rendimiento en varios deportes de resistencia o incluso en equipo, donde la relación entre la resistencia aeróbica y el control térmico podrían limitar el rendimiento de resistencia.(317)

De igual modo, este método parece adecuado para diferenciar entre la intensidad del ejercicio máximo y submáximo (318) la intensidad del 30 al 70% 1RM(21) la relación entre la activación neuromuscular y la temperatura de la piel durante el ejercicio (280) ofreciendo además información de reclutamiento hemodinámico indirecto de masas musculares durante el ajuste térmico relacionado con el ejercicio.(21)

En relación a la intensidad también mediante la termografía se evaluó la relación entre un índice para analizar el confort térmico y la Clasificación del esfuerzo percibido que muestra la intensidad del ejercicio y el nivel de agotamiento.(319)

En adición a las aplicaciones ya mencionadas sería posible medir superficialmente la temperatura de los tendones(320) y músculos funcionalmente involucrados en la actividad deportiva (20,21) La monitorización de la actividad muscular sería posible por la relación entre el trabajo mecánico realizado y los procesos metabólicos que producen calor.(215) Los cambios de temperatura que ocurrieron en las áreas musculares trabajadas se transferirían al tejido superficial y se podrían medir como temperaturas de la superficie de la piel mediante IRT.(21)

En base a esto, puede ser utilizada para monitorizar el ejercicio, y valorar la relación entre el esfuerzo muscular y la temperatura de la piel como lo demostró Hadžić en 2015 al realizar mediciones sobre un ejercicio de cuádriceps en una de las piernas y comparar las variaciones de temperatura de la piel con respecto a la pierna control.(321)

Priego Quesada grabó imágenes termográficas antes, inmediatamente después y 10 minutos después de terminar la prueba de ciclismo, (figura 14) en cuatro regiones de 10 deportistas las imágenes inferiores pertenecen a un estudio de caso en un ambiente controlado donde un ciclista fue sensado térmicamente en 5 instantes diferentes. Las imágenes obtenidas mostraron las variaciones de temperatura con el tiempo y el esfuerzo por ejemplo, en este caso en particular, queda demostrado que durante el ejercicio incremental, la temperatura de la piel disminuyó sustancialmente de 32.50 ± 0.67 ° C a 30.87 ± 0.73 ° C (se puede observar el patrón con las variaciones del verde- temperatura normal- al azul- temperatura más fría-). (280)Este tipo de respuesta es encontrado en otros estudios.(286,290)

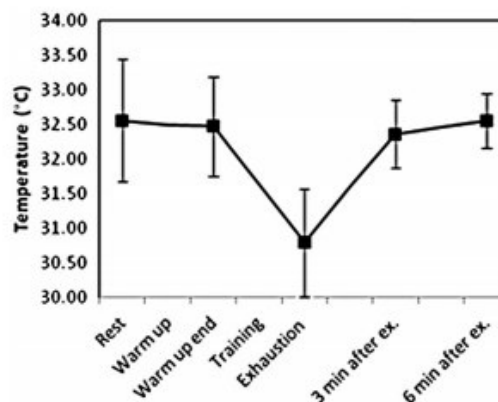
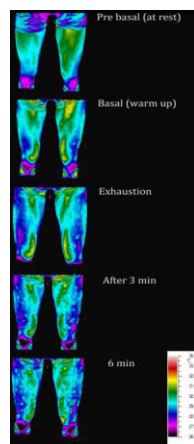


Figura 14 y15: Dinámica de la temperatura de la piel (promedio) entre diferentes tiempos puntos. $P < 0.05$, agotamiento versus basal; $P < 0.01$ agotamiento versus después de 3 min y después de 6 min. (280)

En relación a los tendones, se estudió el impacto del trabajo excéntrico previamente realizado por medio de *squats*, en el tendón rotuliano y de Aquiles, al correr. Los datos termográficos se adquirieron en tres momentos. 1- antes de la sesión de entrenamiento 2- inmediatamente después, y 3- 10 minutos después de la intervención de carrera. Las sesiones de carrera fueron tres días consecutivos y la conclusión a la que se arribo gracias al empleo de la termografía infrarroja fue que el entrenamiento excéntrico creaba una ventaja en el primer día en relación a los sujetos que no habían realizado el entrenamiento de sobrecarga. Este estudio demuestra que mediante la IRT se pueden evaluar los efectos del entrenamiento excéntrico en tendones en periodos diferentes de tiempo. (320)

Termografía infrarroja en relación a Simetrías, Asimetrías y Lesiones.

La identificación de lesiones se torna de vital importancia teniendo en cuenta la subjetividad de lo expresado por el atleta. La termografía podría ser una herramienta conveniente (322), ya que es considerada por algunos autores como una técnica válida, fiable(323) y precisa(69) sin embargo debe tenerse en cuenta que no todos los autores concuerdan en la fiabilidad y precisión de las mediciones. Por ejemplo Maley en 2020 concluyó que la termografía sobreestima la temperatura medida a nivel regional en comparación con otro dispositivo reconocidamente fiable.(324)

La simetría se puede definir como la calidad para demostrar una correspondencia exacta de tamaño, forma y forma cuando se divide a lo largo de un eje dado(229)

Los sujetos sanos deberían tener temperaturas similares en partes simétricas del cuerpo, y cualquiera de los cambios podría indicar patología. Sin embargo, pequeñas diferencias de temperatura pueden estar en relación con el dominio de una de las extremidades por sobre la otra.(72)

Desde 1985(325) se realizan ensayos que estudian la simetría del cuerpo mediante la temperatura de la piel medida con cámaras termográficas con el propósito de establecer patrones térmicos. En 2014 en Brasil lo hicieron sobre en cuerpo en general de una población de hombres y mujeres(326). En 2015 se estudiaron particularmente los patrones térmicos y las simetrías de manos y pies(77). En 2016(82) también se estudiaron las extremidades inferiores, siendo que en

pies sanos no se encontraron variaciones más grandes que 0.1 °C entre varios *rois* de ambos. Así mismo luego del análisis de un equipo de futbol se determinó la existencia de simetría térmica contralateral con una diferencia $\leq 0,2^{\circ}\text{C}$ entre los 4 Rois de ambas piernas(327) Siendo consideradas normales, diferencias de hasta 0.5°C entre las extremidades inferiores derecha e izquierda.(182)

En relación al deporte, en una investigación realizada sobre remeros se establece la posible utilidad de Imagen térmica en la evaluación de la distribución de las temperaturas de la superficie de la piel desde ejercicio, especialmente en atletas cuyo éxito depende de la actividad muscular simétrica.(226)

Parecería que la simetría de movimiento garantiza el gasto de energía más económico y queda planteado que la actividad asimétrica del cuerpo humano no solo afecta negativamente la técnica, sino que también da como resultado un peor rendimiento.(226)

Dentro de este contexto, se cree que la IRT puede usarse para evaluar la simetría de la actividad muscular en varios tipos de ejercicios.(226)

En relación a la pierna dominante, la determinación de preferencia se realiza frecuentemente por la observación de la pierna elegida para patear. La cuantificación de las asimetrías generalmente implica la medición de índices de asimetría, relaciones de izquierda a derecha o procedimientos estadísticos. La asimetría en variables dependientes del tiempo, como el desplazamiento angular o las fuerzas de reacción del suelo, puede ser evaluado satisfactoriamente por análisis de forma de onda.(227)

Sin embargo, está en discusión otro método de identificación de asimetrías, que se corresponde con la termografía. Si bien la termografía infrarroja en el ámbito médico no puede definir las etiologías y la anatomía local (69) si puede detectar las variación térmicas de la superficie de la piel y ante la aparición de asimetrías entre ambos hemicuerpos se podría correlacionar la existencia o no de algún “desequilibrio” subcutáneo además de identificar anomalías estructurales y biomecánicas.(312)

Un estudio(328) llevado a cabo en corredores detalló que obtuvo un aumento de temperatura $>1^{\circ}\text{C}$ entre la medición pre y post al maratón, clasificado como una señal de alarma o gravedad de ser obtenidos en una misma zona anatómica, entre zonas contralaterales (dominante y no dominante) y entre zonas anatómicas anteriores y posteriores de una misma extremidad según Fernández-Cuevas(139) y también lo corrobora en una actualizada revisión bibliográfica.(71)

Vardasca sugirió que en individuos sanos la diferencia entre el lado izquierdo y el derecho es de aproximadamente 0.4 ± 0.3 °C y demuestra que la carrera no incrementa la asimetría térmica.(329)

Una revisión bibliográfica publicada en 2015, propone tener en cuenta las siguientes variaciones de temperatura en lados contralaterale. (139)

Diferencias de temperatura	Nivel de atención
< 0,4°C	Normal
0,5° – 0,7°C	Seguimiento
0,8° – 1°C	Prevención
1,1 – 1,5°C	Alarma
>1,6 C	Gravedad

Tabla 4: Variaciones de temperatura en lados contralaterales y su clasificación en niveles de atención.(139)

Entonces una diferencia $< 0,4^{\circ}\text{C}$ sería considerada como normal y cualquier puntuación mayor debería llamar la atención de los profesionales y abordar al deportista en forma diferencial.

Mientras que otro estudio sugiere que cualquier asimetría significativa de más de 0.7°C puede definirse como anormal y puede indicar una variante fisiológica o anatómica en el sistema locomotor. (69)

En deportes que no son totalmente simétricos como el caso de futbol, mediante la monitorización continua de la evolución térmica de la comparación de los miembros dominante y no dominante del futbolista, se conseguirá establecer unos rangos óptimos de asimetría(330) La existencia de la diferencia de temperatura entre el lado derecho e izquierdo coincide con un valor más elevado en la pierna dominante, no hallándose una variación significativa entre la zona anterior y posterior de la pierna.(327). En el caso de un estudio llevado a cabo en un grupo brasilero, también de futbolistas para determinar asimetrías de fuerza, se tomaron mediciones mediante termografía infrarroja, biomarcadores sanguíneos y una prueba de salto. Los mismos se realizaron antes de comenzar la temporada y tres días después de terminar la misma, la cual tenía una duración de 16 semanas. encontraron como habían predicho que se encontraban

relacionados los niveles de fuerza y biomarcadores con la temperatura superficial de la piel. Como conclusión adicional les fue posible comentar que el tiempo de recuperación entre temporadas no había sido suficiente, por lo cual podría ser otra utilidad de la termografía a futuro. (331)

En el caso de los jugadores de básquet, que también trabajan asimétricamente, la temperatura de la piel en áreas equivalentes de lados contralaterales sobre los músculos que trabajan desbalanceados, mostró diferencias estadísticamente significativas entre los lados, lo que se asoció con la asimetría funcional del entrenamiento. (226) Sin embargo en una asimetría externamente inducida, como la adición de 1,5kg a una de las piernas en un entorno controlado en corredores, no demostró un cambio en la temperatura de ambas piernas.(332) Estudios posteriores deberían evaluar lo mismo en periodos de tiempo más largos, pero aun así no igualaría a una situación natural de asimetría en donde la persona se encuentra sometido a ella en todo momento lo que crea incluso un desarrollo muscular y neural diferente.

En el caso de los remeros citados previamente, la temperatura media de la superficie del cuerpo siempre fue más baja después del ejercicio, sin diferencias significativas en la caída de la temperatura promedio entre los lados opuestos. El estudio considero esto como un indicio de que el trabajo de los músculos involucrados en el esfuerzo físico en el ergómetro de remo es simétrico. (226)

Sin embargo, algunas Investigaciones actuales muestran que no hay suficiente evidencia científica de la aplicación exitosa de la termografía en el ambiente clínico. Athos Trecroci realizó un estudio sobre 10 ciclistas de élite y concluyo que existía dificultad para asociar la asimetría de la temperatura de la piel con la del esfuerzo muscular. (234)

La termografía podría ser de utilidad tanto para la prevención de lesiones como para la identificación de las mismas(26,139,322) o dentro dentro del proceso de rehabilitación proporcionando información sobre el proceso de curación en curso y mejorando la capacidad del terapeuta para crear un programa de rehabilitación y tratamiento adaptado mediante mediciones regulares. (26,69,139)

En el caso de la prevención de lesiones, en base a todo lo abordado hasta aquí, podríamos decir que su efectividad se basa en la identificación de contrastes térmicos que darían indicio de lesión establecida o futura lesión por sobreuso o sobretrenamiento que crearía un aumento de

temperatura y por consiguiente un aumento de radiación emitida por la piel, captable con la cámara termográfica.

Gómez-Carmona en el 2020 luego de un estudio sobre 33 jugadores de futbol concluyó que la termografía infrarroja es capaz de información cuantitativa sobre las diferencias bilaterales en las temperaturas de la piel. Para ello se valió de los datos obtenidos en dos pretemporadas sucesivas. En una de las mismas se incorporó la TIR como herramienta de evaluación complementaria durante el programa de prevención. Comparando los datos se encontró una menor incidencia de lesiones en la que el método en discusión se encontraba incluido. (333)

En el caso de la lesión establecida, Hildebrandt y sus colaboradores demostraron la capacidad de la termografía infrarroja para la identificación de las mismas, realizando un estudio sobre siete atletas que mostraron síntomas de reacciones regionales por uso excesivo. Los atletas sintomáticos tenían una diferencia de temperatura bilateral media de 1.4°C ($\pm 0.58^{\circ}\text{C}$). El rango de temperatura normal de los ocho atletas no lesionados mostró una variación de lado a lado de 0.3°C ($\pm 0.61^{\circ}\text{C}$). Ante el examen clínico de 3 de los 7 pacientes lesionados que no sentían dolor, se determinó que correspondían a aquellos que tenían umbral bajo para el dolor por presión. Por lo cual en estos últimos tres asintomáticos hubiera podido ser posible aplicar medidas preventivas. Los autores remarcan la importancia de comprender la fisiopatología, las fases y el marco temporal de la curación normal de tejidos de las lesiones traumáticas.(69)

Por otro lado, el ejercicio extenuante y prolongado y la repetición de acciones excéntricas puede provocar deterioro muscular, con dolor muscular de aparición tardía, fuerza pérdida y debilidad.(27) También puede causar daño estructural y liberación de sustancias intracelulares. [por ejemplo, creatina quinasa (CK), mioglobina, calcio, potasio a la sangre debido a una mayor permeabilidad o rotura de las membranas mioelulares, probablemente resultantes de un aumento de la producción, típica del ejercicio, de especies oxidantes que las membranas de peróxido.(334). A la vez el deterioro muscular puede provocar un aumento de la proteína muscular en la sangre, un efecto percibido entre 6 y 12 horas después de la sesión de entrenamiento.(27). La identificación de ambos biomarcadores de inflamación y por ende, de daño muscular, se torna para encontrar la fuente de la misma y definir la acción posterior requerida para la salud del atleta y el rendimiento óptimo.(271)

Los daños musculares post ejercicio, los cuales representan el 90% de las lesiones deportivas agudas(335), podrían ser identificados indirectamente mediante la termografía infrarroja. (117) En un trabajo titulado “*termografía no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte*” de

2013 se realizaron mediciones termográficas en un equipo de Rugby y se halló correlación entre aquellos jugadores que tenían un nivel alto de creatina kinasa [Ck] (indicador de daño muscular) con un aumento de la temperatura. (27)

Algunos estudios demuestran que es posible relacionar la fatiga muscular con los cambios de temperatura producidos por la respuesta inflamatoria al ejercicio y DOMS.(336,337) La termografía infrarroja podría detectar Doms o dolor muscular de aparición tardía. El mismo, es fruto de una respuesta inflamatoria y considerado un indicador de daño muscular post ejercicio físico. Su aparición suele ser posterior a un aumento en la carga de entrenamiento o posterior a la realización de una actividad o ejercicio no acostumbrada o tiempo de recuperación insuficiente.(338) Ante el mismo, se disminuye la capacidad de generar fuerza, así como el control de la misma.(339)

Los entrenamientos múltiples con ejercicios con un componente excéntrico que induzcan el daño muscular, durante una misma jornada, pueden ser considerados un factor de riesgo extra en enfermedad por calor por esfuerzo o golpe de calor por esfuerzo, en sujetos no aclimatados. Esto se justificó con el aumento del pirógeno IL-6 circulante y los relevamientos de temperatura rectal. Por este motivo, esta recomendado no ignorar el comportamiento térmico de los deportistas.(340)

Un estudio sobre nadadores narra la aplicación de la termografía en cuatro casos. En uno de ellos, previo aviso del sujeto de dolor en sus piernas, fue capturada una imagen termográfica que reveló una hiperradiación en el gastrocnemio lateral de ambas piernas. Gracias a ello fueron tomadas medidas prácticas como botas de compresión, masaje y descanso que redujeron la temperatura y lo volvieron un deportista apto para el entrenamiento, evitándose la posible futura lesión.(341)

En 2019 se realiza un estudio sobre competidores de triatlón y se logra relacionar la respuesta de la temperatura de la piel en regiones corporales específicas con el porcentaje de masa muscular, el volumen de entrenamiento semanal y la percepción de fatiga.(342) En el 2021 se concluyó en un estudio que la termografía infrarroja era un muy buen método en la predicción y monitoreo de la fatiga muscular durante ejercicios dinámicos de baja intensidad, siendo que se obtuvieron resultados relacionados entre las mediciones de la electromiografía y la IRT en los participantes del estudio.(343)

Recientemente, el personal médico del club de fútbol brasileño “Cruzeiro” ha estado utilizando análisis termográficos para ayudar con el monitoreo y diagnóstico de fatiga muscular en

jugadores. El procedimiento de Cruzeiro consiste en tomar imágenes de los jugadores después de cada partido de fútbol o práctica principal y analizar las imágenes en busca de cambios en la temperatura de la piel alrededor de los músculos objetivo. (70)

Sin embargo, algunos estudios no están de acuerdo es que sea posible medir el estrés fisiológico mediante IRT siendo que no hay relación entre el seguimiento de la temperatura basal de la piel y otros factores. En 2018 Willian da Silva realiza un estudio con la intención de comprobar aquello tomando mediciones térmicas sobre los miembros inferiores de 20 voluntarios no entrenados. Así mismo obtuvo muestras de sangre para obtener valores de la enzima creatinquinasa (indicadora de daño muscular) antes y después de realizar un protocolo de entrenamiento y cuantificó el dolor muscular. No halló una relación entre la temperatura de la piel y el nivel de daño muscular específico en las pantorrillas Postuló a su vez, que una razón de ello podría ser la lejanía del sitio de la lesión a la piel.(344) Un estudio similar, realizado un año después, llegó a las mismas conclusiones. El mismo fue realizado sobre una media maratón y fueron medidos los patrones térmicos de maratonistas 48 y 24hs antes y después de la competencia. Junto con la medición de la temperatura se tuvieron en cuenta los marcadores sanguíneos de creatina quinasa (CK) y glutamato oxaloacetato transaminasa [GOT]), la percepción del dolor y la fatiga (EVA) y rendimiento de salto sin encontrar relación entre los valores de ambos métodos.(345) Otro estudio que compara variables similares utilizadas como herramientas de medición de cambios fisiológicos, no haya relación entre la TIR, el nivel de CK, la percepción de fatiga o recuperación, dolor y rendimiento en futbolistas profesionales, dentro del campo.(346)

En el 2020 Stewart, tampoco encuentra asociación entre las temperaturas y DOMS. En su estudio, realizado sobre 8 voluntarios los parámetros a medir 24 y 48hs después de la realización de un ejercicio inductor de DOMS fueron la percepción subjetiva de dolor, rendimiento neuromuscular y como constante la medición de la temperatura superficial con la cámara infrarroja. Como los anteriores este estudio solo encontró un cambio en la temperatura basal producto del ejercicio y hasta 48hs después, pero no halló cambios de temperatura 48hs después ya que había vuelto a los valores iniciales.(347).Durante el 2020 (348) y 2021(349) Priego Quesada, participa de dos estudios, sólo que con otros ejercicios. Como novedad encontró una asociación entre la variación de temperatura y el sexo de los voluntarios no abordada con anterioridad. Sin embargo al estudiar las temperaturas durante el campeonato mundial de

atletismo de 2019 (artículo publicado en el 2021) no se encontró relación entre el sexo y la temperatura pre y post ejercicio.(313)

En definitiva, muchos estudios son los que concluyen que no es posible predecir el dolor muscular tardío por medio de la medición de la temperatura superficial.

La termografía podría brindar datos sobre la efectividad de terapias post entrenamiento, específicas como la utilización de la punción seca y la acupuntura sobre un musculo fatigado determinado (350) o más generales como el masaje con hielo e inmersión en agua fría para apoyar la recuperación y prevenir *DOMS*.(351) Una temperatura adecuada es requerida para mantener la irrigación muscular necesaria, y una vuelta a la normalidad de la misma luego de las elevaciones causadas por el ejercicio es relevante para prevenir la enfermedad por calor, la pérdida de fuerza o el dolor post ejercicio.(352)

Es ampliamente considerado que el enfriamiento luego del ejercicio es un una forma de recuperación que colabora con el mejoramiento de condiciones tanto subjetivas (dolor) como objetivas (contracción muscular máxima voluntaria, rendimiento e hinchazón muscular).(353) Por lo tanto es necesario realizar evaluaciones de aquellas acciones que podrían lograrlo por ejemplo con enfriamientos prolongados(352) inmersión en agua fría y crioterapia de cuerpo parcial (353) y de cuerpo completo convencional y por convección forzada (viento frontal unilateral).(354) Gracias a la termografía se ha evaluado la forma más efectiva de realizar el método de enfriamiento por inmersión en agua fría y se determinó que la mezcla de agua fría con hielo en partes iguales, era aquella que disminuía la temperatura más rápidamente.(355)

Estos estudios acerca de la efectividad de los métodos antes descritos, también han sido realizados gracias a la cámara termográfica. Aun sin existir una enfermedad por calor, basándose en las Directrices recientes de PRICE, realizadas por La Asociación de Fisioterapeutas Colegiados en Deportes y Ejercicio Medicina, se necesitan una reducción en la temperatura de la piel de al menos 5°C-15°C para lograr respuestas fisiológicas óptimas que reduzcan el período de recuperación. Sin embargo existen otros métodos que podrían utilizarse en este medio para medir la temperatura corporal como el termómetro timpánico, rectal u oral (356) Algunos han demostrado más validez que otros, pero aun con diferencias de medición de más de 1 ° C durante el ejercicio, su uso continúa debido a su operación simple y costo reducido.(357) Para el monitoreo del ejercicio, especialmente en entornos de laboratorio en interiores, la temperatura rectal es la medida *gold estándar* aceptada.(358)

En relación a la fatiga, se entiende que la fatiga muscular no es causada por un solo factor, sino por la interacción de varios de ellos. Se postula que sería simplista intentar establecer un punto de corte en una determinada temperatura central “crítica” por encima de la cual cabría esperarse el desarrollo de fatiga.(359)

Julien D Périard al estudiar la producción de fuerza no encuentra relación entre la capacidad de producir fuerza y la temperatura ambiente, ya que la misma se vio disminuida tanto al entrenar con temperaturas elevadas, como en situaciones normales. De la misma forma, apunta que la fatiga no está totalmente mediada por una inhibición del impulso del SNC por encima de una temperatura rectal de 39°C, sino que la atribuye a cambios en la integridad muscular y aparato contráctil (360). A su vez, el aumento de la temperatura del cerebro por los cambios térmicos en la temperatura de la sangre arterial y del core disminuirían el control motor (361). Y para la realización de la mayoría de las actividades es necesario un buen funcionamiento cognitivo. La temperatura del core se comprobó que está relacionada con la función cognitiva, encontrándose que ésta última disminuye cuando la temperatura central alcanza los 39 ° marcando esta temperatura como umbral.(362) También se considera que la hipertermia es un factor limitante en los ejercicios de resistencia.(363) Aunque el modo, duración y la intensidad del ejercicio intervienen en las respuestas fisiológicas y psicológicas que determinarían la fatiga, serían necesarios más estudios.(360)

Por otro lado, la fatiga central parece estar influenciada por la actividad neurotransmisora del sistema dopaminérgico, pero las señales inhibitorias de los termorreceptores que surgen de las temperaturas elevadas del núcleo, los músculos y la piel y la retroalimentación aferente aumentada del aumento de la ventilación y el estrés cardiovascular (quizás detección de sangre en el barorreceptor estabilidad de la presión) y las alteraciones metabólicas dentro de los músculos esqueléticos son probablemente todos los factores de importancia para la retroalimentación aferente para mediar la fatiga inducida por hipertermia durante la submáxima ejercicio de intensidad En relación con los factores que afectan el rendimiento durante el ejercicio. En última instancia la fatiga implica reducciones musculares actividad y, por tanto, disminución de la generación de fuerza muscular y potencia. Hallándose relacionada no solo con los factores musculares sino con el sistema nervioso central. Además, fatiga periférica, definida como alteraciones en la función muscular localizadas "distalmente a la unión neuromuscular "puede estar influenciada por factores externos factores como el suministro de oxígeno y sustrato.(337)

Por lo que manteniendo controlados los parámetros de estrés por calor podrían conservarse la función cognitiva y motora.

La temperatura central es fiablemente medida en la arteria pulmonar,(275) sin embargo se trata de un método invasivo y se han buscados otros métodos más simples y seguros como las medidas en esófago, recto e intestino(364) timpánica y axilar aunque éstos sean menos exactos.(275) En ello reside la necesidad de seguir investigando y buscando un método que sea mas certero y que a su vez reúna las condiciones de ser rápido y no invasivo.

Existe un índice, llamado PSI (índice de tensión térmica 0-10) el cuál utiliza la temperatura rectal y frecuencia cardíaca para indicar un valor límite de tolerancia térmica, pero aún éste está en duda de ser fiable.(365) El empleo de la termografía podría ayudar a identificar de inmediato esa condición, sería capaz de brindar la indicios sobre la temperatura central.(277) Aunque no todos los autores están de acuerdo.(285)

Gracias a estas mediciones, sería posible tomar medidas que reduzcan la temperatura corporal como la inmersión en agua helada. (366) o se podría controlar la disminución del rendimiento causado por la hipertermia, mediante el aumento de la liberación de dopamina, la cual actuaría como reguladora en el centro termorregulador aumentando la tolerancia al aumento de la temperatura por implicar la limitación / anulación de las vías del sistema nervioso central que conllevan a la interrupción del ejercicio debido a la misma. Así mismo los inhibidores de la recaptación de DA o DA / noradrenalina (NA) también podrían colaborar con este propósito.(363)

Algunos autores como Bartuzi en el 2012, han encontrado que la termografía IR también podría servir como complemento del EMG (permite estimar la magnitud de la electricidad actividad neuromuscular durante el ejercicio) de superficie en la evaluación de la fatiga muscular(292). A la misma conclusión llegó Rodriguez-Sanz en 2019 al encontrar que los corredores que tenían un equino funcional aumentaban la temperatura de los gastronemios al mismo tiempo que la actividad electromiográfica, proponiendo que podría servir este hallazgo para evitar otras patologías derivadas.(367)

A su vez la termografía podría proporcionar una base de datos científica para validar uso excesivo y lesiones agudas de rodilla,(69) pudiendo ser observado un aumento de temperatura por termografía en las lesiones del ligamento cruzado anterior(69) como así también en esguinces de tobillo.(368). Los esguinces de tobillo son una lesión frecuente en deportistas. Si bien no existen muchos estudios que utilicen la tecnología en cuestión, en relación a este tema,

si hay un estudio de caso que ha encontrado una diferencia notable de temperatura entre el tobillo sano en relación al lesionado de un deportista. La diferencia de temperatura hallada fue de 2,5 grados de diferencia al realizar una actividad física. Éste recientemente descubierto fenómeno parecía menguar a los 21 días, resolviéndose por completo a los 42 este descubrimiento abre nuevas puertas y utilidades de la termografía ya que nos podría orientar sobre una completa sanación del tejido blando en un deportista. .(369)

Continuando con las lesiones deportivas, una cámara termográfica fue usada en un ensayo clínico para describir el desarrollo en el desgarramiento o aflojamiento de un ligamento de rodilla sintético LARS.(370)

En cuanto a las fracturas, serviría para la evaluación del proceso de sanación(371). Otro tipo de lesiones deportivas que pueden ser detectadas a tiempo es la patología debilitante de la fractura por estrés (la cual representa el 10% de todas las lesiones deportivas).(372)

En relación al seguimiento postoperatorio de un reemplazo de rodilla, la evidencia encontrada solo previene de malas interpretaciones futuras ya que, si bien cabría esperar un aumento de la temperatura en el sitio específico de la lesión quirúrgica, no fue lo que ocurrió. Al medir por medio de una cámara termográfica la temperatura superficial pre operatorio y luego los 7 días postoperatorios, el sitio en el que se registró una variación de temperatura fue distal al trauma quirúrgico. Fue postulado que la disminución de la temperatura se debía a alteración en la perfusión.(373)

Discusión

La termografía infrarroja, se presenta en esta revisión como una herramienta de evaluación kinésica deportiva. Los resultados son controversiales.

Es amplia su utilización en el ámbito de la investigación, brindando datos térmicos que aumentan el conocimiento sobre el cuerpo humano, sin embargo, en lo que a la detección de una patología derivada del ejercicio refiere, presenta restricciones. La mayoría limitaciones sustanciales son estrategias de análisis insuficientes que reducen la precisión, objetividad, confiabilidad y validez de los conjuntos de datos. Para superar estas limitaciones, un software con algoritmos mejorados y procesamiento de datos automatizados deberían ser tenido en cuenta para permitir un uniforme integral análisis de los datos.(284)

Otra de las desventajas y complicaciones de la termografía es que se ve dificultoso el seguimiento del atleta durante el ejercicio en el campo. La mayoría de los artículos han realizado las tomas en un ambiente controlado de laboratorio con posiciones preestablecidas.

En base a todos los parámetros detallados anteriormente, el realizar las mediciones termográficas en una competencia, por ejemplo, podría acarrear problemas de obstrucción de imagen por otros participantes, superposición de imágenes cuando en la toma frontal los brazos cruzan al cuerpo, fuentes de enfriamiento externas, accesorios de indumentaria extra (gorros, guantes, medias más altas, cuellos, mochilas) problemas de desenfoque y por tanto borrosidad de la imagen entre otros. Con respecto a este último punto se estableció en las recomendaciones técnicas que, físicamente, para que la medición tenga los valores más cercanos a la realidad, la imagen debería quedar dentro del perímetro de captura durante 50ms. En caso de que este tiempo fuera menor gracias al movimiento, el promedio de temperatura sería el capturado en una superficie mayor e incluso podría entrar, dentro del promedio, registros del fondo de la imagen. Producto de esto se deduce que la temperatura final obtenida podría variar mucho y alejarse de la real.

Aún están estudio muchas de las aplicaciones, por ejemplo en su empleo para la detección de fatiga algunos autores hallaron utilidad al lograr medir correctamente la temperatura central(277)mientras que otros no.(285)

Otro de los problemas es la variabilidad de la emisividad en relación a la humedad de la piel, es decir la sudoración. Aun así, al identificar todos estos factores, es posible minimizar su impacto en los resultados y resulta que la termografía infrarroja es un buen método para monitorizar la temperatura en un ámbito dinámico y poco controlado.(374)

IX Conclusión.

La termografía infrarroja en el ámbito clínico ha ido creciendo en popularidad a nivel mundial durante los últimos años.

Las aplicaciones de la termografía infrarroja son extensas tanto dentro del ámbito deportivo como fuera del mismo, ya que ha permitido un análisis más profundo de las reacciones térmicas del cuerpo humano ante diferentes estímulos.

Como todo método tiene sus beneficios y sus desventajas. Si bien los protocolos detallados no son difíciles de acatar, es real la necesidad de conocer las especificaciones para obtener resultados fiables, como ser el tiempo de aclimatación, las características de la habitación, la cámara termográfica y el software, en adición a la necesaria buena voluntad de los sujetos para someterse al estudio. Así mismo, para realizar el correcto seguimiento, la toma de imágenes térmicas se entiende que debiera realizarse en forma regular y sistemática.

Por otro lado, se establece que el profesional debiera instruido en la toma de imágenes térmicas ya que existen muchos factores técnicos y distanciados de la profesión a tener en cuenta. El mismo, llegado el caso, podría servirse de este trabajo como guía básica e inicial, pero así mismo, también debe poseer el software necesario y debe poder tener el conocimiento pertinente tanto de termografía como de biomecánica, anatomía y fisiología, entre otras, para poder interpretar los resultados.

Esta revisión bibliográfica ha incluido un número importante de artículos y se concluye que por sí sola, la termografía aún no es capaz de diagnosticar y con sólo sus resultados, la evaluación kinésica en el entorno deportivo no es posible y probablemente nunca lo sea. Sin embargo, ha resultado ser una gran herramienta de investigación en el ámbito deportivo y posiblemente pueda en el futuro ser una imagen complementaria útil. También ha contribuido a ampliar el conocimiento sobre el comportamiento fisiológico del cuerpo y la termorregulación de los tejidos durante el ejercicio.

Aún faltan más estudios para saber si es posible establecer un punto de corte que demarque patología entre las asimetrías térmicas de ambos hemicuerpos en el individuo pero no se descarta que en algún momento pueda ser un método preventivo y ampliamente utilizado

En Argentina no se ha encontrado que haya sido empleada por licenciados en kinesiología ni se han detectado artículos redactados por los mismos. Teniendo en cuenta que los costos no son excesivos (tanto de cámara como del Software) y sumado a sus muchos beneficios tales como la generación rápida de datos, la alta reproducibilidad y el tratarse de una técnica no invasiva y en base a todo lo expuesto y el conocimiento actual y presentado por el presente trabajo, se concluye que sería posible revertir esta situación y que es potencialmente útil el empleo de la termografía infrarroja como herramienta de evaluación kinésica deportiva.

X Bibliografía.

1. Vilcahuamán L, Rivas R. Ingeniería clínica y gestión de tecnología en salud: avances y propuestas.
2. Meadows JTS. Diagnóstico diferencial en fisioterapia. 1era ed. Madrid: Mcgraw-hill - Interamericana de España.; 2000. 11 p.
3. Mundial O. Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud Versión abreviada.
4. Lesmes JD. Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano. 21st ed. Bogota, Colombia: Medica Panamericana; 2007. 4 p.
5. Romero M. Fundamentos del abordaje kinésico fisioterapéutico de las tendinopatías mecánicas. Rev Paraguaya Reumatol. 2016 May;2(1):29–35.
6. Kennedy L, Wilmore J, David C. Fisiología del deporte y el ejercicio. 5ta ed. Ed. Panamericana, editor. Estados Unidos: Human Kinetic; 2014. 284 p.
7. Tan CL, Knight ZA. Regulation of Body Temperature by the Nervous System. Vol. 98, Neuron. Cell Press; 2018. p. 31–48.
8. Álvarez ME. Semiología Médica. 1º ed. Buenos Aires, Argentina: Ed. Médica Panamericana.; 2008. 71 p.
9. Ahonen J. Kinesiología y anatomía aplicada a la actividad física. Vol. 2ª. Editorial Paidotribo; 2001. 81 p.
10. Carrión Carrión E. Termoquímica, I. Valencia. España: Universitat de València; 2011. 203 p.
11. Malacara D. Óptica básica -. 3rd ed. Fondo de Cultura Economica, editor. Mexico: Ediciones Científicas Universitarias; 2015. 561 p.
12. Morozhenko V. Infrared Radiation. Smiljanic T, editor. Rijeka, Croacia: in Tech; 2012. 228 p.
13. Atkins PW, Jones L. Principios de química: los caminos del descubrimiento. 3era ed. Ed. Médica Panamericana.; 2006. 990 p.
14. Vatansver F, Hamblin MR. Far infrared radiation (FIR): Its biological effects and medical applications. Vol. 1, Photonics and Lasers in Medicine. Walter de Gruyter GmbH; 2012. p. 255–66.
15. Soriano MC, Pastor RR. Termografía Infrarroja. Nivel II -. Madrid: Fc Editorial; 2016.
16. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. Vol. 55, Infrared Physics and Technology. 2012. p. 221–35.

17. Bernard V, Staffa E, Mornstein V, Bourek A. Infrared camera assessment of skin surface temperature - Effect of emissivity. *Phys Medica*. 2013 Nov;29(6):583–91.
18. Clark JOE. *The Basics of Heat*. New York, Estados Unidos: The Rosen Publishing Group; 2014. 84 p.
19. Müller Ordóñez AR. Close range 3D thermography: real-time reconstruction of high fidelity 3D. 2019;7:168.
20. Fröhlich M, Felder H, Kraus S, Ludwig O. Changes in Skin Surface Temperature during Muscular Endurance indicated Strain: An Explorative Study. *Int J Kinesiol Sport Sci*. 2014;2(3).
21. Weigert M, Nitzsche N, Kunert F, Lösch C, Baumgärtel L, Schulz H. Acute Exercise-Associated Skin Surface Temperature Changes after Resistance Training with Different Exercise Intensities. *Int J Kinesiol Sport Sci*. 2018;6(1):12.
22. Côrte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, José Hernandez A. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: Pilot study. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019 Jan 1;5(1).
23. Guerrero Pupo J, Amell Muñoz I, Cañedo Andalia R. Tecnología, tecnología médica y tecnología de la salud: algunas consideraciones básicas. *Acimed*. 2004;12(4).
24. Fernandez- Cuevas I. Aplicación de la termografía infrarroja para la prevención, seguimiento de lesiones y apoyo al diagnóstico en el deporte y la salud. 2019;
25. Gómez Milán E, Salazar E, Domínguez E, Iborra O, de la Fuente J, Córdoba MJ. *Neurotermografía y termografía psicósomática*. Granada. España: Fundación Internacional artecittà; 2015. 54 p.
26. Sillero-Quintana M, Gomez-Carmona PM, Fernández-Cuevas I. Infrared Thermography as a Means of Monitoring and Preventing Sports Injuries. In: *Innovative Research in Thermal Imaging for Biology and Medicine*. Madrid, España: Advisory Board; 2017. p. 165–98.
27. Bandeira F. A termografía no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. *J Chem Inf Model*. 2013;53(9).
28. Grau ríos M, Muñoz Camacho E. *Ingeniería química*. Editorial UNED; 2013. 520 p.
29. Cisale H. *Física biológica veterinaria*. 2da ed. Buenos Aires, Argentina: Eeudeba; 2020. 14 p.
30. Bernal JAJ, Torres C del CG, Saldaña JGB. *Termodinámica - José Alfredo Jiménez Bernal, Claudia del Carmen Gutiérrez Torres, Juan Gabriel Barbosa Saldaña - Google Libros*. México: Grupo Editorial Patria; 2014. 512 p.
31. Montes Pita MJ. *Teoría y problemas de transmisión de calor*. Editorial UNED; 2015. 394 p.

32. Pineda CF, Velasco Maíllo S. Termodinámica. In: Termodinámica. 2da reimpr. España: Editorial Universitaria Ramon Areces,; 2009. p. 111.
33. Taylor NAS, Tipton MJ, Kenny GP. Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. Vol. 46, Journal of Thermal Biology. Elsevier Ltd; 2014. p. 72–101.
34. Vidal SE, Aguilera MEC. Fundamentos de transmisión de calor. Edicions Universitat Barcelona; 2005. 159 p.
35. López FF, Otero JM, Núñez ER. Termodinámica y ejercicio físico. 2014;(November).
36. De Paula J, Atkins P. Química - Física. 8va ed. Buenos Aires, Argentina: Panamericana; 2008. 28–47 p.
37. Kenny GP, Notley SR, Gagnon D. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. Vol. 117, European Journal of Applied Physiology. Springer Verlag; 2017. p. 1765–85.
38. Hill RW, Wyse GA. Fisiología Animal - Google Libros. Madris, España: Ed. Médica Panamericana,; 2006. 1038 p.
39. Romanovsky AA. Skin temperature: Its role in thermoregulation. Vol. 210, Acta Physiologica. 2014. p. 498–507.
40. Kreith F, Bohn MS, Manglik RM. Principios de Transferencia de Calor - Frank Kreith, Mark S. Bohn, Raj M. Manglik - Google Libros. 7ma ed. México: Cengage Learning Editores; 2012. 984 p.
41. Bejan A. Convection heat transfer. 4ta ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons; 2013. 704 p.
42. Hernández Adrover JJ, Rodríguez Fernández J, Sanz Arget J. Transmisión de calor para ingenieros. Cuenca: Universidad de Castilla La Mancha; 2010. 214 p.
43. Siegel R, Howell JR, Menguc P. Thermal radiation heat transfer /. 6ta ed. Estados Unidos: CRC Press; 2015. 1016 p.
44. Bergman TL, Incropera FP, DeWitt DP, Lavine AS. Fundamentals of Heat and Mass Transfer - - Google Books. 7ma ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons; 2011. 1048 p.
45. Kaviany M, Kanury A. Principles of Heat Transfer. 7ma ed. Vol. 55, Applied Mechanics Reviews. Estados Unidos: Cengage learning; 2011. 696 p.
46. Ziessman H. Los requisitos en Radiología: Medicina nuclear. 3era ed. España: Elsevier; 2007. 580 p.
47. Datta AK. Heat and mass transfer: A biological context, second edition. 2da ed. Heat and Mass Transfer: A Biological Context, Second Edition. Estados Unidos: CRC Press,; 2017. 676 p.
48. Wilson JD, Buffa AJ. Física - Google Libros. 5ta ed. México: Pearson Educación; 2002. 842 p.

49. Navarro R. Energía, calor, trabajo y termodinámica. Grupo Planeta (GBS); 2012. 268 p.
50. Vincent JD, Hodges SE, Vampola J, Stegall M, Pierce G. Fundamentals of infrared and visible detector operation and testing: Second edition. Fundamentals of Infrared and Visible Detector Operation and Testing: Second edition. Estados Unidos: John Wiley & Sons; 2015. 592 p.
51. FLIR Systems AB. Guía de termografía para mantenimiento predictivo. 2011;45.
52. Villaseñor-Mora C, Sanchez-Marin FJ, Calixto-Carrera S. An indirect skin emissivity measurement in the infrared thermal range through reflection of a CO₂ laser beam. Vol. 55. 2009.
53. Bronzino JD, Peterson DR. Biomedical Signals, Imaging, and Informatics - Google Libros. In: 4ta ed. Estados Unidos: CRC Press; 2014. p. 1468.
54. Zhang X. Molecular sensors and modulators of thermoreception. Vol. 9, Channels. Taylor and Francis Inc.; 2015. p. 73–81.
55. Diakides M, Bronzino JD, Peterson DR. Medical infrared imaging: Principles and practices. Medical Infrared Imaging: Principles and Practices. Estados Unidos: CRC Press; 2012. 638 p.
56. Fernández-Cuevas I, Arnáiz Lastras J, Escamilla-Galindo V, Gómez-Carmona PM. Application of Infrared Thermography in Sports Science. In: Application of Infrared Thermography in Sports Science. Springer; 2017. p. 81–109.
57. Alfieri FM, Battistella LR. Body temperature of healthy men evaluated by thermography: A study of reproducibility. Technol Heal Care. 2018;26(3):559–64.
58. Yaneth L, Duarte N. Principios básicos de la termografía infrarroja y su utilización como técnica de mantenimiento predictivo. Universidad pontificia bolivariana.; 2011.
59. Prado C. Cámaras térmicas. 62. 2011;144.
60. Distancia focal | Entendiendo qué es el zoom de la cámara y la distancia focal del lente | [Internet]. Available from: <https://www.nikon.com.mx/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/entendiendo-la-distancia-focal.html>
61. Torres Vicencio FO, Jara Chávez AG, Ortega Beltrán RA. Corrección de imágenes IR mediante un filtro extendido de estadísticas constantes. Ingeniare. 2015;23(2):235–44.
62. Dance DR, Christofides S, Maidment ADA, McLe ID. Diagnostic Radiology Physics. Veterinary Parasitology. Austria: International Atomic Energy Agency; 2014. 84 p.
63. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. Vol. 71, Infrared Physics and Technology. Elsevier B.V.; 2015. p. 28–55.

64. Resolución, NETD, exactitud | Academia Testo [Internet]. [cited 2020 Jan 19]. Available from: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/resolucion-netd-exactitud>
65. Balageas DL. Termografía Infrarroja : una técnica multifacética para la Evaluación No Destructiva (END). Buenos Aires, Argentina; 2007.
66. Tres funciones De La Cámara Termográfica Que Ahorran Tiempo Y Aumentan La Precisión | Fluke [Internet]. [cited 2020 Jan 18]. Available from: <https://www.fluke.com/es-bo/informacion/mejores-practicas/aspectos-basicos-de-las-herramientas-de-prueba/camaras-infrarrojas/tres-funciones-de-la-camara-termografica-que-ahorran-tiempo-y-aumentan-la-precision>
67. Ammer K, Ring F. The Thermal Human Body: A Practical Guide to Thermal Imaging. CRC Press; 2019.
68. Termografía, guía de bolsillo Teoría- Aplicación Práctica- Consejos y Trucos.
69. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors*. 2010 May;10(5):4700–15.
70. Barcelos EZ, Caminhas WM, Ribeiro E, Pimenta EM, Palhares RM. A Combined Method for Segmentation and Registration for an Advanced and Progressive Evaluation of Thermal Images. *Sensors (Basel)*. 2014 Nov 19;14(11):21950.
71. Viegas F, Mello MT de, Rodrigues SA, Costa CMA, Freitas L de SN, Rodrigues EL, et al. THE USE OF THERMOGRAPHY AND ITS CONTROL VARIABLES: A SYSTEMATIC REVIEW. *Rev Bras Med do Esporte*. 2020 Feb;26(1):82–6.
72. KORMAN P, JACEK Z, KUSY K, STRABURZYŃSKA-LUPA A. Possible uses of infrared thermography in sport. *TRENDS Sport Sci*. 2016;2(23):57–62.
73. Ghassemi P, Joshua Pfefer T, Casamento JP, Simpson R, Wang Q. Best practices for standardized performance testing of infrared thermographs intended for fever screening. *PLoS One*. 2018;13(9).
74. Schwartz RG, Getson P, O’Young B, Campbell J, Brioschi M, Usuki H, et al. Guidelines for Dental-Oral and Systemic Health Infrared Thermography. *Pan Am J Med Thermol*. 2015 Jun 30;2(1):44–53.
75. Conocimientos de medición en termografía de Testo | Entorno de medición | Testo Argentina S.A. [Internet]. [cited 2020 Jan 16]. Available from: <https://www.testo.com/es-AR/Entorno+de+medición/base-conocimiento-termografia-entorno-medicion>
76. Christiansen J, Dudley W. International Academy of Clinical Thermology Quality Assurance Guidelines Standards and Protocols in Clinical Thermographic Imaging. 2015;1–35.
77. Gatt A, Formosa C, Cassar K, Camilleri KP, De Raffaele C, Mizzi A, et al. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: Baseline data. *Int J Vasc Med*. 2015 Jan 13;2015.

78. Ring F. Thermal imaging today and its relevance to diabetes. In: *Journal of Diabetes Science and Technology*. SAGE Publications Inc.; 2010. p. 857–62.
79. Bagavathiappan S, Philip J, Jayakumar T, Raj B, Rao PNS, Varalakshmi M, et al. Correlation between plantar foot temperature and diabetic neuropathy: A case study by using an infrared thermal imaging technique. *J Diabetes Sci Technol*. 2010;4(6):1386–92.
80. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Quintana MS, Soares DD, De Andrade Fernandes A, et al. Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Phys Technol*. 2014;65:30–5.
81. Priego Quesada JI, Martínez Guillamón N, De Anda RMCO, Psikuta A, Annaheim S, Rossi RM, et al. Effect of perspiration on skin temperature measurements by infrared thermography and contact thermometry during aerobic cycling. *Infrared Phys Technol*. 2015 Aug 3;72:68–76.
82. Macdonald A, Petrova N, Ainarkar S, Allen J, Plassmann P, Whittam A, et al. Thermal symmetry of healthy feet: A precursor to a thermal study of diabetic feet prior to skin breakdown. *Physiol Meas*. 2017 Jan 1;38(1):33–44.
83. Conocimientos de medición en termografía de Testo | Ajuste de la emisividad | Testo Argentina S.A. [Internet]. [cited 2022 Oct 10]. Available from: <https://www.testo.com/es-AR/Ajuste+de+la+emisividad/base-conocimiento-termografia-seteo-emisividad>
84. Shterenhis M. Challenges to Global Implementation of Infrared Thermography Technology: Current Perspective. *Cent Asian J Glob Heal*. 2017 Oct 30;6(1).
85. AlZubaidi A, Ethawi Y, Schmölzer G, Sherif S, Narvey M, Seshia M. Review of Biomedical Applications of Contactless Imaging of Neonates Using Infrared Thermography and Beyond. *Methods Protoc*. 2018 Oct 29;1(4):39.
86. Li D, Liu Y, Chen Y, Xu L, Ye F, Huang Y. Study on Autonomous Path Planning by Mobile Robot for Road Nondestructive Testing Based on GPS. *IFIP Adv Inf Commun Technol*. 2011;347 AICT(PART 4):321–32.
87. Murthy R, Pavlidist I, Tsiamyrtzis P. Touchless monitoring of breathing function. *Conf Proc . Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Conf*. 2004;2004:1196–9.
88. Chauvin R, Hamel M, Brière S, Ferland F, Grondin F, Létourneau D, et al. Contact-Free Respiration Rate Monitoring Using a Pan-Tilt Thermal Camera for Stationary Bike Telerehabilitation Sessions. 2014;
89. Garbey M, Sun N, Merla A, Pavlidis I. Contact-free measurement of cardiac pulse based on the analysis of thermal imagery. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2007 Aug;54(8):1418–26.
90. Strumila A, Kazlauskas V, Pošiūnas G, Verkauskas G, Beiša V. Infantile hemangioma: Predicting proliferation by infrared thermography. *Med*. 2017 Jan 1;53(2):85–9.

91. Bhargava A, Chanmugam A, Herman C. Heat transfer model for deep tissue injury: A step towards an early thermographic diagnostic capability. *Diagn Pathol*. 2014 Feb 20;9(1).
92. Knobel-Dail RB, Holditch-Davis D, Sloane R, Guenther BD, Katz LM. Body temperature in premature infants during the first week of life: Exploration using infrared thermal imaging. *J Therm Biol*. 2017 Oct 1;69:118–23.
93. Barros A, Mendes J, Moreira A, Vardasca R, Clemente MP, Ferreira AP. Thermographic study of the orofacial structures involved in clarinetists musical performance. *Dent J*. 2018 Dec 1;6(4).
94. Silva D, Mendes J, de Azevedo e Castro J, Ferreira D, Moreira A, Clemente MP, et al. Development and implementation of an intraoral device for occlusal stability during sports performance: A case report. *Dent J*. 2018 Dec 1;6(4).
95. Su TY, Ho WT, Chiang SC, Lu CY, Chiang HK, Chang SW. Infrared thermography in the evaluation of meibomian gland dysfunction. *J Formos Med Assoc*. 2017 Jul 1;116(7):554–9.
96. Dua G, Mulaveesala R. Applicability of active infrared thermography for screening of human breast: a numerical study. *J Biomed Opt*. 2018 Mar 20;23(03):1.
97. Morales-Cervantes A, Kolosovas-Machuca ES, Guevara E, Reducindo MM, Hernández ABB, García MR, et al. An automated method for the evaluation of breast cancer using infrared thermography. *EXCLI J*. 2018 Oct 13;17:989–98.
98. Gatt A, Cassar K, Falzon O, Ellul C, Camilleri KP, Gauci J, et al. The identification of higher forefoot temperatures associated with peripheral arterial disease in type 2 diabetes mellitus as detected by thermography. *Prim Care Diabetes*. 2018 Aug 1;12(4):312–8.
99. Huang CL, Wu YTYW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 2011 Oct;54(4):1074–80.
100. Chatchawan U, Narkto P, Damri T, Yamauchi J. An exploration of the relationship between foot skin temperature and blood flow in type 2 diabetes mellitus patients: a cross-sectional study. *J Phys Ther Sci*. 2018;30(11):1359–63.
101. Deng F, Tang Q, Zeng G, Wu H, Zhang N, Zhong N. Effectiveness of digital infrared thermal imaging in detecting lower extremity deep venous thrombosis. *Med Phys*. 2015 May 1;42(5):2242–8.
102. Aronen HJ, Suoranta HT, Taavitsainen MJ. Thermography in deep venous thrombosis of the leg. *Am J Roentgenol*. 1981;137(6):1179–82.
103. Casal D, Pais D, Mota-Silva E, Pelliccia G, Iria I, Videira PA, et al. Reconstruction of a long defect of the ulnar artery and nerve with an arterialized neurovenous free flap in a teenager: A case report and

- literature review. *Microsurgery*. 2018 Feb 1;38(2):209–17.
104. Perng CK, Ma H, Chiu YJ, Lin PH, Tsai CH. Detection of free flap pedicle thrombosis by infrared surface temperature imaging. *J Surg Res*. 2018 Sep 1;229:169–76.
 105. Deng F, Tang Q, Jiang M, Zhong N, Liu G. Infrared thermal imaging and Doppler vessel pressurization ultrasonography to detect lower extremity deep vein thrombosis: Diagnostic accuracy study. *Clin Respir J*. 2018 Mar 1;12(3):1118–24.
 106. Nielsen TA, da Silva LB, Arendt-Nielsen L, Gazerani P. The effect of topical capsaicin-induced sensitization on heat-evoked cutaneous vasomotor responses. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*. 2013;5(3):148–60.
 107. Gazerani P, Arendt-Nielsen L. Cutaneous vasomotor reactions in response to controlled heat applied on various body regions of healthy humans: Evaluation of time course and application parameters. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*. 2011;3(3):202–9.
 108. Lin PH, Echeverria A, Poi MJ. Infrared thermography in the diagnosis and management of vasculitis. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*. 2017 Sep 1;3(3):112–4.
 109. Zadeh HG, Jamshidi H, Namdari F, Rezakhaniha B. The application of wavelet transform in diagnosing and grading of varicocele in thermal images. In: *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Springer Verlag; 2019. p. 147–61.
 110. Kulis T, Knezevic M, Karlovic K, Kolaric D, Antonini S, Kastelan Z. Infrared digital thermography of scrotum in early selection of progressive varicocele. *Med Hypotheses*. 2013 Oct;81(4):544–6.
 111. Capo A, Di Paolo J, Celletti E, Ismail E, Merla A, Amerio P. Thermal alterations in patients with inflammatory diseases: a comparison between psoriatic and rheumatoid arthritis. *Reumatismo*. 2018 Dec 20;70(4):225–31.
 112. Greenwald M, Ball J, Guerrettaz K, Paulus H. Using Dermal Temperature to Identify Rheumatoid Arthritis Patients With Radiologic Progressive Disease in Less Than One Minute. *Arthritis Care Res*. 2016 Aug 1;68(8):1201–5.
 113. Schiavenato M, Thiele RG. Thermography detects subclinical inflammation in chronic tophaceous gout. *J Rheumatol*. 2012 Jan;39(1):182–3.
 114. Ryu SJ, Zhang HY. Neurilemmoma of deep peroneal nerve sensory branch: Thermographic findings with compression test. *J Korean Neurosurg Soc*. 2015 Sep 1;58(3):286–90.
 115. de Medeiros CR, Brioschi ML, de Souza SN, Teixeira MJ. Infrared thermography to diagnose and manage venomous animal bites and stings. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2017;50(2):260–4.

116. Cojocaru IM, Cojocaru MC, Voiculescu VM, Bozdoc-Ionescu OB, Cartog AM, Giurcaneanu C. Thermal patterns in zoster. *J Med Life*. 8(3):346–9.
117. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *J Vis Exp*. 2012;(59):1–9.
118. Choi E, Lee PB, Nahm FS. Interexaminer reliability of infrared thermography for the diagnosis of complex regional pain syndrome. *Ski Res Technol*. 2013 May;19(2):189–93.
119. Jeong M-Y, Yu J-S, Chung W-B. Usefulness of thermography in diagnosis of complex regional pain syndrome type I after transradial coronary intervention. *J Invasive Cardiol*. 2013 Sep;25(9):E183-5.
120. Karstetter KW, Sherman RA. Use of thermography for initial detection of early reflex sympathetic dystrophy. Vol. 81, *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 1991. p. 198–205.
121. Niehof SP, Huygen FJPM, van der Weerd RWP, Westra M, Zijlstra FJ. Thermography imaging during static and controlled thermoregulation in complex regional pain syndrome type 1: Diagnostic value and involvement of the central sympathetic system. *Biomed Eng Online*. 2006 May 12;5.
122. Pochaczewsky R. Thermography in posttraumatic pain. *Am J Sports Med*. 1987;15(3):243–50.
123. Do TP, Heldarskard GF, Kolding LT, Hvedstrup J, Schytz HW. Myofascial trigger points in migraine and tension-type headache. Vol. 19, *The journal of headache and pain*. 2018. p. 84.
124. Cojocaru MC, Cojocaru IM, Voiculescu VM, Cojan-Carlea NA, Dumitru VL, Berteanu M. Trigger points--ultrasound and thermal findings. *J Med Life*. 2015 Jul 1;8(3):315–8.
125. Dibai-Filho A V., Guirro ECO, Ferreira VTK, Brandino HE, Vaz MMOLL, de Jesus Guirro RR. Reliability of different methodologies of infrared image analysis of myofascial trigger points in the upper trapezius muscle. *Brazilian J Phys Ther*. 2015;19(2):122–8.
126. Haddad DS, Brioschi ML, Arita ES. Thermographic and clinical correlation of myofascial trigger points in the masticatory muscles. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2012 Dec 1;41(8):621–9.
127. Tan JH, Ng EYK, Rajendra Acharya U, Chee C. Study of normal ocular thermogram using textural parameters. *Infrared Phys Technol*. 2010 Mar;53(2):120–6.
128. Brunsmann U, Sauer U, Arba-Mosquera S, Magnago T, Triefenbach N. Evaluation of thermal load during laser corneal refractive surgery using infrared thermography. *Infrared Phys Technol*. 2010 Sep;53(5):342–7.
129. Buckmaster F, Ian Pearce E. Effects of humidity on tests of tear production. *Cornea*. 2016;35(6):754–8.
130. Bhatia M, Ranier Poley J, Haberman JD, Boon DJ. Abdominal thermography in infantile and childhood liver disease. *South Med J*. 1976;69(8):1045–8.

131. Jaspers MEH, Maltha I, Klaessens JHGM, de Vet HCW, Verdaasdonk RM, van Zuijlen PPM. Insights into the use of thermography to assess burn wound healing potential: a reliable and valid technique when compared to laser Doppler imaging. *J Biomed Opt.* 2016;21(9):96006.
132. De Sousa NTA, Guirro ECDO, Calió JG, De Queluz MC, Guirro RRDJ. Application of shortwave diathermy to lower limb increases arterial blood flow velocity and skin temperature in women: a randomized controlled trial. *Brazilian J Phys Ther.* 2017 Mar 1;21(2):127–37.
133. Benito-de-Pedro, Becerro-de-Bengoa-Vallejo, Losa-Iglesias, Rodríguez-Sanz, López-López, Cosín-Matamoros, et al. Effectiveness between Dry Needling and Ischemic Compression in the Triceps Surae Latent Myofascial Trigger Points of Triathletes on Pressure Pain Threshold and Thermography: A Single Blinded Randomized Clinical Trial. *J Clin Med.* 2019 Oct 5;8(10):1632.
134. Chan LS, Lo JLF, Kumana CR, Cheung BMY. Utility of infrared thermography for screening febrile subjects. *Hong Kong Med J = Xianggang yi xue za zhi.* 2013 Apr;19(2):109–15.
135. Bitar D, Goubar A, Desenclos JC. International travels and fever screening during epidemics: a literature review on the effectiveness and potential use of non-contact infrared thermometers. Vol. 14, *Euro surveillance : bulletin européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin.* 2009.
136. Ring EFJ, Mcevoy H, Jung A, Zuber J, Machin G. New standards for devices used for the measurement of human body temperature. Vol. 34, *Journal of Medical Engineering and Technology.* 2010. p. 249–53.
137. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. Vol. 33, *Physiological Measurement.* 2012.
138. Cox J, Kaes L, Martinez M, Moles D. A Prospective, Observational Study to Assess the Use of Thermography to Predict Progression of Discolored Intact Skin to Necrosis among Patients in Skilled Nursing Facilities. *Ostomy Wound Manag.* 2016 Oct 1;62(10):14–33.
139. De A, Fernández-Cuevas, Arnaiz-Lastras, Fernandes, Sillero-Quintana Y. REVIEW APPLICATIONS OF INFRARED THERMOGRAPHY IN SPORTS. *Rev Int Med y Ciencias la Act Física y el Deport.* 2015;15(60):805–24.
140. Koop LK, Tadi P. Physiology, Heat Loss (Convection, Evaporation, Radiation). *StatPearls.* 2019.
141. Yousef H, Varacallo M. Physiology, Thermal Regulation. *StatPearls.* 2019.
142. Landsberg L. Core temperature: A forgotten variable in energy expenditure and obesity? *Obes Rev.* 2012 Dec;13(SUPPL.2):97–104.
143. Potter PA, Perry AG, Stockert P. *Fundamentos de Enfermería - Google Libros.* In: 9na ed. Barcelona, España: Elsevier Health Sciences; 2019. p. 1384.

144. Charkoudian N. Human thermoregulation from the autonomic perspective. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. 2016 Apr 1;196:1–2.
145. Soare A, Cangemi R, Omodei D, Holloszy JO, Fontana L. Long-term calorie restriction, but not endurance exercise, lowers core body temperature in humans. *Aging (Albany NY)*. 2011;3(4):374–9.
146. Périard JD, Racinais S, Sawka MN. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. Vol. 25, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Blackwell Munksgaard; 2015. p. 20–38.
147. Blomqvist A, Engblom D. Neural Mechanisms of Inflammation-Induced Fever. Vol. 24, *Neuroscientist*. SAGE Publications Inc.; 2018. p. 381–99.
148. Benite-Ribeiro SA, Putt DA, Santos JM. The effect of physical exercise on orexigenic and anorexigenic peptides and its role on long-term feeding control. *Med Hypotheses*. 2016 Aug 1;93:30–3.
149. Contreras C, Nogueiras R, Diéguez C, Medina-Gómez G, López M. Hypothalamus and thermogenesis: Heating the BAT, browning the WAT. *Mol Cell Endocrinol*. 2016 Dec 15;438:107–15.
150. Sánchez JC, Romero CR, Muñoz LV, Rivera RA. El órgano adiposo , un arcoiris de regulación metabólica y endocrina. *Rev Cuba Endocrinol*. 2016;27(1):105–19.
151. Ikeda K, Kang Q, Yoneshiro T, Camporez JP, Maki H, Homma M, et al. UCP1-independent signaling involving SERCA2b-mediated calcium cycling regulates beige fat thermogenesis and systemic glucose homeostasis. *Nat Med*. 2017;23(12):1454–65.
152. Montanari T, Pošćić N, Colitti M. Factors involved in white-to-brown adipose tissue conversion and in thermogenesis: a review. Vol. 18, *Obesity Reviews*. Blackwell Publishing Ltd; 2017. p. 495–513.
153. Charkoudian N, Hart ECJ, Barnes JN, Joyner MJ. Autonomic control of body temperature and blood pressure: influences of female sex hormones. Vol. 27, *Clinical Autonomic Research*. Dr. Dietrich Steinkopff Verlag GmbH and Co. KG; 2017. p. 149–55.
154. Charkoudian N, Stachenfeld N. Sex hormone effects on autonomic mechanisms of thermoregulation in humans. Vol. 196, *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. Elsevier B.V.; 2016. p. 75–80.
155. Geneva II, Cuzzo B, Fazili T, Javaid W. Normal body temperature: A systematic review. *Open Forum Infect Dis*. 2019 Apr 1;6(4).
156. *Comprehensive Medical Assisting Exam Review: Preparation for the CMA, RMA ...* - J. P. Cody - Google Libros. In: 3ra ed. Estados Unidos: Cengage Learning; 2010. p. 50.
157. Obermeyer Z, Samra JK, Mullainathan S. Individual differences in normal body temperature: Longitudinal big data analysis of patient records. *BMJ*. 2017;359.

158. Simonsick EM, Meier HCS, Shaffer NC, Studenski SA, Ferrucci L. Basal body temperature as a biomarker of healthy aging. *Age (Omaha)*. 2016 Dec 26;38(5–6):445–54.
159. Moro VL, Matheus SC, Santos LD, Kleinpaul JF, Behenck MS, Moro ARP. Influência dos ritmos circadianos na temperatura corporal, no sistema cardiovascular, no desempenho psicomotor e neuromuscular. *Rev Andaluza Med del Deport*. 2012;5(1):12–7.
160. te Kulve M, Schellen L, Schlangen LJM, van Marken Lichtenbelt WD. The influence of light on thermal responses. Vol. 216, *Acta Physiologica*. Blackwell Publishing Ltd; 2016. p. 163–85.
161. Calbet JAL, Lundby C. Skeletal muscle vasodilatation during maximal exercise in health and disease. Vol. 590, *Journal of Physiology*. 2012. p. 6285–96.
162. Wong BJ, Hollowed CG. Current concepts of active vasodilation in human skin. Vol. 4, *Temperature*. Routledge; 2017. p. 41–59.
163. van Marken Lichtenbelt WD, Pallubinsky H, te Kulve M. Modulation of thermogenesis and metabolic health: a built environment perspective. Vol. 19, *Obesity Reviews*. 2018. p. 94–101.
164. Filingeri D. Neurophysiology of Skin Thermal Sensations. Vol. 6, *Comprehensive Physiology*. 2016. p. 1429.
165. Castellani JW, Young AJ. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. Vol. 196, *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. Elsevier B.V.; 2016. p. 63–74.
166. Castellani JW, Sawka MN, DeGroot DW, Young AJ. Cold thermoregulatory responses following exertional fatigue. *Front Biosci - Sch*. 2010 Jun 1;2 S(3):854–65.
167. Tansey EA, Johnson CD. Recent advances in thermoregulation. *Adv Physiol Educ*. 2015 Mar 1;39(3):139–48.
168. Blondin DP, Haman F. Shivering and nonshivering thermogenesis in skeletal muscles. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2018. p. 153–73.
169. Blondin DP, Tingelstad HC, L. Mantha O, Gosselin C, Haman F. Maintaining Thermogenesis in Cold Exposed Humans: Relying on Multiple Metabolic Pathways. In: *Comprehensive Physiology*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2014. p. 1383–402.
170. Brychta RJ, Chen KY. Cold-induced thermogenesis in humans. Vol. 71, *European Journal of Clinical Nutrition*. Nature Publishing Group; 2017. p. 345–52.
171. Peiris AN, Jaroudi S, Gavin M. Hypothermia is a medical emergency; It occurs when a person is exposed to excessive cold temperatures. Vol. 319, *JAMA - Journal of the American Medical Association*.

- American Medical Association; 2018. p. 1290.
172. Maeda T. Relationship between maximum oxygen uptake and peripheral vasoconstriction in a cold environment. *J Physiol Anthropol.* 2017;36(1).
 173. Trangmar SJ, González-Alonso J. Heat, Hydration and the Human Brain, Heart and Skeletal Muscles. Vol. 49, *Sports Medicine.* Springer International Publishing; 2019. p. 69–85.
 174. Ogoina D. Fever, fever patterns and diseases called “fever” - A review. Vol. 4, *Journal of Infection and Public Health.* 2011. p. 108–24.
 175. Walter EJ, Carraretto M. The neurological and cognitive consequences of hyperthermia. *Crit Care.* 2016 Jul 14;20(1).
 176. Hifumi T, Kondo Y, Shimizu K, Miyake Y. Heat stroke. Vol. 6, *Journal of Intensive Care.* BioMed Central Ltd.; 2018.
 177. Schlader ZJ, Simmons SE, Stannard SR, Mündel T. Skin temperature as a thermal controller of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol.* 2011 Aug;111(8):1631–9.
 178. Kenny GP, Mcginn R. Restoration of thermoregulation after exercise. Vol. 122, *Journal of Applied Physiology.* American Physiological Society; 2017. p. 933–44.
 179. Neves EB, Vilaca-Alves J, Antunes N, Felisberto IMV, Rosa C, Reis VM. Different responses of the skin temperature to physical exercise: Systematic review. In: *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS.* Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2015. p. 1307–10.
 180. Harold Laughlin M, Davis MJ, Secher NH, van Lieshout JJ, Arce-Esquivel AA, Simmons GH, et al. Peripheral circulation. *Compr Physiol.* 2012 Jan;2(1):321–447.
 181. Ely BR, Blanchard LA, Steele JR, Francisco MA, Chevront SN, Minson CT. Physiological Responses to Overdressing and Exercise-Heat Stress in Trained Runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2018 Jun 1;50(6):1285–96.
 182. Chudecka M, Lubkowska A. Temperature changes of selected body’s surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. *J Therm Biol.* 2010 Dec;35(8):379–85.
 183. Xu X, Karis AJ, Buller MJ, Santee WR. Relationship between core temperature, skin temperature, and heat flux during exercise in heat. *Eur J Appl Physiol.* 2013 Sep;113(9):2381–9.
 184. Wu Y, Nieuwenhoff MD, Huygen FJPM, van der Helm FCT, Niehof S, Schouten AC. Characterizing human skin blood flow regulation in response to different local skin temperature perturbations.

- Microvasc Res. 2017 May 1;111:96–102.
185. Ludwig N, Trecroci A, Gargano M, Formenti D, Bosio A, Rampinini E, et al. Thermography for skin temperature evaluation during dynamic exercise: a case study on an incremental maximal test in elite male cyclists. *Appl Opt.* 2016 Dec 1;55(34):D126–30.
 186. Boron WF, Boulpaep EL. *Medical Physiology E-Book - Google Libros.* In Philadelphia, EE.UU: Elsevier Health Sciences; 2016. p. 1312.
 187. Harris PR, Keen DA, Constantopoulos E, Weninger SN, Hines E, Koppinger MP, et al. Fluid type influences acute hydration and muscle performance recovery in human subjects. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019 Apr 4;16(1).
 188. Wang L, Yin H, Di Y, Liu Y, Liu J. Human local and total heat losses in different temperature. *Physiol Behav.* 2016 Apr 1;157:270–6.
 189. Gallo RL. Human Skin Is the Largest Epithelial Surface for Interaction with Microbes. Vol. 137, *Journal of Investigative Dermatology.* Elsevier B.V.; 2017. p. 1213–4.
 190. Rigopoulos D, Larios G, Katsambas A. Skin signs of systemic diseases. *Clin Dermatol.* 2011 Sep;29(5):531–40.
 191. Wong R, Geyer S, Weninger W, Guimberteau J-C, Wong JK. The dynamic anatomy and patterning of skin. *Exp Dermatol.* 2016 Feb;25(2):92–8.
 192. Lucas JB. The Physiology and Biomechanics of Skin Flaps. Vol. 25, *Facial Plastic Surgery Clinics of North America.* W.B. Saunders; 2017. p. 303–11.
 193. Schlager O, Gschwandtner ME, Herberg K, Frohner T, Schillinger M, Koppensteiner R, et al. Correlation of infrared thermography and skin perfusion in Raynaud patients and in healthy controls. *Microvasc Res.* 2010 Jul;80(1):54–7.
 194. de Oliveira UF, de Araújo LC, de Andrade PR, dos Santos HH, Moreira DG, Sillero-Quintana M, et al. Skin temperature changes during muscular static stretching exercise. 2018 Jun 1;14(3):451–9.
 195. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. Vol. 109, *Journal of Applied Physiology.* 2010. p. 1221–8.
 196. Costa CMA, Sillero-Quintana M, Piñonosa Cano S, Moreira DG, Brito CJ, Fernandes AA, et al. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. *J R Army Med Corps.* 2016 Oct 1;162(5):335–42.
 197. Panasiti MS, Ponsi G, Monachesi B, Lorenzini L, Panasiti V, Aglioti SM. Cognitive load and emotional processing in psoriasis: a thermal imaging study. *Exp Brain Res.* 2019 Jan 31;237(1):211–22.

198. Oka T. Stress-induced hyperthermia and hypothermia. In: Handbook of Clinical Neurology. Elsevier B.V.; 2018. p. 599–621.
199. Neves EB, Matos F, Cunha RM, Reis VM. Thermography to Monitoring of Sports Training: An Overview. *Pan Am J Med Thermol.* 2015;2(1):18–22.
200. Priego Quesada JI, Sampaio LT, Bini RR, Rossato M, Cavalcanti V. Multifactorial cycling performance of Cyclists and Non-Cyclists and their effect on skin temperature. *J Therm Anal Calorim.* 2017 Feb 1;127(2):1479–89.
201. Wendt D, Van Loon LJC, Van Marken Lichtenbelt WD. Thermoregulation during exercise in the heat: Strategies for maintaining health and performance. Vol. 37, *Sports Medicine.* 2007. p. 669–82.
202. Chudecka M, Lubkowska A, Kempńska-Podhorodecka A. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. *J Therm Biol.* 2014;43(1):1–6.
203. Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. *Am J Clin Nutr.* 2009 Nov 1;90(5):1124.
204. Zouboulis CC, Nogueira Da Costa A, Jemec GBE, Trebing Di. Long-Wave Medical Infrared Thermography: A Clinical Biomarker of Inflammation in Hidradenitis Suppurativa/Acne Inversa. *Dermatology.* 2019 Feb 1;235(2):144–9.
205. Zhang S, Gnyawali S, Huang J, Ren W, Gordillo G, Sen CK, et al. Multimodal imaging of cutaneous wound tissue. *J Biomed Opt.* 2015 Jan 20;20(1):016016.
206. Sarafian D, Maufrais C, Montani JP. Early and late cardiovascular and metabolic responses to mixed wine: Effect of drink temperature. *Front Physiol.* 2018 Sep 26;9(SEP).
207. Maufrais C, Sarafian D, Dulloo A, Montani JP. Cardiovascular and metabolic responses to the ingestion of caffeinated herbal tea: Drink it hot or cold? *Front Physiol.* 2018 Apr 6;9(APR).
208. Henriksson P, Lu Q, Diczfalusy U, Freyschuss A. Immediate effect of passive smoking on microcirculatory flow. *Microcirculation.* 2014 Oct 1;21(7):587–92.
209. Benowitz NL, Jacob P, Herrera B. Nicotine intake and dose response when smoking reduced-nicotine content cigarettes. *Clin Pharmacol Ther.* 2006 Dec;80(6):703–14.
210. Neves EB, Reis VM. Fundamentos da Termografia para o Acompanhamento do Treinamento Desportivo. *Rev UNIANDRAGE.* 2014;15(2):79–86.
211. Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Mar;39(3):556–72.
212. Shimazaki Y, Yoshida A, Yamamoto T. Thermal responses and perceptions under distinct ambient

- temperature and wind conditions. *J Therm Biol.* 2015 Apr 1;49–50:1–8.
213. Piñeiro-Sande N, Piñeiro Sande N, Martínez Melgar J, Alemparte Pardavila E, Rodríguez García J. Golpe de calor. Vol. 16, emergencias. 2004.
214. Frontera WR, Ochala J. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. Vol. 45, Behavior Genetics. Springer New York LLC; 2015. p. 183–95.
215. Loiselle DS, Callum X, Johnston M, Han J-C, Michael P, Nielsen F, et al. Muscle heat: a window into the thermodynamics of a molecular machine. *Am J Physiol Hear Circ Physiol.* 2016;310:311–25.
216. Pant M, Bal NC, Periasamy M. Sarcolipin: A Key Thermogenic and Metabolic Regulator in Skeletal Muscle. Vol. 27, Trends in Endocrinology and Metabolism. Elsevier Inc.; 2016. p. 881–92.
217. Biewener AA. Locomotion as an emergent property of muscle contractile dynamics. Vol. 219, Journal of Experimental Biology. Company of Biologists Ltd; 2016. p. 285–94.
218. Moghetti P, Bacchi E, Brangani C, Donà S, Negri C. Metabolic Effects of Exercise. *Front Horm Res.* 2016;47:44–57.
219. Joyner MJ, Casey DP. Regulation of increased blood flow (Hyperemia) to muscles during exercise: A hierarchy of competing physiological needs. *Physiol Rev.* 2015;95(2):549–601.
220. Melzer K, Heydenreich J, Schutz Y, Renaud A, Kayser B, Mäder U. Metabolic equivalent in adolescents, active adults and pregnant women. *Nutrients.* 2016 Jul 20;8(7).
221. Franklin BA, Brinks J, Berra K, Lavie CJ, Gordon NF, Sperling LS. Using Metabolic Equivalents in Clinical Practice. Vol. 121, American Journal of Cardiology. Elsevier Inc.; 2018. p. 382–7.
222. Poole DC, Jones AM. Oxygen uptake kinetics. *Compr Physiol.* 2012 Apr;2(2):933–96.
223. Kalsi KK, Chiesa ST, Trangmar SJ, Ali L, Lotlikar MD, González-Alonso J. Mechanisms for the control of local tissue blood flow during thermal interventions: influence of temperature-dependent ATP release from human blood and endothelial cells. *Exp Physiol.* 2017 Feb 1;102(2):228–44.
224. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. Vol. 36, Journal of Sports Sciences. Routledge; 2018. p. 1135–44.
225. Brown SR, Feldman ER, Cross MR, Helms ER, Marrier B, Samozino P, et al. The potential for a targeted strength-Training program to decrease asymmetry and increase performance: A proof of concept in sprinting. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017 Nov 1;12(10):1392–5.
226. Chudecka M, Lubkowska A, Leźnicka K, Krupecki K. The use of thermal imaging in the evaluation of the symmetry of muscle activity in various types of exercises (Symmetrical and Asymmetrical). *J Hum Kinet.* 2015 Dec 1;49(1):141–7.

227. Carpes FP, Mota CB, Faria IE. On the bilateral asymmetry during running and cycling - A review considering leg preference. Vol. 11, *Physical Therapy in Sport*. 2010. p. 136–42.
228. Liu T, Jensen JL. Age-related differences in bilateral asymmetry in cycling performance. *Res Q Exerc Sport*. 2012;83(1):114–9.
229. Maloney SJ. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. *J strength Cond Res*. 2019 Sep 1;33(9):2579–93.
230. Polk JD, Stumpf RM, Rosengren KS. Limb dominance, foot orientation and functional asymmetry during walking gait. *Gait Posture*. 2017 Feb 1;52:140–6.
231. Handžić I, Reed KB. Perception of gait patterns that deviate from normal and symmetric biped locomotion. *Front Psychol*. 2015;6(FEB).
232. Carpes FP, Diefenthaler F, Bini RR, Stefanyshyn DJ, Faria IE, Mota CB. Influence of leg preference on bilateral muscle activation during cycling. *J Sports Sci*. 2011 Jan;29(2):151–9.
233. McGrath TM, Waddington G, Scarvell JM, Ball NB, Creer R, Woods K, et al. The effect of limb dominance on lower limb functional performance – a systematic review. *J Sports Sci*. 2016 Feb 16;34(4):289–302.
234. Trecroci A, Formenti D, Ludwig N, Gargano M, Bosio A, Rampinini E, et al. Bilateral asymmetry of skin temperature is not related to bilateral asymmetry of crank torque during an incremental cycling exercise to exhaustion. *PeerJ*. 2018;2018(3).
235. Gomez Carmona P. Influencia de la información termográfica infrarroja en el protocolo de prevención de lesiones de un equipo de fútbol profesional español. Vol. 0, *Tesis doctorales*. 2008.
236. Promsri A, Longo A, Haid T, Doix ACM, Federolf P. Leg dominance as a risk factor for lower-limb injuries in downhill skiers—a pilot study into possible mechanisms. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Sep 2;16(18).
237. Ruedl G, Webhofer M, Helle K, Strobl M, Schranz A, Fink C, et al. Leg dominance is a risk factor for noncontact anterior cruciate ligament injuries in female recreational skiers. *Am J Sports Med*. 2012 Jun;40(6):1269–73.
238. Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influences: The role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med*. 2010 Aug;44(10):694–7.
239. Rodríguez-Sanz D, Losa-Iglesias ME, López-López D, Calvo-Lobo C, Palomo-López P, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R. Infrared thermography applied to lower limb muscles in elite soccer players with functional ankle equinus and non-equinus condition. *PeerJ*. 2017;2017(5).

240. Miller AH, Evans K, Adams R, Waddington G, Witchalls J. Shoulder injury in water polo: A systematic review of incidence and intrinsic risk factors. Vol. 21, *Journal of Science and Medicine in Sport*. Elsevier Ltd; 2018. p. 368–77.
241. Eagle SR, Kessels M, Johnson CD, Nijst B, Lovalekar M, Krajewski K, et al. Bilateral strength asymmetries and unilateral strength imbalance: Predicting ankle injury when considered with higher body mass in US special forces. *J Athl Train*. 2019;54(5):497–504.
242. Lord C, Ma'ayah F, Blazeovich AJ. Change in knee flexor torque after fatiguing exercise identifies previous hamstring injury in football players. *Scand J Med Sci Sport*. 2018 Mar 1;28(3):1235–43.
243. Keeley DW, Plummer HA, Oliver GD. Predicting asymmetrical lower extremity strength deficits in college-aged men and women using common horizontal and vertical power field tests: A possible screening mechanism. *J Strength Cond Res*. 2011 Jun;25(6):1632–7.
244. Brown SR. Lower-extremity symmetry influences knee abduction moments during sidestepping in rugby. Vol. 52, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2018. p. 1075–6.
245. Chalmers S, DeBenedictis TA, Zacharia A, Townsley S, Gleeson C, Lynagh M, et al. Asymmetry during Functional Movement Screening and injury risk in junior football players: A replication study. *Scand J Med Sci Sport*. 2018 Mar 1;28(3):1281–7.
246. Sedaghati P, Alizadeh MH, Shirzad E, Ardjmand A. Review of sport-induced groin injuries. Vol. 18, *Trauma Monthly*. 2013. p. 107–12.
247. Belhaj K, Meftah S, Mahir L, Lmidmani F, Elfatimi A. Isokinetic imbalance of adductor–abductor hip muscles in professional soccer players with chronic adductor-related groin pain. *Eur J Sport Sci*. 2016 Nov 16;16(8):1226–31.
248. Buddhadev HH, Crisafulli DL, Suprak DN, San Juan JG. Individuals with knee osteoarthritis demonstrate interlimb asymmetry in pedaling power during stationary cycling. *J Appl Biomech*. 2018 Aug 1;34(4):306–11.
249. Schmitt LC, Paterno M V., Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Strength asymmetry and landing mechanics at return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Med Sci Sports Exerc*. 2015 Jul 4;47(7):1426–34.
250. Exell T, Irwin G, Gittoes M, Kerwin D. Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. *Scand J Med Sci Sport*. 2017;27(11):1273–82.
251. Ordan COAJ, Uczo TAML, Effriess MADJ. Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. 2014;28(12):3557–66.
252. Eckard TG, Padua DA, Hearn DW, Pexa BS, Frank BS. The Relationship Between Training Load and

Injury in Athletes: A Systematic Review. Vol. 48, Sports Medicine. Springer International Publishing; 2018. p. 1929–61.

253. Difiori JP, Benjamin HJ, Brenner JS, Gregory A, Jayanthi N, Landry GL, et al. Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *Br J Sport Med.* 2014;48:287–8.
254. McClure RJ. What is this thing called injury prevention? Vol. 24, Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention. NLM (Medline); 2018. p. 177.
255. Caine DJ. Physical and Emotional Health Sport. *J Sports Med.* 2016;99–113.
256. Jones CM, Griffiths PC, Mellalieu SD. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. Vol. 47, Sports Medicine. Springer International Publishing; 2017. p. 943–74.
257. Read PJ, Jimenez P, Oliver JL, Lloyd RS. Injury prevention in male youth soccer: Current practices and perceptions of practitioners working at elite English academies. *J Sports Sci.* 2018 Jun 18;36(12):1423–31.
258. Liu H, Garrett WE, Moorman CT, Yu B. Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *J Sport Heal Sci.* 2012 Sep;1(2):92–101.
259. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011 Jun;45(7):553–8.
260. Rhon DI, Teyhen DS, Shaffer SW, Goffar SL, Kiesel K, Plisky PP. Developing predictive models for return to work using the Military Power, Performance and Prevention (MP3) musculoskeletal injury risk algorithm: A study protocol for an injury risk assessment programme. *Inj Prev.* 2018 Feb 1;24(1):81–8.
261. Ernlund L, Vieira L de A. Hamstring injuries: update article. *Rev Bras Ortop (English Ed.* 2017 Jun;52(4):373–82.
262. Fulton J, Wright K, Kelly M, Zebrosky B, Zanis M, Drvol C, et al. Injury risk is altered by previous injury: a systematic review of the literature and presentation of causative neuromuscular factors. *Int J Sports Phys Ther.* 2014 Oct;9(5):583–95.
263. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 2006 Sep;40(9):767–72.
264. Dines JS, Bedi A, Williams PN, Dodson CC, Ellenbecker TS, Altchek DW, et al. Tennis injuries: Epidemiology, pathophysiology, and treatment. Vol. 23, Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. Lippincott Williams and Wilkins; 2015. p. 181–9.

265. Opar DA, Serpell BG. Is there a potential relationship between prior hamstring strain injury and increased risk for future anterior cruciate ligament injury? Vol. 95, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. W.B. Saunders; 2014. p. 401–5.
266. Thornton JS, Vinther A, Wilson F, Lebrun CM, Wilkinson M, Di Ciacca SR, et al. Rowing Injuries: An Updated Review. Vol. 47, Sports Medicine. Springer International Publishing; 2017. p. 641–61.
267. Makhni EC, Lee RW, Nwosu EO, Steinhaus ME, Ahmad CS. Return to competition, re-injury, and impact on performance of preseason shoulder injuries in major league baseball pitchers. Phys Sportsmed. 2015;43(3):300–6.
268. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: Safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. Vol. 14, Journal of the International Society of Sports Nutrition. BioMed Central Ltd.; 2017.
269. Vizueté A, Ortega RM. Nutrición Hospitalaria. Pap del huevo en la dieta Deport y Pers físicamente Act. 2017;34:31–5.
270. Douglas RM, Hemilä H, Chalker E, Treacy B. Vitamin C for preventing and treating the common cold. Cochrane Database of Systematic Reviews. John Wiley and Sons Ltd; 2007.
271. Lee EC, Fragala MS, Kavouras SA, Queen RM, Pryor JL, Casa DJ. Biomarkers in sports and exercise: Tracking health, performance, and recovery in athletes. Vol. 31, Journal of Strength and Conditioning Research. NSCA National Strength and Conditioning Association; 2017. p. 2920–37.
272. Close GL, Baar K, Sale C, Bermon S. Nutrition for the prevention and treatment of injuries in track and field athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2019 Mar 1;29(2):189–97.
273. Ivarsson A, Johnson U, Andersen MB, Tranaeus U, Stenling A, Lindwall M. Psychosocial Factors and Sport Injuries: Meta-analyses for Prediction and Prevention. Vol. 47, Sports Medicine. Springer International Publishing; 2017. p. 353–65.
274. Slimani M, Bragazzi NL, Znazen H, Paravlic A, Azaiez F, Tod D. Psychosocial predictors and psychological prevention of soccer injuries: A systematic review and meta-analysis of the literature. Vol. 32, Physical Therapy in Sport. Churchill Livingstone; 2018. p. 293–300.
275. Wartzek T, Jens M, Imhoff M. Temperature measurement. Biomed Tech (Berl). 2011 Oct 1;56(5):241–57.
276. Ricardo Vardasca JGM. Innovative Research in Thermal Imaging for Biology and Medicine. Vol. i, Researchgate.Net. Estados Unidos: IGI- global; 2017. 167 p.
277. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human

- skin temperature. *J Therm Biol.* 2017 Oct 1;69:155–62.
278. Formenti D, Ludwig N, Trecroci A, Gargano M, Michielon G, Caumo A, et al. Dynamics of thermographic skin temperature response during squat exercise at two different speeds. *J Therm Biol.* 2016 Jul 1;59:58–63.
279. Jimenez-Perez I, Gil-Calvo M, Vardasca R, Fernandes RJ, Vilas-Boas JP. Pre-exercise skin temperature evolution is not related with 100 m front crawl performance. *J Therm Biol.* 2021 May 1;98.
280. Priego Quesada JI, Carpes FP, Bini RR, Salvador Palmer R, Pérez-Soriano P, Cibrián Ortiz de Anda RM. Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. *J Therm Biol.* 2015 Feb 1;48:28–35.
281. Neves EB, Salamunes ACC, de Oliveira RM, Stadnik AMW. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. *J Therm Biol.* 2017 Dec 1;70(Pt B):1–8.
282. 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.* 2018 Jul 1;75:112–9.
283. Fernandez-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Garcia-Concepcion MA, Serrano JR, Gomez-Carmona P, Marins JCB. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. *New Stud Athl.* 2014;29(1):57–71.
284. Hillen B, Pfirmann D, Nägele M, Simon P. Infrared Thermography in Exercise Physiology: The Dawning of Exercise Radiomics. *Sports Med.* 2019 Feb 1;50(0123456789):263–82.
285. Brito CJ, Moreira DG, Ferreira JJ, Díaz-de-Durana AL, Miarka B, Marins JCB, et al. Immune Response Related With Skin Thermal Pattern in Judokas: A New Application for Infrared Thermography? *J strength Cond Res.* 2020 Oct 1;34(10):2886–94.
286. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng.* 2010 Jan;38(1):158–63.
287. Akimov EB, Son'kin VD. Skin temperature and lactate threshold during muscle work in athletes. *Hum Physiol.* 2011;37(5):621–8.
288. Svaic V, Jurinjak B, Zupanic D, Bolaric A, Ing M. Dynamics of skin temperature of the knee during physical exercise measured by infrared thermography.
289. Formenti D, Ludwig N, Gargano M, Gondola M, Dellerma N, Caumo A, et al. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Ann Biomed Eng.* 2013 Apr;41(4):863–71.
290. Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, Sillero-Quintana M, Cuevas IF, Silva RG, et al.

Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: Uma revisão sistemática. Vol. 5, Revista Andaluza de Medicina del Deporte. Elsevier Doyma; 2012. p. 113–7.

291. Moreira-Marconi E, Moura-Fernandes MC, Lopes-Souza P, Teixeira-Silva Y, Reis-Silva A, Marchon RM, et al. Evaluation of the temperature of posterior lower limbs skin during the whole body vibration measured by infrared thermography: Cross-sectional study analysis using linear mixed effect model. *PLoS One*. 2019 Mar 1;14(3).
292. Bartuzi P, Roman-Liu D, Wiśniewski T, Bartuzi Danuta Roman-Liu P. The Influence of Fatigue on Muscle Temperature. *Int J Occup Saf Ergon*. 2012 Jan 8;18(2):233–43.
293. Valenzuela PL, Martín-Candilejo R, Sánchez-Martínez G, Marins JCB, de la Villa P, Sillero-Quintana M. Ischemic Preconditioning and Muscle Force Capabilities. *J strength Cond Res*. 2021;35(8):2187–92.
294. Chiesa ST, Trangmar SJ, Kalsi KK, Rakobowchuk M, Banker DS, Lotlikar MD, et al. Local temperature-sensitive mechanisms are important mediators of limb tissue hyperemia in the heat-stressed human at rest and during small muscle mass exercise. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol*. 2015 Jul 15;309(2):H369–80.
295. Trinity JD, Broxterman RM, Richardson RS. Regulation of Exercise Blood Flow: Role of Free Radicals HHS Public Access. *Radic Biol Med*. 2016;98:90–102.
296. Roseguini BT, Laughlin MH. Muscle Blood Flow and Vascularization in Response to Exercise and Training. In: *Muscle and Exercise Physiology*. Elsevier; 2019. p. 379–89.
297. Hawley JA, Lundby C, Cotter JD, Burke LM. Maximizing Cellular Adaptation to Endurance Exercise in Skeletal Muscle. Vol. 27, *Cell Metabolism*. Cell Press; 2018. p. 962–76.
298. Hargreaves M, Spriet LL. Exercise Metabolism: Fuels for the Fire. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2018 Aug 1;8(8).
299. Bertucci W, Arfaoui A, Janson L, Polidori G. Relationship between the gross efficiency and muscular skin temperature of lower limb in cycling: a preliminary study. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2013 Jul;16 Suppl 1(SUPPL 1):114–5.
300. Jensen MMø, Poulsen MK, Alldieck T, Larsen RG, Gade R, Moeslund TB, et al. Estimation of Energy Expenditure during Treadmill Exercise via Thermal Imaging. *Med Sci Sports Exerc*. 2016 Dec 1;48(12):2571–9.
301. Olcina G, Crespo C, Timón R, Mjaanes JM, Calleja-González J. Core Temperature Response During the Marathon Portion of the Ironman World Championship (Kona-Hawaii). *Front Physiol*. 2019 Dec 3;10.
302. Buono MJ, Cabrales P. Hyperthermia during exercise—a double-edged sword. *Temperature*. 2016 Sep 27;3(4):512–3.

303. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. Hypohydration and Human Performance: Impact of Environment and Physiological Mechanisms. Vol. 45, Sports Medicine. Springer International Publishing; 2015. p. 51–60.
304. Priego Quesada JI, Lucas-Cuevas AG, Gil-Calvo M, Giménez J V., Aparicio I, Cibrián Ortiz de Anda RM, et al. Effects of graduated compression stockings on skin temperature after running. *J Therm Biol.* 2015 Aug 1;52:130–6.
305. Dessing O, Jansen AJ, Leihitu C, Overhage D. Experimental study of heat dissipation in indoor sports shoes. In: *Procedia Engineering.* Elsevier Ltd; 2014. p. 575–80.
306. Banerjee D, Chattopadhyay K, Tuli S. Infrared thermography in material research-A review of textile applications. Vol. 38, *Indian Journal of Fibre & Textile Research.* 2013.
307. Dotti F, Ferri A, Moncalero M, Colonna M. Thermo-physiological comfort of soft-shell back protectors under controlled environmental conditions. *Appl Ergon.* 2016 Sep 1;56:144–52.
308. Jimenez-Perez I, Gil-Calvo M, Priego-Quesada JI, Aparicio I, Pérez-Soriano P, Ortiz de Anda RMC. Effect of prefabricated thermoformable foot orthoses on plantar surface temperature after running: A gender comparison. *J Therm Biol.* 2020 Jul 1;91.
309. Paolillo FR, Lins EC, Corazza AV, Kurachi C, Bagnato VS. Thermography applied during exercises with or without infrared light-emitting diode irradiation: individual and comparative analysis. *Photomed Laser Surg.* 2013 Jul 1;31(7):349–55.
310. De Jesus JF, De Albuquerque TAB, Shimba LG, Bryk FF, Cook J, Pinfieldi CE. High-energy dose of therapeutic ultrasound in the treatment of patellar tendinopathy: protocol of a randomized placebo-controlled clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019 Dec 27;20(1).
311. Slomka B, Rongies W, Ruszczuk P, Sierdzinski J, Saganowska D, Zdunski S, et al. Short-term effect of kinesiology taping on temperature distribution at the site of application. *Res Sports Med.* 2018 Jul 3;26(3):365–80.
312. Abate M, Carlo L Di, Romualdo S Di, Ionta S, Ferretti A, Romani GL, et al. Postural adjustment in experimental leg length difference evaluated by means of thermal infrared imaging. *Physiol Meas.* 2010;31(1):35–43.
313. Racinais S, Ihsan M, Taylor L, Cardinale M, Adami PE, Alonso JM, et al. Hydration and cooling in elite athletes: relationship with performance, body mass loss and body temperatures during the Doha 2019 IAAF World Athletics Championships. *Br J Sports Med.* 2021 Dec 1;55(23):1335–41.
314. Adamczyk JG, Gryko K, Boguszewski D. Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention? *PLoS One.* 2020 Jun 1;15(6).

315. Canfer RJ, Chaudry S, Miller SC. Thermographic assessment of the immediate and short term-effects of blood flow restriction exercise on Achilles tendon skin temperature. *Phys Ther Sport*. 2021 May 1;49:171–7.
316. Iuliano B, Grahn D, Cao V, Zhao B, Rose J. Physiologic correlates of t'ai chi chuan. *J Altern Complement Med*. 2011 Jan 1;17(1):77–81.
317. Galan-Carracedo J, Oviedo GR, Suarez-Segade A, Guerra-Balic M. The dynamic and correlation of skin temperature and cardiorespiratory fitness in male endurance runners. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(16).
318. Balci GA, Basaran T, Colakoglu M. Analysing visual pattern of skin temperature during submaximal and maximal exercises. *Infrared Phys Technol*. 2016 Jan 1;74:57–62.
319. Zora S, Balci G, Colakoglu M, Basaran T. Associations between Thermal and Physiological Responses of Human Body during Exercise. *Sports*. 2017 Dec 19;5(4):97.
320. Ferreira-Júnior JB, Chaves SFN, Pinheiro MHA, Rezende VHS, Freitas EDS, Marins JCB, et al. Is skin temperature associated with muscle recovery status following a single bout of leg press? *Physiol Meas*. 2021 Mar 1;42(3).
321. Hadžić V, Širok B, Malneršič A, Čoh M. Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. *J Sport Heal Sci*. 2019 Jan 1;8(1):89–92.
322. Bandeira F, Neves EB, de Moura MAM, Nohama P. A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. *Rev Bras Med do Esporte*. 2014;20(1):59–64.
323. James CA, Richardson AJ, Watt PW, Maxwell NS. Reliability and validity of skin temperature measurement by telemetry thermistors and a thermal camera during exercise in the heat. *J Therm Biol*. 2014 Oct 1;45:141–9.
324. Maley MJ, Hunt AP, Bach AJ, Eglin CM, Costello JT. Infrared cameras overestimate skin temperature during rewarming from cold exposure. *J Therm Biol*. 2020 Jul 1;91.
325. Uematsu S. Thermographic imaging of cutaneous sensory segment in patients with peripheral nerve injury. Skin temperature stability between sides of the body. *J Neurosurg*. 1985;62(5):716–20.
326. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, da Silva FS, Costa CMA, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). *J Therm Biol*. 2014;42(1):1–8.
327. Marins JCB, De Andrade Fernandes A, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta EM, et al. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. *Rev Andaluza Med del Deport*. 2014;7(1):1–6.
328. Gutiérrez-Vargas R, Ugalde-Ramírez JA, Rojas-Valverde D, Salas-Cabrera J, Rodríguez-Montero A,

- Gutiérrez-Vargas JC. La termografía infrarroja como herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas después de correr una maratón. *Rev la Fac Med.* 2017;65(4):601–7.
329. Gil-Calvo M, Ignacio Priego J, Gabriel Lucas-Cuevas Á, Vicente Giménez J, Aparicio Pedro Pérez-Soriano GIBD I. ESTUDIO DE LA SIMETRÍA TÉRMICA DURANTE LA CARRERA.
330. Arnaiz-Lastras J., Fernández-Cuevas I., López C., Gómez-Carmona, P. y Sillero-Quintana M. APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN EL FÚTBOL PROFESIONAL. *Futbolpf Rev Prep física en el Fútbol.* 2014;13:6–15.
331. Rodrigues Júnior JL, Duarte W, Falqueto H, Andrade AGP, Morandi RF, Albuquerque MR, et al. Correlation between strength and skin temperature asymmetries in the lower limbs of Brazilian elite soccer players before and after a competitive season. *J Therm Biol.* 2021 Jul 1;99.
332. Gil-Calvo M, Herrero-Marco J, González-Peña R de J, Perez-Soriano P, Priego-Quesada JI. Acute effect of induced asymmetrical running technique on foot skin temperature. *J Therm Biol.* 2020 Jul 1;91.
333. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Arnaiz-Lastras J, Navandar A. Infrared Thermography Protocol on Reducing the Incidence of Soccer Injuries. *J Sport Rehabil.* 2020;29(8):1222–7.
334. Colombini A, Corsetti R, MacHado M, Graziani R, Lombardi G, Lanteri P, et al. Serum creatine kinase activity and its relationship with renal function indices in professional cyclists during the giro d’italia 3-week stage race. *Clin J Sport Med.* 2012;22(6):408–413.
335. Chan O, Del Buono A, Best TM, Maffulli N. Acute muscle strain injuries: A proposed new classification system. Vol. 20, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2012. p. 2356–62.
336. Burdon CA, Easthope CS, Johnson NA, Chapman PG, O’Connor H. The influence of ice slushy on voluntary contraction force following exercise-induced hyperthermia. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(7):781–6.
337. Nybo L, Rasmussen P, Sawka MN. Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Compr Physiol.* 2014;4(2):657–89.
338. Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Fillard JR, Barbiche E, Hausswirth C. Time-Course of Changes in Inflammatory Response after Whole-Body Cryotherapy Multi Exposures following Severe Exercise. *PLoS One.* 2011;6(7):22748.
339. MacIntyre DL, Reid WD, McKenzie DC. Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Med.* 1995;20(1):24–40.
340. Fortes MB, Di Felice U, Dolci A, Junglee NA, Crockford MJ, West L, et al. Muscle-damaging exercise increases heat strain during subsequent exercise heat stress. *Med Sci Sports Exerc.* 2013

Oct;45(10):1915–24.

341. Corte AC, Lopes G, Brioschi M, Hernandez AJ. The importance of thermography for injury prevention and performance improvement in olympic swimmers: a series of case study New facial protocol based on the thermoanatomic reference points View project The importance of thermography for injury prevention and performance improvement in olympic swimmers: a series of case study. 2018;
342. Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Gandia-Soriano A, Carpes FP. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. *J Therm Biol.* 2019 Aug 1;84:431–8.
343. Shakhiih MFM, Ridzuan N, Wahab AA, Zainuddin NF, Delestri LFU, Rosslan AS, et al. Non-obstructive monitoring of muscle fatigue for low intensity dynamic exercise with infrared thermography technique. *Med Biol Eng Comput.* 2021 Aug 1;59(7–8):1447–59.
344. Da Silva W, Machado AS, Souza MA, Kunzler MR, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature? *Physiol Meas.* 2018 Oct 30;39(10).
345. Pérez-Guarner A, Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Cibrián Ortiz De Anda RM, Carpes FP, Palmer RS. Association between physiological stress and skin temperature response after a half marathon. *Physiol Meas.* 2019 Apr 1;40(3).
346. de Carvalho G, Girasol CE, Gonçalves LGC, Guirro ECO, de Jesus Guirro RR. Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. *PLoS One.* 2021 Mar 1;16(3).
347. Stewart IB, Moghadam P, Borg DN, Kung T, Sikka P, Minett GM. Thermal Infrared Imaging Can Differentiate Skin Temperature Changes Associated With Intense Single Leg Exercise, But Not With Delayed Onset of Muscle Soreness. *J Sports Sci Med.* 2020;19(3):469–77.
348. Priego-Quesada JI, De la Fuente C, Kunzler MR, Perez-Soriano P, Hervás-Marín D, Carpes FP. Relationship between Skin Temperature, Electrical Manifestations of Muscle Fatigue, and Exercise-Induced Delayed Onset Muscle Soreness for Dynamic Contractions: A Preliminary Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Sep 2;17(18):1–13.
349. da Silva W, Machado AS, Lemos AL, de Andrade CF, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Relationship between exercise-induced muscle soreness, pain thresholds, and skin temperature in men and women. *J Therm Biol.* 2021 Aug 1;100.
350. Antonino GB, Paula de Lima Ferreira A, Nepomuceno Montenegro EJ, Galvão de Moura Filho A, Freire da Silva AF, de Araújo M das GR. Acupuncture and Dry Needling in the Reduction of Peripheral Acute Fatigue Induced in the Biceps Braquii: Protocol for a Single-blinded Randomized Controlled Clinical Trial. *J Acupunct Meridian Stud.* 2020 Oct 1;13(5):163–6.

351. Adamczyk JG, Krasowska I, Boguszewski D, Reaburn P. The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. *J Therm Biol.* 2016 Aug 1;60:20–5.
352. Smith CR, Butts CL, Adams JD, Tucker MA, Moyon NE, Ganio MS, et al. Effect of a Cooling Kit on Physiology and Performance Following Exercise in the Heat. *J Sport Rehabil.* 2018 Sep 1;27(5):413–8.
353. Hohenauer E, Costello JT, Stoop R, Küng UM, Clarys P, Deliens T, et al. Cold-water or partial-body cryotherapy? Comparison of physiological responses and recovery following muscle damage. *Scand J Med Sci Sports.* 2018 Mar 1;28(3):1252–62.
354. Bouzigon R, Arfaoui A, Grappe F, Ravier G, Jarlot B, Dugue B. Validation of a new whole-body cryotherapy chamber based on forced convection. *J Therm Biol.* 2017 Apr 1;65:138–44.
355. de Estéfani D, Ruschel C, Benincá IL, dos Santos Haupenthal DP, de Avelar NCP, Haupenthal A. Volume of water added to crushed ice affects the efficacy of cryotherapy: a randomised, single-blind, crossover trial. *Physiotherapy.* 2020 Jun 1;107:81–7.
356. Jefferies S, Weatherall M, Young P, Beasley R. A systematic review of the accuracy of peripheral thermometry in estimating core temperatures among febrile critically ill patients. Vol. 14, *Critical Care and Resuscitation.* 2012. p. 194–9.
357. Huggins R, Glaviano N, Negishi N, Casa DJ, Hertel J. Comparison of rectal and aural core body temperature thermometry in hyperthermic, exercising individuals: A meta-analysis. *J Athl Train.* 2012 May;47(3):329–38.
358. Laxminarayan S, Rakesh V, Oyama T, Kazman JB, Yanovich R, Ketko I, et al. Individualized estimation of human core body temperature using noninvasive measurements. *J Appl Physiol.* 2018 Jun 1;124(6):1387–402.
359. Nybo L, González-Alonso J. Critical core temperature: a hypothesis too simplistic to explain hyperthermia-induced fatigue. *Scand J Med Sci Sports.* 2015 Jun 1;25 Suppl 1(S1):4–5.
360. Périard JD, Cramer MN, Chapman PG, Caillaud C, Thompson MW. Neuromuscular function following prolonged intense self-paced exercise in hot climatic conditions. *Eur J Appl Physiol.* 2011 Aug;111(8):1561–9.
361. Nybo L. Brain temperature and exercise performance. *Exp Physiol.* 2012;97(3):333–9.
362. Schmit C, Hausswirth C, Le Meur Y, Duffield R. Cognitive Functioning and Heat Strain: Performance Responses and Protective Strategies. *Sports Med.* 2017 Jul 1;47(7):1289–302.
363. Zheng X, Hasegawa H. Central dopaminergic neurotransmission plays an important role in thermoregulation and performance during endurance exercise. *Eur J Sport Sci.* 2016 Oct 2;16(7):818–28.

364. Domitrovich JW, Cuddy JS, Ruby BC. Core-Temperature Sensor Ingestion Timing and Measurement Variability. *J Athl Train*. 2010 Nov;45(6):594.
365. Davey SL, Downie V, Griggs K, Havenith G. The physiological strain index does not reliably identify individuals at risk of reaching a thermal tolerance limit. *Eur J Appl Physiol*. 2021 Jun 1;121(6):1701–13.
366. Wasserman DD, Healy M. Cooling Techniques For Hyperthermia. *StatPearls*. 2018.
367. Rodriguez-Sanz D, Losa-Iglesias ME, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Dorgham HAA, Benito-de-Pedro M, San-Antolín M, et al. Thermography related to electromyography in runners with functional equinus condition after running. *Phys Ther Sport*. 2019 Nov 1;40:193–6.
368. Oliveira J, Vardasca R, Pimenta M, Gabriel J, Torres J. Use of infrared thermography for the diagnosis and grading of sprained ankle injuries. *Infrared Phys Technol*. 2016 May 1;76:530–41.
369. Ioannou S. Functional Infrared Thermal Imaging: A Contemporary Tool in Soft Tissue Screening. *Sci Rep*. 2020 Dec 1;10(1).
370. P??tra??cu JM, Amarandei M, Kun KN, Borug?? O, Totorean A, Andor B, et al. Thermographic and microscopic evaluation of LARS knee ligament tearing. *Rom J Morphol Embryol*. 2014;55:1231–5.
371. Haluzan D, Davila S, Antabak A, Dobric I, Stipic J, Augustin G, et al. Thermal changes during healing of distal radius fractures—Preliminary findings. *Injury*. 2015 Nov 1;46:S103–6.
372. Arthur DTJ, Khan MM, Barclay LC. Thermographic investigation of osseous stress pathology. In: *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*. 2011. p. 6250–3.
373. Windisch C, Brodt S, Roehner E, Matziolis G. Regional differences in temperature course after knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016 Aug 1;24(8):2686–91.
374. Aylwin PE, Racinais S, Bermon S, Lloyd A, Hodder S, Havenith G. The use of infrared thermography for the dynamic measurement of skin temperature of moving athletes during competition; methodological issues. *Physiol Meas*. 2021 Aug 1;42(8).

XI Anexos.

Tabla 1 Imagen termográfica en medicina deportiva y del ejercicio (TISEM).(277)

<p>1) Se deben proporcionar los datos individuales relevantes de los participantes.</p> <p>Nota: Estos pueden incluir, entre otros, edad, sexo, masa corporal, altura, índice de masa corporal, etnia y si son fumadores o no. Una indicación del perfil de actividad física (por ejemplo, frecuencia, duración, intensidad y descripción de la actividad) debe ser reportado.</p> <p><input type="checkbox"/> Sí. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> No está claro.</p>
<p>2) Se debe indicar a los participantes que eviten las bebidas alcohólicas, el tabaquismo, la cafeína, las comidas abundantes, ungüentos, cosméticos y duchas durante cuatro horas antes de la evaluación. Además, tomar el sol (p. Ej. Las sesiones de UV o el sol directo sin protección) deben evitarse antes de la evaluación.</p> <p>Nota: Esto debe confirmarse verbalmente antes de la evaluación. El uso de cualquier tratamiento medicinal o drogas. Debe ser registrada cualquier condición que no pueda evitarse.</p> <p><input type="checkbox"/> Sí. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> No está claro.</p>
<p>3) Deben describirse claramente los factores extrínsecos que afectan la temperatura de la piel (p. Ej., Actividad física antes de la evaluación, masaje, electroterapia, ultrasonido, exposición al calor o al frío, crioterapia).</p> <p><input type="checkbox"/> Sí. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> No está claro.</p>
<p>4) Temperatura ambiente y humedad relativa del lugar donde se realizó la evaluación debe registrarse e informarse como media \pm desviación estándar.</p> <p><input type="checkbox"/> Sí. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> No está claro.</p>

5) La evaluación debe completarse lejos de cualquier fuente de radiación infrarroja (por ejemplo, dispositivos electrónicos, rayos) o flujo de aire (por ejemplo, debajo de una unidad de aire acondicionado).

Nota: Cualquier condición que no pueda ser controlada debe ser reportada.

Sí. No. No está claro.

6) Se debe proporcionar el fabricante, modelo y precisión de la cámara utilizada.

Nota: cuando esté disponible, se recomienda proporcionar la información de mantenimiento del equipo (por ejemplo, cuándo y dónde se completó la última calibración).

Sí. No. No está claro.

7) Se debe completar un período de aclimatación en la sala de examen.

Nota: Este elemento solo es aplicable para mediciones iniciales de línea de base o análisis basal.

Sí. No. No está claro.

8) Si es necesario, la cámara debe estar encendida durante un tiempo antes de la prueba para permitir la estabilización del sensor siguiendo las instrucciones del fabricante.

Sí. No. No está claro.

9) Condiciones de grabación de imágenes, como la distancia media entre el objeto y la cámara, porcentaje de la región de interés dentro de la imagen debe detallarse.

Sí. No. No está claro.

10) La cámara debe colocarse perpendicular a la región de interés.

Sí. No. No está claro.

11) Se deben informar los ajustes de emisividad de la cámara.

Nota: se sugiere 0,98 de emisividad para una superficie de piel limpia y seca.

Sí. No. No está claro.

12) Se debe informar la hora del día en que se tomaron las imágenes.

Sí. No. No está claro.

13) La posición corporal estándar del sujeto y las regiones de interés deben describirse bien y seleccionarse adecuadamente. Se recomienda un ejemplo visual (con la escala de temperatura presentada y la escala de colores configurada correctamente).

Sí. No. No está claro.

14) Si la piel se seca (por ejemplo, para eliminar el agua superficial), el método de secado debe describirse claramente.

Sí. No. No está claro.

15) La evaluación de los termogramas y la recolección de temperatura del software deben ser claramente descrito

Sí. No. No está claro.