

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Implementación de un protocolo conjunto de termografía digital
infrarroja y evaluación nutricional para la valoración de lesiones
deportivas en atletas universitarios

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias de la Salud

Presenta

Humberto Jordan Martínez Martínez

Hermosillo, Sonora

Febrero de 2019

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

MENCIÓN ESPECIAL

Durante el posgrado de Maestría en Ciencias de la Salud, el estudiante Humberto Jordan Martínez Martínez contó con beca CONACYT, con número (CVU/Becario): 786857/608272. El proyecto cuenta con dictamen aprobatorio por parte del Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Sonora.

Se hace mención especial que este proyecto relaciona oficialmente y por vez primera la nutrición, el deporte de alto rendimiento y la biofísica médica en la Universidad de Sonora, gracias al trabajo interdisciplinario de especialistas de las áreas mencionadas iniciado y promovido por el Dr. Marcelino Barboza Flores, en colaboración con el Dr. Valery Chernov.

En el proyecto, las evaluaciones en las atletas participantes se realizaron en el Centro de Imagenología y Biotérmica, ubicado en el 1er piso del edificio 5R planta baja, a cargo del Dr. Marcelino Barboza Flores; así mismo se utilizó el estadio Miguel Castro Servín, a cargo del Dr. Fernando Bernal Reyes, Jefe del Departamento de Cultura Física y Deporte, así como el Laboratorio de Cáncer II en la Universidad de Sonora, a cargo del Dr. Carlos Velázquez.

DEDICATORIA

Todo mi trabajo plasmado en esta tesis va con dedicatoria a mis padres, mi papá Humberto Martínez Herrera y a mí mamá M. Edith Martínez Pedroza. Por supuesto también a Dios, por darme unos padres maravillosos que han sido mi pilar, mi sostén y motivación para avanzar día con día. Con su cariño y valores me han sabido guiar por caminos de la sabiduría, la curiosidad, el ir más allá de lo que mis ojos ven, y el respeto hacia los demás y hacia mí mismo; además de mostrarme con el ejemplo todos esos valores que caracterizan a una buena persona. Ustedes, papá y mamá me han forjado a lo que ahora soy y en lo que me estoy convirtiendo. Por ustedes, he cumplido esta meta, les agradezco mucho y los amo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios, por bendecirme con esta gran oportunidad y capacidad para llevar a cabo mis anhelos y deseos, por bendecirme por la familia y amistades que me rodean y por brindarme salud; sin él nada sería.

A mis padres que me han apoyado en todo lo que me propongo y siempre han estado allí en el lugar y momento exacto que los necesito.

A mi directora, la Dra. Aracely Angulo Molina que, además de darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, me ha guiado en todo este proceso con sabiduría y liderazgo.

Al Dr. Marcelino Barboza Flores, por permitirme trabajar de su lado y por su apertura positiva ante la temática de las ciencias nutricionales, y del deporte.

A mi comité sinodal por otorgarme de su tiempo para asesorarme en todas las dudas que iban surgiendo a lo largo de este gran proyecto, por su compromiso con el proyecto y por su asistencia siempre puntual en mis seminarios.

Al equipo de trabajo que conllevan la actividad profesional y conforman el área de investigación en termografía dando vida al Centro de Imagenología y Biotérmica de la Universidad de Sonora. El Dr. Valery Chernov, el Dr. Gregory Chernov y los especialistas en termografía Tatiana V. Barboza Enciso Ulloa y Alejandro Rivera Olaiz.

A todo el equipo de futbol soccer femenino de la Universidad de Sonora, así como a la entrenadora Daniela Ulloa por su participación en este proyecto, ya que fueron la pieza fundamental para el desarrollo del mismo.

Al equipo de nutriólogos y entrenadores deportivos que me ayudaron a realizar las evaluaciones pertinentes para que este proyecto logré llevarse a cabo en tiempo y forma, donde quiero hacer especial mención a Ana Victoria Molina

Z. y a Jesús Rafael Ríos S. quienes me otorgaron su ayuda cuando lo requería desde el inicio hasta el final del proyecto.

Al médico ortopedista y traumatólogo Gustavo M. Azcona Arteaga, por su apoyo brindado en la evaluación del historial clínico e historial de lesiones físicas. Formando parte del equipo integral del trabajo.

Al Maestro Fernando Ferreyro Bravo por brindarnos su apoyo e interés hacia este proyecto desde la Universidad Autónoma de Yucatán, con su asesoramiento, consejos y amplia experiencia en el área de la nutrición deportiva.

Un agradecimiento a CONACYT por su apoyo económico en mi formación como Maestro en Ciencias, haciendo posible el inicio, seguimiento y cierre de este primer proyecto donde relacionamos por vez primera la nutrición, el deporte de alto rendimiento y la biofísica médica en la Universidad de Sonora.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
OBJETIVOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	3
Producción y Distribución del Calor Corporal.....	3
Transferencia de Calor.....	5
Historia de la Termografía.....	8
Características de la Termografía Digital Infrarroja.....	9
Imágenes Termográficas.....	10
Simetría Térmica.....	10
Bases Físicas y Biológicas de la Termografía.....	12
Validación y Precisión.....	15
Confiabilidad.....	17
Aplicaciones Clínicas de la Termografía.....	19
Lesiones Deportivas.....	21
Fisiología Muscular y su Relación con la Termografía.....	22
Temperatura del Músculo y la Piel en el Ejercicio.....	22
Termografía Digital Infrarroja y la Fisiología Deportiva.....	26
Aplicación en el Fútbol Soccer.....	29

Las Lesiones Deportivas.....	29
Mecanismo de Lesión.....	29
Epidemiología de las Lesiones Deportivas.....	33
Clasificación de Lesiones.....	35
Nutrición Deportiva y Composición Corporal en el Fútbol.....	37
Deficiencias de Vitaminas y Minerales	38
Macronutrientes.....	41
La Composición Corporal Influye en el Rendimiento.....	43
El somatotipo.....	46
MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
Diseño de estudio.....	49
Sujetos.....	49
Criterios de Inclusión.....	49
Criterios de Exclusión.....	50
Plan de Trabajo.....	50
Reclutamiento y Adherencia.....	52
Obtención del Consentimiento Informado	52
Equipo de Termografía.....	53
Protocolo de Termografía.....	56
Preparación previa, 24 horas antes.....	56
Condiciones del área de trabajo termográfico.....	60
Interpretación.....	62
Evaluación Nutricional.....	63
Formulario para la Composición Corporal.....	66

Formulario para el Somatotipo.....	68
Entrevista clínico-nutricional.....	69
Entrevista e Historial de Lesiones.....	70
Recolección de Datos y Métodos Estadísticos.....	70
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	71
Termografía y Lesiones.....	71
Análisis Cualitativo de Termogramas.....	71
Simetría termográfica.....	72
Desórdenes vasculares.....	75
Análisis Cuantitativo de Termogramas.....	84
Análisis individual.....	86
Lesiones Reportadas.....	91
Cineantropometría.....	94
Composición Corporal.....	96
Somatotipo.....	104
Análisis Dietario.....	108
Ingesta y Distribución Calórica.....	108
Ingesta de Estimada de Vitaminas y Minerales.....	115
Tiempos de Comida	123
Ingesta de Alcohol.....	125
CONCLUSIONES.....	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
APÉNDICE.....	150

LISTA DE TABLAS

TABLA		Página
I	Resultados de rentabilidad de TDI (ICC) aplicados a sujetos sanos y enfermos	18
II	Porcentaje de grasa promedio de atletas masculinos y femeninos en su respectivo deporte	45
III	Códigos para la división de áreas corporales y lectura de termogramas	57
IV	Cantidad de jugadoras que presentaron simetría térmica en las cuatro vistas de una ROI (renglón gris), y simetría por cada vista o cara (renglón blanco)	74
V	Casos de venas varicosas por etapa deportiva y la diferencia en temperatura (°C) de extremidades inferiores	78
VI	Temperatura de las ROI de las futbolistas en las tres etapas	85
VII	Diferencia contralateral de piernas y pies, analizados por temporada	87
VIII	Diferencias de temperatura entre ROI contralateral ≥ 0.5 por etapa deportiva	88
IX	Tipos de lesión y el número de casos iniciales reportados por etapa.	92
X	Temperatura de la ROI donde se presentó lesión (casos nuevos) y su contraparte	93
XI	Valores antropométricos de las jugadoras de futbol soccer por etapa deportiva	95
XII	Composición corporal de cuatro compartimentos de las tres etapas, IMC y sumatoria de pliegues de las futbolistas universitarias	97

XIII	Composición corporal de cuatro compartimentos de las tres etapas, IMC y sumatoria de pliegues por posición de juego	100
XIV	Somatotipo de las futbolistas en las tres etapas	105
XV	Análisis descriptivo de la estimación de las kcal consumidas por etapa y de los macronutrientes en gramos	109
XVI	Tabla comparativa entre la estimación de los macronutrientes ingeridos y los recomendados expresados en kcal	111
XVII	Análisis estadístico del consumo estimado de vitaminas liposolubles e hidrosolubles de las futbolistas y su RDA	116
XVIII	Análisis estadístico del consumo estimado de minerales de las futbolistas y su RDA	121

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 Ilustración de los cuatro mecanismos de transferencia de calor en reposo	6
2 Termograma de resolución inmediata por cámara Meditherm®	11
3 Captación de las ondas electromagnéticas por diferentes métodos de análisis de imagen	13
4 Termograma obtenido con la cámara Iris Elite Meditherm® y traducido por el software Wintes2	16
5 Esquema de la regularización de la temperatura central a través de la sudoración	24
6 Simetría de la temperatura corporal	25
7 Representación esquemática de la red de capilares del cuerpo.....	27
8 Esquema del proceso inflamatorio tras una lesión muscular, de 1 a 4 horas, hasta >7 días	31
9 Esquema general de las fases de una lesión muscular.....	34
10 Ubicación anatómica de las rodillas	36
11 Atención integral del atleta.....	47
12 Planeación metodológica	51
13 Cámara IRIS Elite Meditherm®	54
14 Vistas anatómicas consideradas en el estudio de las extremidades inferiores de las futbolistas para el reconocimiento de desórdenes vasculares por medio de la TDI	58
15 Simetría termográfica representativa del tren inferior correspondiente a la participante número 8	73

16	Termogramas representativos de participantes afectadas con desordenes vasculares vistas por TDI	76
17	Vistas o caras de las ROI de las futbolistas en donde se manifestaron venas varicosas	79
18	Número de participantes afectadas con desordenes vasculares por etapa deportiva	83
19	Número de vistas o caras en donde se localizaron desórdenes vasculares sugerentes a venas varicosas por etapa deportiva	83
20	Imagen de la participante número 11	90
21	Termogramas de Vista LA de la participante nº11. A: visto en el sistema de arcoíris y B: visto en escala de grises	90
22	Gráfica del porcentaje de MG y MLG de las futbolistas en las tres etapas deportivas	98
23	Gráfica del porcentaje de grasa de las futbolistas en las tres etapas y por posición de juego	101
24	Somatocarta	107
25	Porcentaje medio de la distribución calórica de macronutrientes y el valor medio del consumo de la grasa saturada	112
26	Consumo dietario recomendado (%RDA/IA) en porcentaje con relación al consumo estimado de vitaminas de las futbolistas universitarias en las tres etapas	118
27	Consumo dietario recomendado (%RDA/IA) en porcentaje con relación al consumo estimado de minerales de las futbolistas universitarias en las tres etapas	122
28	Número de comidas al día de las futbolistas en las tres etapas deportivas	124
29	Prueba de fuerza en sujetos alcoholizados y control	126

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un protocolo conjunto de termografía digital infrarroja y evaluación nutricional para la valoración de lesiones deportivas en atletas universitarias en las diferentes etapas de la temporada deportiva.

Objetivos Específicos

1. Describir la dieta y antropometría de los atletas en las diferentes etapas deportivas.
2. Describir la composición corporal de los atletas en las diferentes etapas deportivas.
3. Obtener los patrones termográficos de los atletas en cada etapa deportiva.
4. Identificar zonas potenciales de lesión con base al análisis de los termogramas obtenidos por termografía digital infrarroja.
5. Establecer bases y medios técnicos para el procesamiento y análisis de las regiones de interés de los atletas por termografía.
6. Analizar cualitativamente y cuantitativamente las diferencias térmicas de las regiones de interés de los atletas en las diferentes etapas deportivas.

RESUMEN

Introducción. La Termografía Digital Infrarroja (TDI) percibe de forma cualitativa y cuantitativa la radiación infrarroja emitida naturalmente por la superficie de la piel, generando termogramas asociadas a procesos pato-fisiológicos. Los futbolistas universitarios requieren de una evaluación integral que incluya, además de valoración nutricional, el uso de tecnologías emergentes como la TDI.

Objetivo Implementar un protocolo conjunto de termografía digital infrarroja y evaluación nutricional para la valoración de lesiones deportivas en atletas universitarias en las diferentes etapas deportivas. **Metodología.** Estudio observacional de tipo longitudinal. Se aplicó en once futbolistas representativas de la Universidad de Sonora en las etapas de precompetencia, competencia y postcompetencia, una evaluación de TDI en extremidades inferiores, además del historial clínico, datos antropométricos y recordatorio de 24 h. **Resultados.** Se encontraron diferencias de temperatura de la piel en las extremidades inferiores de las futbolistas entre las tres etapas ($p < 0.05$). La Δt contralateral más alta registrada fue de 1.2°C (etapa postcompetitiva). Las variables antropométricas fueron iguales en las tres etapas deportivas ($p > 0.05$). Se encontraron alteraciones en el consumo de nutrimentos que pudiera favorecer la aparición de lesiones deportivas. El peso corporal fue más alto (>1 kg) en la etapa postcompetitiva con respecto a la precompetitiva, así como el porcentaje de grasa (0.9%) en al menos el 50% de las futbolistas; no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables antropométricas y de composición corporal. En los termogramas se encontraron alteraciones vasculares sugerentes a venas varicosas. **Conclusiones.** Fue posible implementar un protocolo interdisciplinario de evaluación de lesiones por TDI en conjunto con una valoración nutricional que puede ayudar a la prevención y monitoreo de lesiones.

INTRODUCCIÓN

La práctica deportiva es parte de la formación integral del ser humano. En los últimos años, el deporte ha dejado de ser un mero espectáculo, y se ha convertido en una excelente herramienta para la educación integral de las personas (Ramírez, 2002). Recientemente, la universidad de Sonora ha tenido un particular interés en incrementar los logros competitivos de los deportistas representativos de esta institución. Este interés y apoyo se ha reflejado en el número de medallas con los que cuenta la universidad actualmente. Sin embargo, un problema común en deportistas, que lleva a la pérdida de las medallas (problemas en los tiempos, marcas, distancias, etc.), es la presencia de lesiones musculoesqueléticas. Esto es una condicionante de la salud en el deportista, que puede llegar a eliminar la oportunidad de competir, además de afectar el rendimiento físico del atleta (García et al., 2012). Una lesión deportiva se puede clasificar como aguda o crónica, dependiendo de la manifestación repentina y rápida o por actividad continua sin esperar a la recuperación (Fuller et al., 2006). Detectar el daño tisular o una lesión a tiempo (traumas menores), puede ser crucial para el diagnóstico, tratamiento y/o recuperación del atleta. Existen diferentes métodos con los cuales se pueden identificar lesiones deportivas, sin embargo, no todos pueden identificar a distancia y sin contacto físico lesiones tempranas o que no han ocasionado gran inflamación o traumas.

En años recientes ha habido un creciente interés en un método práctico y confiable para detectar anomalías térmicas cutáneas. Estas anomalías son características de lesiones tempranas. La técnica a la que se hace referencia es conocida como Termografía Digital Infrarroja (TDI). Esta es una técnica que permite, a distancia y sin contacto, medir y visualizar temperaturas de superficies con precisión. La TDI es una herramienta no invasiva, que detecta en cualquier 'región de interés' (ROI, por sus siglas en inglés) de la superficie corporal el incremento o disminución de la temperatura de la piel; ha sido aplicado en la

medicina para la detección de diversas patologías (Ring & Ammer, 2012); incluso es utilizada en el campo de la veterinaria para detectar lesiones locomotoras y monitorear la salud de los animales (Hildebrandt et al., 2012). La TDI permite visualizar el calor irradiado de un cuerpo, a través del registro de la emisión infrarroja, que se halla en un espectro que la visión humana no es capaz de identificar (Marins, et al., 2013). Varios trabajos muestran que cuando hay reacciones inflamatorias en el cuerpo humano se generan imágenes con regiones hipertérmicas. Fisiológicamente, la temperatura del cuerpo cuenta con simetría térmica bilateral en condiciones normales. Cuando se presentan lesiones, se observan cambios asimétricos en el patrón de temperatura dependiendo de la ubicación y tipo de lesión, incluso por sobreentrenamiento. Estos cambios pueden detectarse con cámaras termográficas incluso cuando son cercanos a 0.1 °C.

La información obtenida con una termografía puede ser de gran valor para la toma de decisiones en cuanto a continuar el entrenamiento, participar en la competencia e incluso, cuando hay lesiones o sospecha de las mismas, el tipo y duración del tratamiento. Cuando se habla de alto rendimiento deportivo, contar con esta información es crucial para el atleta y su carrera deportiva. A la fecha, existe poca investigación de la TDI aplicada en deportistas y en México, (Fernández-Cuevas et al., 2015). Por ello, el objetivo de este proyecto fue implementar por primera vez en la Universidad de Sonora y en el país, un programa integral de atención a jugadoras del equipo representativo de fútbol para la detección de lesiones, que incluya no sólo la TDI sino también un abordaje nutricional. Dicho estudio servirá como base para estudios posteriores con respecto a la determinación de lesiones, y a la prevención de las mismas, en el área deportiva.

ANTECEDENTES

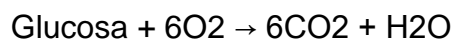
Producción y Distribución del Calor Corporal

El calor, es una de las formas de energía que existen en el ambiente, conocido también como energía térmica. Todas las formas de energía pueden interconvertirse, es decir, pueden transformarse en diferentes formas de energía, cumpliendo la primera ley de la termodinámica que dice que “la energía no puede ser creada ni destruida, solo se transforma”, pudiendo ser, energía potencial, cinética, térmica, eléctrica, química, radiante, etc. (Lodish et al., 1995; Sagawa & Ueda, 2008).

La energía principalmente proviene del sol como energía radiante y esta energía pasa a través de la red alimentaria biológica para finalmente dispersarse en el medio. Es decir, pasa primero por los productores, que son células que pueden utilizar las formas más simples de carbono procedentes del medio ambiente (anhídrido carbónico), después pasa por los consumidores, que son aquellos organismos que se alimentan de los productores y otros consumidores (los mamíferos, por ejemplo), para finalmente llegar a los desintegradores, que son las bacterias y los hongos que provocan la descomposición y putrefacción de los consumidores muertos, devolviendo al suelo y atmosfera formas simples de carbono (Alberts & Bray, 2006).

Existen dos grupos de organismos, según su posición en la red alimentaria, están los autótrofos y los heterótrofos. Los primeros son los productores, los segundos son los consumidores y desintegradores, ya que necesitan de los productores para alimentarse, y utilizan formas químicas más complejas para alimentarse y obtener energía, como la glucosa. Para que la energía llegue hasta el ser humano, que en este caso son los heterótrofos, es necesario de un proceso llevado a cabo por los autótrofos llamado, fotosíntesis. La fotosíntesis consiste en la absorción de energía radiante por la clorofila y otros pigmentos, seguida de

la conversión de la energía luminosa absorbida en energía química, y la utilización de esa energía química para la reducción del anhídrido carbónico absorbido de la atmósfera para formar glucosa (Bita & Gerats, 2013). Por lo tanto, los seres humanos obtienen energía principalmente por medio de la degradación de estructuras químicas de alta energía como la glucosa, que consiguen al alimentarse de organismos autótrofos u otros organismos heterótrofos; además, necesitan la glucosa como unidad estructural para la síntesis de sus propios componentes celulares. El proceso global, mediante el cual las moléculas de alimentos son oxidadas por estos organismos heterótrofos a expensas del oxígeno se le llama respiración:



Con base a esta reacción química, un mol de glucosa puede producir un máximo de 686 kcal de energía útil celular. Esta energía se conserva en forma de energía química en un compuesto denominado trifosfato de adenosina (ATP). La energía química del ATP se utiliza entonces para llevar a cabo el trabajo químico, mecánico y osmótico de la célula, durante el cual el grupo fosfato terminal del ATP se pierde para formar ADP (difosfato de adenosina). En esta conversión, que es necesaria para el trabajo celular, se produce calor, este calor se dispersa rápidamente hacia el entorno en el cual fue dispersado, aumentando la intensidad del movimiento térmico de las moléculas residentes, y provocando un desorden o mayor entropía, como lo indica la segunda ley de la termodinámica: “los sistemas se modificarán espontáneamente hacia aquellas disposiciones con la mayor probabilidad de producirse” (Alberts & Bray, 2006). En palabras más simples, una célula incorpora energía de su ambiente en forma de nutrientes, moléculas inorgánicas y fotones de la luz solar, para crecer, dividirse, formar tejidos y organismos, formar nuevas células, hematopoyesis, etc., esta es la manera en cómo se genera un orden constantemente dentro de un organismo vivo a nivel celular; pero como lo indica la segunda ley de la

termodinámica, con todo orden, hay un desorden y el calor, es la energía en su forma más desordenada (Alberts & Bray, 2006). Es por ello que de forma continua, el cuerpo humano está produciendo calor a una temperatura constante (36.1°C – 37.2°C), y cuando esta temperatura se incrementa, es porque hay un mayor trabajo celular, que puede ser por una infección o alguna enfermedad, procesos inflamatorios, o en el caso de un incremento de temperatura aislado (local), una lesión tisular (Ng, 2009). De este modo, se da por entendido que la intensidad del calor o energía térmica se mide como un cambio en la temperatura; un hecho importante para el entendimiento consecuente de este escrito.

Transferencia de Calor

Siempre que exista una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor. La transferencia de calor en el cuerpo humano es un proceso que se puede producir por medio de cuatro mecanismos: conducción, convección, radiación y evaporación (Tresguerres et al., 1999). Aunque estos procesos suelen tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos (FIGURA 1).

En el caso del cuerpo humano, su elevada actividad metabólica genera gran cantidad de energía térmica, la cual debe disiparse para mantener la estabilidad de los procesos fisiológicos del organismo.

Los mecanismos de transferencia de calor se explican a continuación:

Conducción: La conducción es la transmisión directa de energía térmica entre moléculas cuando estas chocan entre sí. Una molécula que se mueve más rápido (mayor temperatura) transmite parte de su energía a otra que se mueve más lento (menor temperatura). El núcleo del cuerpo está aproximadamente a 37°C, mientras que la piel en reposo tiene una temperatura media de 34°C. Por lo tanto, el cuerpo humano disipa calor hacia la piel por conducción. Si la

temperatura de ambos cuerpos es igual ($\Delta t = 0$), no habrá transmisión de calor (Huizenga et al., 2001).

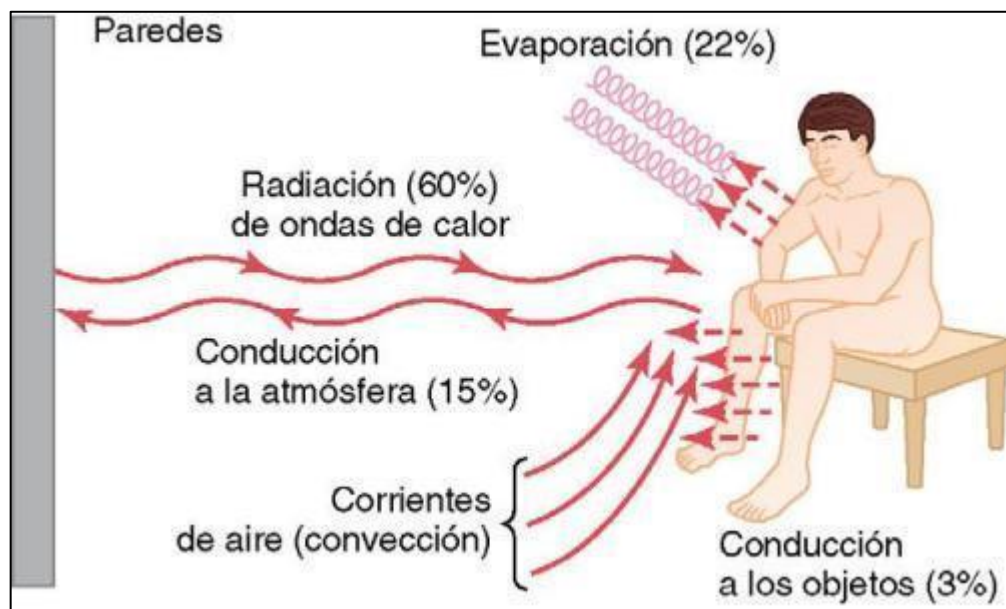


Figura 1. Ilustración de los cuatro mecanismos de transferencia de calor en reposo. (<https://locosporlamedicina.wordpress.com/2016/04/12/regulacion-de-la-temperatura-corporal-i/>).

Convección: La convección es el modo de transmisión de calor a través de un fluido (líquido o gas) que está en movimiento. Este tipo de transmisión de calor en el cuerpo humano es muy complejo y depende de muchas variables, como la diferencia de temperaturas (ambiente y de la piel), la dirección del flujo y la existencia de aire en movimiento (viento) (Fiala et al., 2012).

Radiación: La transmisión por radiación se transmite en mayor medida en ausencia total de moléculas, en el vacío. Es decir, en la conducción, las moléculas chocan entre sí y se transfiere la energía cinética; en la convección, las moléculas pueden moverse libremente como respuesta a la fuerza de la gravedad o a otra fuerza exterior, sin embargo, la transmisión de calor por radiación no requiere de ningún medio material. Los cuerpos emiten radiación térmica como consecuencia de su temperatura: a mayor temperatura, mayor cantidad de radiación térmica será emitida. Sin embargo, cada material tiene una emisividad diferente (Murakami et al., 2000).

Evaporación: El cuerpo humano disipa calor mediante la evaporación del sudor y el vapor de agua exhalado en la respiración. Para perder calor de este modo, es necesario transpirar sudor, de este modo se moja la piel formando una capa saturada en vapor de agua, la cual se evapora hacia la atmósfera siempre y cuando el aire del ambiente no esté saturado de agua. En un ambiente caluroso si queremos mantener la temperatura corporal es necesario transpirar y evaporar dicho sudor. Si no se pierde el calor necesario, aumenta la temperatura interna produciendo en el peor de los casos un golpe de calor. Los intercambios por evaporación hacia la atmósfera estarán en función de la diferencia de las presiones parciales de vapor de agua entre la piel y la atmósfera, y de los factores que influyen los intercambios por convección (Murakami et al., 2000).

Historia de la Termografía

Fue en el año 1800 cuando el científico Sir William Hershell descubrió los rayos infrarrojos; utilizando un prisma que divide la luz blanca, él demostró que hay longitudes de onda imperceptibles por un ojo humano, a lo que él llamó radiación infrarroja (IR, por sus siglas en inglés) (Aplas et al., 2015). Pero no fue sino hasta 1840 que su hijo, John Herschel, confirmó este hecho, realizando la primera imagen térmica por evaporografía (Ring, 1990). Por otro lado, gracias a los estudios con termopares, termopilas y termistores, Hardy en 1834, demostró que la piel actúa como un cuerpo negro, aplicando la Ley de Stefan Boltzmann en el cuerpo humano; esta ley nos dice que todo cuerpo negro por encima del cero absoluto irradia energía térmica (Ring, 1990). Un siglo después, los rápidos desarrollos de la ingeniería militar abordaron la técnica de termografía infrarroja, llevando a cabo el primer termograma del cuerpo humano en 1954 por la armada de los Estados Unidos (Aplas et al., 2015; Ring, 1990); y en 1956, Ray Lawson realizó la primera aplicación médica durante sus estudios en cáncer de mama (Aplas et al., 2015). Durante la década de 1960, las expectativas clínicas de esta técnica se centraron en las posibilidades de detección temprana del cáncer de mama (Ring, 1990). Posteriormente, se acuñaría el término 'Termografía clínica' por el Dr. George E. Chapman en 1978 (Aplas et al., 2015; Ring & Ammer, 2000). La baja calidad inicial de los sistemas de imagen y la falta de los estándares metodológicos en aquellos tiempos, fueron los principales motivos por los cuales la termografía no era aceptada como una herramienta médica confiable. No fue sino hasta 1987 que, gracias al desarrollo del escáner termográfico, fue oficialmente aprobado como una herramienta médica por la Asociación Médica Americana (Aplas et al., 2015).

Hoy en día con el advenimiento de modernas cámaras de imágenes térmicas, así como softwares mejorados para manejar datos, protocolos cuidadosamente

diseñados y una mejora comprensión en la fisiología térmica de la piel y los tejidos subyacentes, las imágenes térmicas y su interpretación han mejorado mucho y han dado cabida a muchas investigaciones en el área médica (Aplas et al., 2015; Ring, 1990). De allí que se acuña la palabra “digital” dentro del concepto de Termografía Infrarroja (Termografía Digital Infrarroja) en aquellas escrituras de artículos donde se haga uso de un software determinado (Fernández-Cuevas et al., 2015).

Características de la Termografía Digital Infrarroja

La termografía digital infrarroja (TDI) es un método no invasivo, que no requiere de contacto físico con el sujeto evaluado, no utiliza ningún tipo de radiación y se puede utilizar en cualquier tipo de personas (niños, ancianos, embarazadas, etc.) (Aplas et al., 2015; Bezerra et al., 2013). Es un método seguro, efectivo, rápido, no estresante y de bajo costo que, además de aplicarse de forma auxiliar y/o de apoyo para el diagnóstico del profesional en la salud, también es viable para aplicarse en procesos de recuperación o monitoreo de lesiones, recuperación postquirúrgica, etc. (Aplas et al., 2015; Hernandez-Contreras et al., 2015).

La TDI no utiliza radiación alguna, sino que detecta la emisión térmica de cualquier cuerpo negro que esté por encima del cero absoluto (0 K o -273 °C); de manera que, la TDI es capaz de detectar la emisión térmica del cuerpo humano, el cual emite ondas electromagnéticas con un máximo espectral en la región infrarroja de 9-11 μm , que no es visible con el ojo humano (Bezerra et al., 2013; Hadžić et al., 2015) y requiere de dispositivos de estado sólido (cámaras infrarrojas) para detectarla. La TDI puede detectar y localizar los cambios térmicos caracterizados por el incremento y disminución de la temperatura de la piel, gracias a que cuenta con una precisión de 0.1°C (Hildebrandt et al., 2012). En otras palabras, la TDI detecta cambios fisiológicos del tejido humano, los cuales son muy pequeños como para visualizarse por algún otro método usual

de imagen anatómica (Aplas et al., 2015). De hecho, esta técnica se está utilizando cada vez más en el área médica y deportiva, contando con aplicaciones en la valoración y recuperación de lesiones en futbolistas (Maior et al.,2017).

Imágenes Termográficas

La TDI registra los cambios de temperatura del cuerpo humano mediante imágenes termográficas tomadas mediante un dispositivo infrarrojo de alta resolución, también llamados termogramas, que son una manera en la cual se puede observar la distribución de la temperatura de la superficie de la piel, al convertir las ondas infrarrojas emitidas por el cuerpo en impulsos eléctricos, y capturando esas imágenes en un procesador conectado a un computador. Gracias a ello, se puede obtener imágenes visuales instantáneas que representan los patrones térmicos de la superficie corporal en tiempo real (Duc et al., 2015), que posteriormente serán procesadas por el software apropiado para mejorar la imagen y explorar las regiones de interés, de alta y baja temperatura de forma cuantitativa.

En la FIGURA 2 se observa un termograma o imagen termográfica de uno de nuestros participantes. Las regiones rojas, son de mayor temperatura respecto de las de color, amarillo, verde y azul.

Simetría Térmica

Encontrar una simetría adecuada en la distribución de la temperatura de la superficie de la piel, indica que las funciones fisiológicas del cuerpo están en orden; cuando se presenta una distribución asimétrica, nos puede indicar señales tempranas del desarrollo de alguna patología o lesión (Aplas et al., 2015).

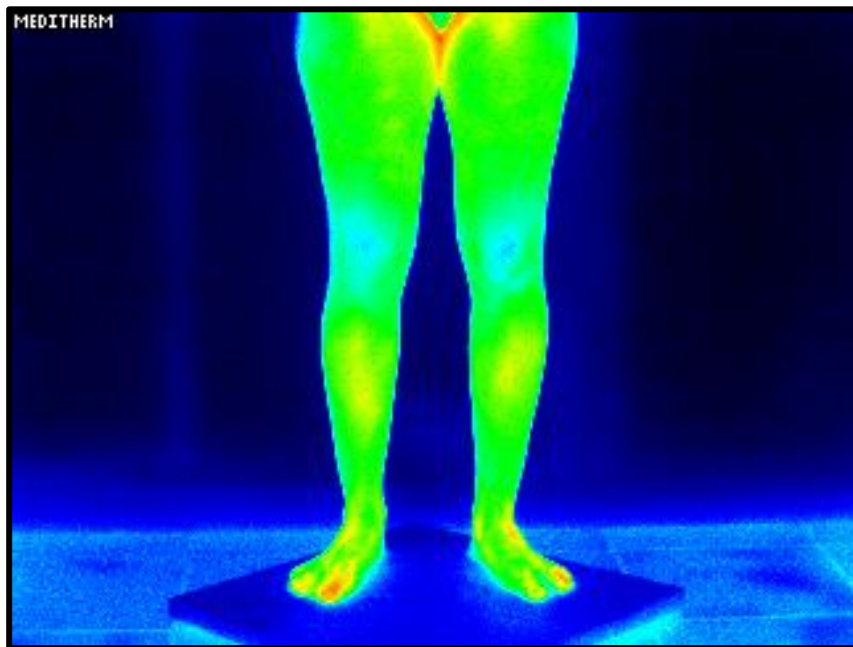


Figura 2. Termograma de resolución inmediata por cámara Meditherm®. Imagen representativa de una de las atletas evaluadas en nuestro estudio.

El cuerpo humano, naturalmente es térmicamente simétrico, es decir, la temperatura emitida de una región localizada del cuerpo debe ser similar a su contraparte o región contralateral, ya que son iguales de forma y tamaño (Maior et al., 2017). El sistema de termorregulación es controlado por el hipotálamo. Con base a este conocimiento, cuando se presenta una lesión aguda en una zona del cuerpo, se presenta una vasodilatación y aumento de mediadores inflamatorios en el área afectada, que a su vez aumenta el metabolismo y flujo de sangre de esa región, teniendo como consecuencia, un incremento de la temperatura en esa zona y perturbando de ese modo la simetría térmica normal (Benz-Woerner et al., 2012; Maior et al., 2017). De ahí que detectar una diferencia térmica contralateral significativa, es un indicativo sumamente útil para el seguimiento y monitoreo de lo que puede ser una lesión tisular, o bien un área potencial de inflamación (Niu et al., 2001).

Algunos autores han asociado a anomalías estructurales o fisiológicas en atletas temperaturas superiores a 0.7°C , entre miembros contralaterales (Maior et al., 2017; Marins et al., 2014).

Bases Físicas y Biológicas de la Termografía

Sir William Hershell, observó que cada objeto que tenga una temperatura más alta que el cero absoluto emite radiación térmica, y que los objetos con una temperatura ambiente (25°C) emiten radiación en forma de ondas electromagnéticas, con una longitud de $10\ \mu\text{m}$. Por lo que cerca del 80% de la radiación infrarroja que es emitida por la piel del cuerpo humano tiene una longitud de onda de entre 8 y $15\ \mu\text{m}$ (Aplas et al., 2015), ubicado en el espectro electromagnético entre las microondas y la luz visible, en el espectro infrarrojo (FIGURA 3).

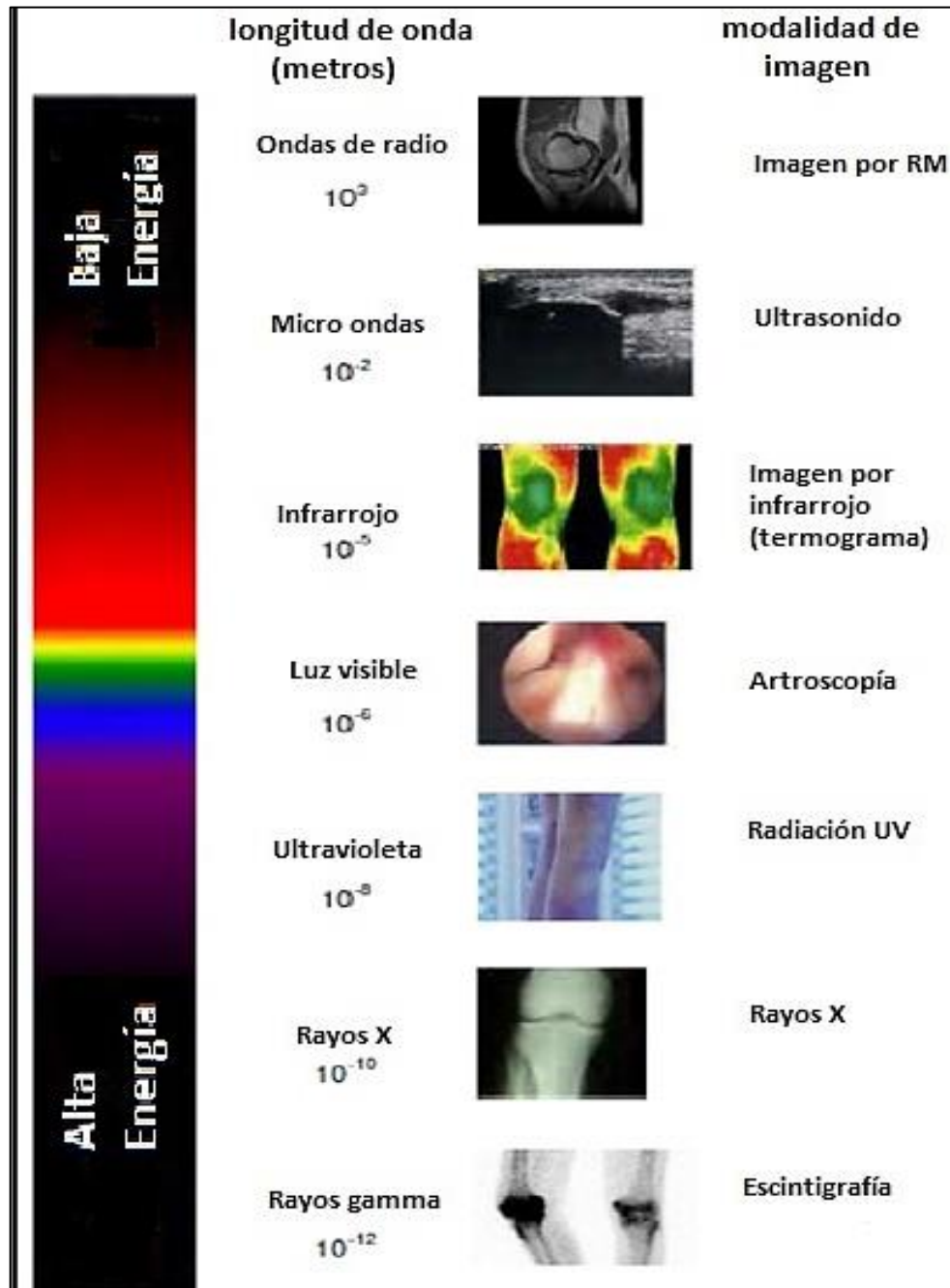


Figura 3. Captación de las ondas electromagnéticas por diferentes métodos de análisis de imagen (tomado de Hildebrandt et al., 2012).

El sustento físico de la termografía está basado en la ley de Stefan-Boltzmann, que establece que “la potencia total irradiada (W/m^2) sobre todas las longitudes de onda aumenta a medida que se incrementa la temperatura ($P = \sigma T^4$)”, la ley permite determinar la correlación de la emisividad total de un cuerpo con su temperatura absoluta (Aplas et al., 2015). La radiación infrarroja emitida por la superficie de la piel se puede registrar mediante detectores infrarrojos y construir un mapa de temperaturas de la zona de interés utilizando software adecuado. Las imágenes se pueden presentar en una escala de colores, comúnmente llamado sistema rainbow (sistema de arcoíris), donde los colores rojizos representan las temperaturas mayores y los colores azulados las temperaturas menores (Aplas et al., 2015).

De manera biológica, la emisión infrarroja está relacionada con la intensidad del metabolismo del tejido analizado y de la circulación sanguínea del mismo, los cuales son dependientes del sistema nervioso autonómico y de los vasoconstrictores y vasodilatadores locales (Aplas et al., 2015).

La distribución del calor en el cuerpo no es igual en todos lados, sino que la temperatura de cada zona del cuerpo depende de la actividad fisiológica llevada a cabo en esa área o bien, de la inflamación en caso de haberla allí (Maior et al., 2017). En sujetos sanos, la distribución de la temperatura en ambos lados del cuerpo (izquierdo y derecho) es simétrica, por ejemplo, la temperatura del brazo derecho es igual a la temperatura del brazo izquierdo (Aplas et al., 2015; Sampedro et al., 2012).

Durante la presencia de inflamación, como en el caso de algunas enfermedades, el sistema de termorregulación es afectado, lo que da lugar a una gran diferencia de temperatura entre la zona de la lesión o inflamación y su entorno inmediato (Aplas et al., 2015). Estas irregularidades de la temperatura, por más leves que sean, pueden ser detectadas y monitoreadas con éxito mediante la visualización de termogramas (Sanchis-Sánchez et al., 2014). De

hecho, la termografía cuenta con una resolución de 0.1°C; para un resultado integro o confiable se requiere seguir un protocolo, el cual asegura optimización del lugar (temperatura ambiente y humedad relativa) donde se realizará la evaluación y las condiciones del sujeto a evaluar, entre otros controles a tomar en cuenta (Hildebrandt et al., 2012).

En la FIGURA 4 se muestra un termograma procesado por el software Wintes2 a través de la cámara Iris Elite Meditherm ®, donde se acentúan los colores con base al sistema rainbow.

Validación y Precisión

En la TDI se utiliza la validez y la precisión. La precisión está directamente relacionada con la validez, validez se refiere a que tan cerca esta una medición que corresponde a la precisión del mundo real. En el caso de la TDI, la validez puede ser la habilidad para estimar las temperaturas de la superficie de un objeto a partir de la radiación infrarroja que emite, utilizando una cámara térmica (Fernández-Cuevas et al., 2015). Una de las desventajas que mencionan Fernández y colaboradores en su artículo de revisión, es que, aunque la precisión ha mejorado mucho con las cámaras más recientes, las mediciones pueden tener más de 1°C diferente al de la temperatura real; esto pudiera tener un impacto negativo en la precisión de la TDI tomando en cuenta que una asimetría térmica contralateral mayor a 0.7 °C ya se considera anormal (Marins et al., 2013).

A pesar de ello, se ha demostrado que los termómetros infrarrojos de la piel tienen buena validez ($r=0.92$) (Burnham et al., 2006); y Sherman y colaboradores, publicaron un estudio en 1996 a favor de la validación del uso de la video-termografía (termografía con video) (Sherman et al., 1996).

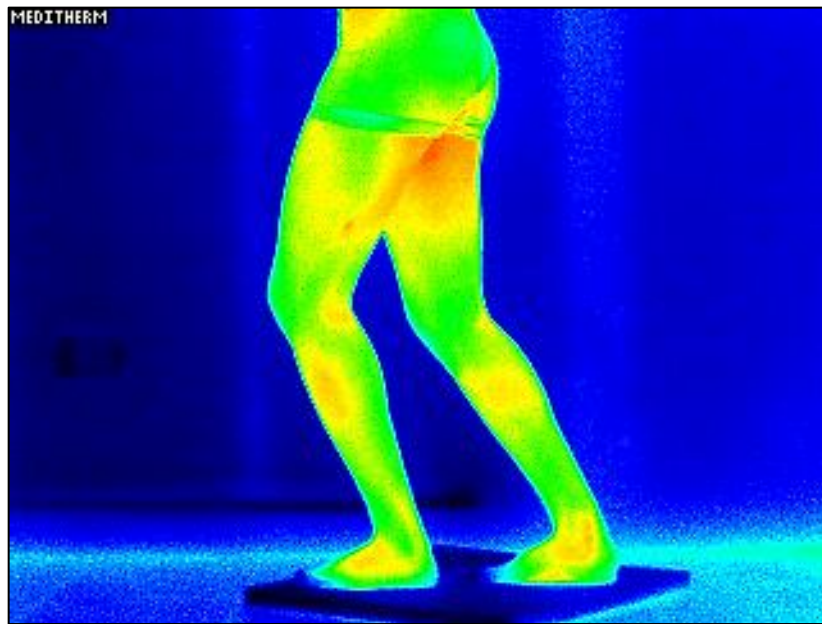


Figura 4. Termograma obtenido con la cámara Iris Elite Meditherm® y traducido por el software WinTes2.

Hasta el día de hoy, se ha estudiado con resultados satisfactorios la validez para algunas patologías y lesiones específicas, incluyendo la distrofia simpática refleja (Bruehl et al., 1996), las fracturas por estrés (Goodman et al., 1985), la artritis psoriásica (Ismail et al., 2014), el síndrome de dolor regional complejo (Choi et al., 2013), algunas patologías de la rodilla (Calin et al., 2015), neumotórax (Rich et al., 2004), esclerodermia localizada (Martini et al., 2002), patologías dermatológicas (George et al., 2008) y la diabetes (Sivanandam et al., 2012). Con base a la evidencia, investigadores afirmaron en un estudio, que el futuro de la medicina está relacionado con sistemas de diagnóstico asistido por ordenador, como lo es la TDI, misma que ha mostrado ser una herramienta valiosa para el diagnóstico de las patologías antes mencionadas y que debería ser más utilizada en estudios posteriores. (Faust et al., 2014)

Confiabilidad

La confiabilidad se refiere al grado en el cual las mediciones dan el mismo resultado en repetidas ocasiones utilizando el mismo método.

En un estudio, se analizó la confiabilidad de la TDI obtenida en distintos estudios, tanto con pacientes con alguna condición patológica como en sujetos sanos (Fernández-Cuevas et al., 2015). En la TABLA I se muestra el resumen de este análisis; donde se observa que la mayoría de estos estudios lograron un CCI (coeficiente de correlación intraclase), entre 0.8 y 0.99.

Es importante mencionar que no todos los autores de la TABLA I hicieron uso de la interpretación asistida por computadora. Fernández-Cuevas et al., (2012) obtuvieron uno de los mejores resultados, con ICC = 0.989, muy probablemente debido al uso de la interpretación asistida por computadora. Se sabe que la automatización de la determinación de las regiones de interés (ROI) mejora la fiabilidad de la TDI y permite un análisis más rápido y más eficiente en los termogramas humanos.

Tabla I. Resultados del coeficiente de correlación intraclase del uso de la termografía infrarroja aplicada a sujetos sanos y enfermos.

Año	Autor	N - muestra	Patología	Técnica	ROI	CCI
1991	Plaughar et al.	19 - sanos	Ninguna	TI	Paraespinal	0.5-0.8
1999	Oerlemans et al.	13 - pacientes	Distrofia del reflejo simpático	TI (termómetro)	Manos	0.94
2003	Ammer	1 - sano	Ninguna	IT	Brazos	0.48-0.87
2004	Owens et al.	30 - sanos	Ninguna	TI (escáner)	Paraespinal	0.92-0.97
2004	Huygen et al.	31 - pacientes y sanos	Síndrome del dolor regional complejo tipo 1		manos	0.78-0.86
2004	Varju et al.	91 - pacientes	Osteoartritis de manos	TI	manos	0.899
2006	Burnham et al.	17 - sanos	Ninguna	TI (termómetro)	Diferentes ROIs	0.97
2006	Selfe et al.	9 - pacientes	Dolor anterior de rodilla	TI	rodillas	0.82-0.97
2007	Hart et al.	30 - sanos	Ninguna	TI (escáner)	espina	>0.75
2008	Spalding et al.	5 - pacientes	Artritis de muñeca	TI	muñecas	0.99
2008	Zaproudina et al.	16 - sanos	Ninguna	TI	Diferentes ROIs	0.47
2009	Gold et al.	45 - pacientes y sanos	Desorden musculoesquelético de extremidades inferiores	TI	Manos	0.46-0.85
2009	Hildebrandt & Raschner	15 – pacientes y sanos	Lesión en rodilla	TI	rodilla	0.75-0.85
2010	Denoble et al.	30 – pacientes y sanos	Osteoartritis de rodilla	TI	rodilla	0.5-0.72
2011	McCoy et al.	100 - sanos	Ninguna	TI (escáner)	espina	0.95-0.97
2011	Pauling et al.	15 - sanos	Ninguna	TI	manos	0.83-0.96
2012	Fernández-Cuevas et al.	22 - con sobrepeso	Ninguna	TI	Diferentes ROIs	0.989
2012	Costa et al.	62 - pacientes y sanos	Desorden temporomandibular	TI	Cara y cuellos	0.85-0.99
2012	Fernández-Cuevas	32 - sanos	Ninguna	TI	Diferentes ROIs	0.68-0.99
2013	Choi et al.	28 - pacientes	Síndrome del dolor regional complejo	TI	Piernas	0.865
2013	Rodríguez-Bigaton et al	30 – pacientes y sanos	Desorden temporomandibular	TI	cara	0.84-0.87
2014	Rossignoli et al.	24 - pacientes	Desorden en usuarios de silla de ruedas	TI	Diferentes ROI	0.39-0.79

TI = Termografía Infrarroja; ICC = Coeficiente de correlación intraclase

Tabla tomada de Fernández-Cuevas et al. 2015.

Estos resultados nos indican que las soluciones de software son más rápidas y más precisas para el análisis de termogramas que los métodos manuales. Motivo por el cual, en las investigaciones actuales con termografía infrarroja se sugiere el uso de un software interpretativo para el fin específico en el que se quiera utilizar y siguiendo un protocolo estricto para que no pierdan validez (Fernández-Cuevas et al., 2015).

Aplicaciones Clínicas de la Termografía

Algunos de los primeros estudios sobre las aplicaciones clínicas de la termografía se realizaron en animales de competencia y de producción como ganado vacuno y terneros. Por ejemplo, en los 80's se evaluó el efecto de fármacos antiinflamatorios en caballos con inflamaciones inducidas químicamente; obteniendo como resultado que la TDI fue efectiva en la evaluación cuantitativa y cualitativa de los compuestos antiinflamatorios en el tratamiento de la inflamación inducida químicamente; en este mismo estudio se examinó a otro grupo de caballos con procesos inflamatorios agudos y crónicos y la termografía fue capaz de detectar con éxito abscesos, periostitis alveolar, una subluxación, entre otros (Purohit & McCoy, 1980).

Otro estudio en vacas demostró que la TDI puede ser útil en la detección rápida de mastitis bacteriana. (Metzner et al., 2015). Así también se demostró su efectividad en la detección temprana de enfermedades respiratorias en terneros (Schaefer et al., 2012), en el monitoreo de lesiones musculares de galgos (perros de carrera) (Vainionpää et al., 2012), entre muchas otras aplicaciones en animales (Rekant et al., 2016).

Por otra parte, en humanos algunas de las aplicaciones con mayor peso de la termografía en el área clínica incluyen el monitoreo de cáncer de mama, neuropatías diabéticas y desordenes vasculares.

Para cáncer de mama, la mamografía es considerada el estándar de oro estándar de oro y es la más utilizada a nivel mundial, sin embargo, no es efectiva para diagnósticos de tumores en mamas densas, fibroquísticas o en mamas con implantes; además de que el examen mamográfico presenta riesgo de radiación ionizante (Bezerra et al., 2013). Por ello, hay un creciente interés en métodos emergentes que ayuden al pronóstico oportuno de tumores malignos en mamas, sin riesgo de radiación y que sean eficientes, como lo es el ultrasonido y la termografía digital infrarroja (Kapoor & Prasad, 2010; Koay et al., 2004).

El científico Lawson R. N. (Lawson, 1956), fue el primero en usar la termografía para la detección de cáncer de mama, observando un incremento de 2 a 3 °C de la temperatura local de la piel en donde se encontraba el tumor, en comparación con el seno sano (Bezerra et al., 2013). Esta asimetría térmica se ha explicado en diversos artículos. Una de las razones de este incremento de temperatura ocurre como consecuencia del incremento descontrolado de la división celular de las células cancerosas y su habilidad para producir químicos que estimulan la angiogénesis cancerígena (Aplas et al., 2015). Uno de estos químicos bien conocidos, es el óxido nítrico, ya que las células cancerosas presentan una sobreproducción de esta, potenciando la vasodilatación en el área afectada y promoviendo la generación de nuevos capilares sanguíneos (Bezerra et al., 2013). Los estudios indican que la termografía puede ser capaz de detectar este incremento de temperatura en tumores cancerosos, caracterizándolos por al menos 0.7°C más calientes que la zona sin tumoración, y diferenciándose de los tumores o quistes benignos, que tienen una temperatura aún más baja que la zona sin afectación (Aplas et al., 2015).

En un estudio se comparó la precisión de la mamografía, el ultrasonido y la TDI evaluando la información de 2036 mujeres con alguna patología mamaria diagnosticada. Se encontró que la TDI tenía una mejor precisión en el diagnóstico de tumores benignos y malignos con < 2 cm de diámetro que los otros dos métodos ($P < 0.05$) y una mejor precisión que la mamografía cuando los tumores

eran > 2 cm de diámetro con un $P < 0.01$ (Yao et al., 2014). Por otra parte, en otro trabajo de investigación sobre la angiogénesis monitoreada por termografía, se reportó que en el 15% de los casos, la termografía ayudó a detectar cánceres que no eran visibles a través de la mamografía (Etehad et al., 2010).

Otras afectaciones, como la neuropatía diabética y los desórdenes vasculares, causan cambios en la temperatura de la piel, mismos que pueden ser monitoreados por la TDI (Lahiri et al., 2012). Por ejemplo, el pie diabético en su primera fase (neuropatía periférica), que es la más común en pacientes diabéticos, puede ser diagnosticada de forma temprana con la TDI (Lahiri et al., 2017). En un estudio se comparó la temperatura de los pies de pacientes diabéticos ($n=29$) y sujetos control ($n=25$). Se encontró una diferencia significativa en la temperatura del pie entre ambos grupos de estudio, donde la media del grupo con diabetes fue de $30.2 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ y la media del grupo control fue de $26.8 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$. En este estudio, además, se concluyó que la temperatura mayor estaba asociada a un aumento del riesgo de neuropatía diabética periférica (Sun et al., 2006). En otro estudio se reportó el apoyo diagnóstico de la TDI en desórdenes vasculares como las venas varicosas, también conocidas como várices. Los investigadores observaron un incremento de temperatura en la región tibial anterior por venas tortuosas que ocasionaban un flujo sanguíneo más lento, y que tenían como consecuencia una menor irrigación sanguínea hacia los dedos de los pies. Aunado a ello, los dedos presentaron una temperatura mucho menor a la normal en los termogramas y los pacientes reportaron dolor en la misma zona (Bagavathiappan et al., 2009).

Lesiones Deportivas

Los deportistas están expuestos constantemente al estrés físico, condición que incrementa el riesgo de padecer lesiones crónicas o agudas (Marins et al., 2013). De ahí que el diagnóstico y la localización rápida y apropiada de las áreas

sobreentrenadas es un paso importante en la elección del tratamiento (Aplas et al., 2015). Los atletas ocasionalmente presentan lesiones o dolor físico; sin embargo, aún con las pruebas estándar como la ecografía, resonancia magnética o tomografía computacional, los médicos no son capaces de determinar las verdaderas causas del dolor. Es por ello, que recientemente, los investigadores de la medicina deportiva se han interesado en la TDI, como una alternativa de evaluación por imagen.

En este sentido, la termografía ayuda y además permite especificar si el trastorno es una inflamación (aumento local de la temperatura) o daño al sistema nervioso autónomo, que se manifiesta por el enfriamiento local del área (Aplas et al., 2015). La TDI se ha utilizado para monitorear el perfil térmico y explorar anomalías térmicas características de procesos inflamatorios en futbolistas profesionales (Arnaiz-Lastras et al., 2014; de Andrade Fernandes et al., 2017; Maior et al., 2017), en atletas de combate (del Estal et al., 2017), en ciclistas de elite (Ludwig et al., 2016), en basquetbolistas (Sampedro et al., 2012), entre otras disciplinas deportivas. El potencial uso de la TDI en esta área, es gracias a su capacidad para detectar inflamación; e incluso lesiones desde las primeras etapas, donde la variabilidad en el flujo sanguíneo ya se produce, pero a menudo es imposible detectar mediante el uso de otros métodos, o bien, cursan sin dolor o sintomatología alguna (Hildebrandt et al., 2012).

Fisiología Muscular y su Relación con la Termografía

Temperatura del Músculo y la Piel en el Ejercicio

Durante el ejercicio, la temperatura central del cuerpo humano cambia, con la finalidad de evitar un sobrecalentamiento, debido a la cantidad de calor que se está generando en la contracción muscular (Hadžić et al., 2015); esto se debe a que el trabajo muscular incrementa el metabolismo de este tejido teniendo como consecuencia un aumento de temperatura. Como respuesta a ello, el calor

generado es recibido por el flujo sanguíneo de la zona y posteriormente transportada hacia la superficie del cuerpo en donde es eliminado por medio de la evaporación del sudor (Schlader et al., 2011).

En el inicio del ejercicio, se presenta una vasoconstricción cutánea debido al incremento del flujo sanguíneo hacia el músculo que está siendo trabajado, pero cuando el ejercicio es prolongado y la temperatura central se incrementa los mecanismos de regulación central causan vasodilatación y disipación de calor a través de la piel (Formenti et al., 2013), ver FIGURA 5. Concomitantemente con este proceso, la fuerza muscular disminuye durante el ejercicio prolongado, que conduce a la fatiga muscular (Abbiss et al., 2010). La fatiga muscular puede definirse como una disminución reversible de la fuerza contráctil que se produce después de una actividad muscular prolongada o repetida (Hadžić et al., 2015).

En sujetos sanos, la distribución de calor en ambos lados del cuerpo es simétrica, por ejemplo, la temperatura de la zona del cuádriceps izquierdo, es igual a la temperatura de la zona del cuádriceps derecho, sin embargo, la temperatura entre una zona anatómica y otra puede variar aunque sean del mismo lado, por ejemplo, la temperatura del bíceps braquial derecho es diferente a la temperatura del gastrocnemio de la pierna derecha (Hildebrandt, Raschner, & Ammer, 2010) (Ver FIGURA 6). esto se explica porque la temperatura de los tejidos, como el músculo, es dependiente del metabolismo y de la circulación sanguínea del mismo, es decir de la vasoconstricción y vasodilatación local, por ende, un músculo mayormente trabajado y/o hipertrofiado tendrá una mayor temperatura que su contraparte no trabajada o no hipertrofiada. Por otro lado, durante la presencia de inflamación local, como en el caso de una lesión muscular, el sistema termorregulatorio, controlado por el hipotálamo, puede dar lugar a una diferencia en la temperatura entre la zona dañada y su entorno inmediato (Aplas et al., 2015; Wendt, Van Loon, & Lichtenbelt, 2007).

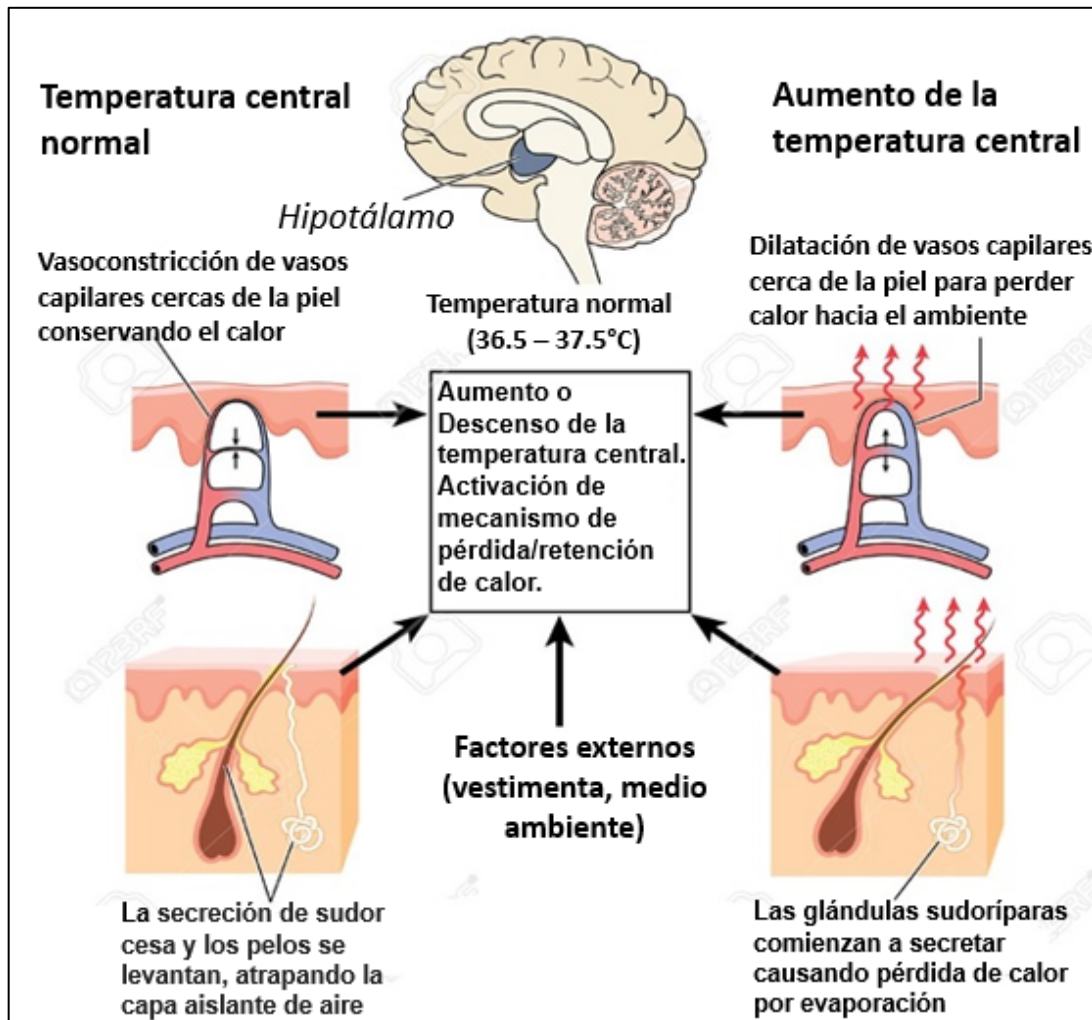


Figura 5. Esquema de la regularización de la temperatura central a través de la sudoración (tomado de <https://opentextbc.ca/anatomyandphysiology/chapter/24-6-energy-and-heat-balance/>).

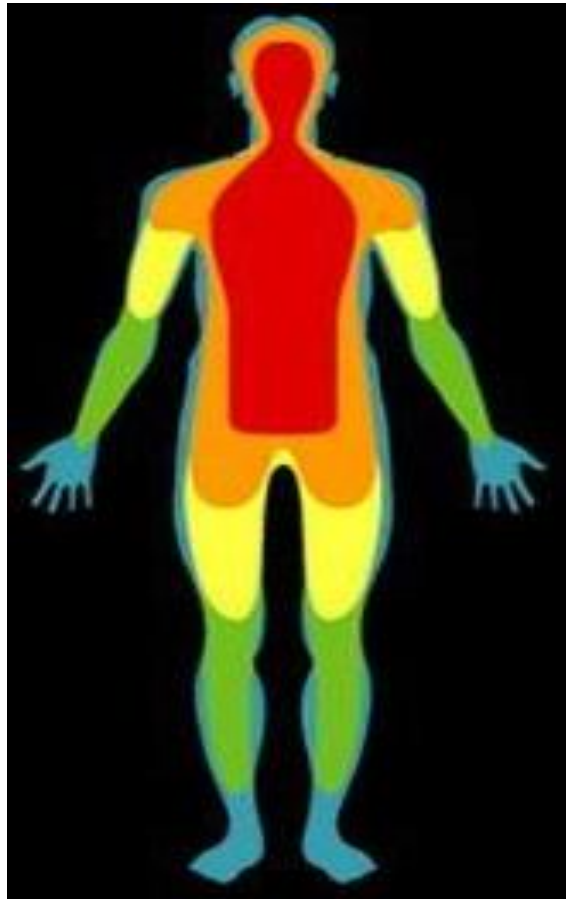


Figura 6: Simetría de la temperatura corporal. Las zonas de mismo color indican que la temperatura es simétrica.

El músculo esquelético, por ser un músculo estriado es de extrema riqueza vascular. La capilaridad está dada por el consumo energético y el tránsito de productos nutricionales y de desechos entre el musculo y el resto del sistema. Incluso, se calcula que en 1cm^2 se pueden observar alrededor de 200,000 capilares, y que en el músculo sometido a un trabajo intenso, esta cifra puede llegar a incrementarse 800 veces (Hernández-Corvo, 1989), he allí otra de las explicaciones por las cuales aumenta la temperatura muscular en el ejercicio, por el incremento de la actividad celular en el tejido, como consecuencia de la vascularidad y al incremento de los capilares (angiogénesis por heridas internas) (Etehad Tavakol et al., 2010); ver FIGURA 7.

Termografía Digital Infrarroja y la Fisiología Deportiva

En el estudio de Chudecka et al. (2015), se realizó una evaluación de la temperatura de la superficie corporal en un grupo de deportistas de remo (remeros), un deporte considerado simétrico por el trabajo muscular de ambos brazos que se realiza durante este deporte; y también se evaluaron a deportistas de handball o balón mano, un deporte considerado asimétrico por el hecho de ejercer un mayor trabajo muscular en un solo brazo, cuando es derecho o zurdo según sea el caso. El resultado de las evaluaciones fue lo que se esperaba por la naturaleza del trabajo muscular de los deportes. La temperatura de la superficie de la piel de las regiones de interés contralateral (brazo izquierdo y brazo derecho) de los remeros, tomada después del ejercicio fue simétrica, sin diferencias estadísticas significativas entre la temperatura de la superficie de la piel entre ambos brazos; caso contrario a lo que sucedió con los atletas de handball, ya que después de su práctica deportiva, se encontró asimetría de temperatura entre ambos brazos ($P \leq 0.01$). Por lo que, en este estudio se puso de manifiesto, que el uso de la termografía podría ser empleado para monitorear aquellas disciplinas deportivas donde el trabajo o ejercicio físico es simétrico

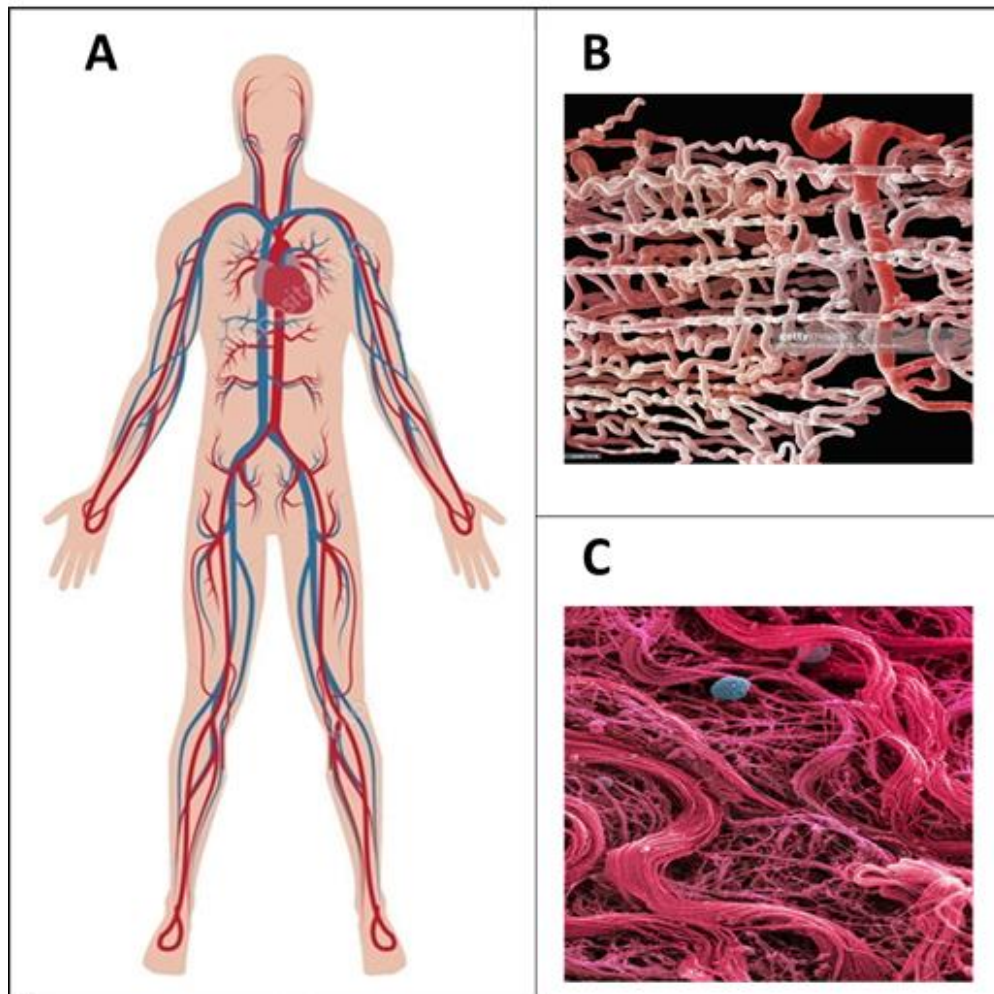


Figura 7. Representación esquemática de la red de capilares del cuerpo. A: cuerpo completo (tomado de: <https://mx.depositphotos.com/107318994/stock-illustration-human-circulatory-system.html>); B: capilares musculares con microscopía electrónica de barrido, SEM (tomado de: www.gettyimages.com/detail/photo/capillary-network-in-skeletal-or-striated-high-res-stock-photography/vis901114); C: Fibras de colágeno en el musculo esquelético visto con microscopía electrónica de barrido, SEM (tomado de: <https://tedkinsman.photoshelter.com/image/I0000IqShn7I6Q68>). La gran cantidad de curvaturas y lazos de los capilares y fibras les permiten cambiar de longitud en respuesta a la contracción y relajación muscular.

(remeros, por ejemplo), y que por ende, mantener la simetría muscular o bien, la temperatura de la superficie de la piel simétrica en ambas extremidades pueda ser la clave para un mejor desempeño deportivo (Chudecka et al., 2015).

En este sentido, el uso de la termografía puede ser una herramienta de apoyo para proveer información respecto a la simetría de la actividad muscular de cada uno de los atletas y usar esta información para implementar programas de entrenamientos óptimos, tratamiento fisioterapéutico y/o monitoreo constante. En otro estudio, Hadžić et al. (2015) encontraron que existe un incremento significativo de la temperatura de la piel de la región del músculo ejercitado, es decir, la temperatura de la piel que cubre la región del cuádriceps aumentó 1.1°C después del ejercicio en un cicloergómetro por 9 minutos a temperatura ambiente constante (23.5°C) mientras que, la temperatura de la piel que recubre los cuádriceps de la pierna control (la pierna contraria que no se ejercitó) disminuyó 0.7°C . Estos resultados concordaron con Formenti et al. (2013) y con Al-Nakhli et al. (2012), que informaron un incremento de la temperatura de la piel post-ejercicio de 1°C y 1.17°C respectivamente.

Incluso, los cambios de la temperatura de la piel han sido útil en estudios para monitorear la fatiga del atleta, Bartuzi et al. (2012) monitorearon la fatiga muscular por esfuerzo. En donde se observó que el incremento de la temperatura del bíceps braquial tuvo una relación estadísticamente significativa con los parámetros de la electromiografía, siendo este último el método estándar para evaluar la fatiga muscular.

En otro estudio, los autores investigaron el nivel de termorregulación de un área muscular local, el musculo-tendón del tobillo; en donde sometieron a un grupo de mujeres no entrenadas y a otro de mujeres entrenadas a realizar un ejercicio de carga constante localizado (elevación de talones por 2 minutos); en ambos grupos se aplicó la TDI al inicio y al final. En ambos grupos se observó un incremento de la temperatura en la zona estudiada de $1^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ y $0.4^{\circ}\text{C} \pm$

0.1°C en las mujeres entrenadas y en las no entrenadas respectivamente (Formenti et al., 2013).

Aplicación en el Fútbol Soccer

En un estudio hecho por Bandeira et al. (2012) se evaluaron a 18 futbolistas jóvenes del sexo masculino, con el objetivo de verificar la posibilidad del uso de termografía para el diagnóstico de lesiones causadas por el entrenamiento físico. Los atletas fueron divididos en dos grupos: 1) grupo control con entrenamiento de baja intensidad (aerobio al 55% de la frecuencia cardiaca máxima), y 2) grupo experimental con entrenamiento de alta intensidad (anaerobio al 80% RM). En ambos grupos se aplicó TDI en muslo; pero solo en el grupo 2 se evaluó el lactato y creatina cinasa en sangre antes y después de la prueba. Se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la temperatura de la ROI antes y después (24 h) ($P < 0.05$) para los tres músculos del fémur (Vasto medial, aductor y recto femoral) sólo en el grupo experimental. Así mismo, hubo una correlación positiva entre el nivel de lactato y creatina cinasa en el grupo 2. Con estos resultados, aunque no se puede confirmar con certeza si se presentaron lesiones musculares o no, sí se puede confirmar la presencia de inflamación gracias a la prueba de Creatin cinasa/Lactato y su ubicación, gracias a la TDI.

Las Lesiones Deportivas

Mecanismo de Lesión

Las lesiones musculares son las que se presentan en mayor medida en los deportistas (Järvinen et al., 2005; Prisk & Huard, 2003). Una lesión muscular, es una perturbación mecánica para los sarcómeros seguida de una respuesta inflamatoria, efectuada por la actividad del sistema inmunológico (Córdova, 2010).

Específicamente, las células satélite, las células inflamatorias (neutrófilos, macrófagos, linfocitos T, mastocitos, etc.), las células vasculares y las células estromales como los fibroblastos son las que interactúan entre sí dentro de la matriz extracelular del músculo esquelético, y de ellas dependerá la rapidez y efectividad de la recuperación de la lesión muscular (Peake et al., 2016). El proceso de la inflamación comienza desde los primeros minutos de ocurrida la lesión, cuando se liberan citocinas y factores de crecimiento de los vasos sanguíneos dañados y de células inflamatorias infiltrantes, que estimulan la migración de más células inflamatorias hacia el daño tisular, median la proliferación y la supervivencia celular, son las primeras líneas de ataque (Mann et al., 2011; Peake et al., 2016); Ver FIGURA 8.

Los signos y síntomas que normalmente aparecen como consecuencia de la inflamación son: hinchazón, dolor, enrojecimiento de la piel y aumento de la temperatura del sitio lesionado (calor) (Moreno-Eutimio & Acosta-Altamirano, 2014). Este proceso inicia con una fase de destrucción o degeneración, le sigue una fase de reparación y termina con una fase de remodelación (Järvinen et al., 2013). A continuación, se describen sus funciones.

- Fase de destrucción: En esta fase ocurre la ruptura y la consiguiente necrosis de las miofibras (Järvinen et al., 2005). En cuestión de horas la propagación de necrosis abarca las miofibras dañadas y se detiene de manera local gracias a la banda de contracción, evitando así que se extienda a lo largo del resto de las miofibras que no están dañadas (Hurme, Kalimo, Lehto, & Järvinen, 1991). Junto con la ruptura de las miofibras, los vasos sanguíneos del tejido muscular se rompen otorgando un acceso directo a las células inflamatorias. Además, las células satélites y las áreas necrotizadas de las miofibras liberan sustancias que funcionan como quimio-atrayentes incrementando la extravasación de las células inflamatorias; los macrófagos y fibroblastos son activados produciendo señales quimiotácticas (citocinas, quimiocinas y factores de crecimiento) produciendo una reacción rápida de

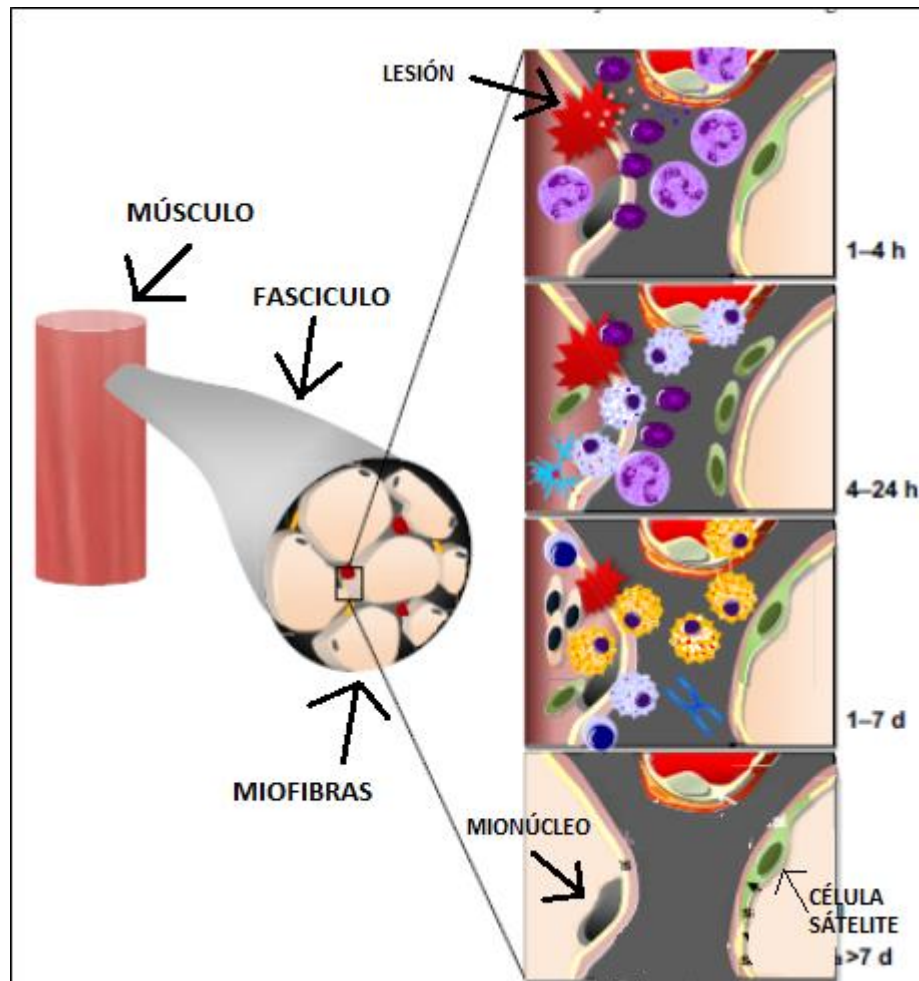


Figura 8. Proceso de Inflamación tras una lesión muscular, de 1 a 4 horas, hasta >7 días. De 1 a 4 h comienza la migración de células inflamatorias atraídas por las células satélite y las citocinas, a lo largo del día los leucocitos polimorfonucleares llegan a la zona dañada que eventualmente se convertirán en macrófagos y se encargan de fagocitar el tejido necrosado y otros cuerpos extraños; entre 1 y 7 días los mioblastos forman los miotubulos multinucleados que saturan el espacio dañado, y eventualmente las miofibras van adquiriendo su forma madura con estriaciones cruzadas normales, y los mionúcleos localizados en la periferia van formando una cicatriz (Fuente: Peake et al. 2016).

las células inflamatorias (Järvinen et al., 2005). Este proceso induce a la generación de un hematoma entre los muñones de las miofibras, ya que los vasos sanguíneos que han sido dañados dejan salir su contenido sanguíneo hacia el espacio intersticial (Järvinen et al., 2013). Al inicio de esta fase, es decir, cuando ocurre la lesión muscular, los leucocitos polimorfonucleares son los más abundantes en el sitio dañado, pero en el transcurso del día van siendo reemplazados por monocitos y eventualmente se van irán transformando en macrófagos, para participar en la proteólisis y fagocitosis del material necrótico mediante la liberación de enzimas lisosómicas, de este modo quedan libres las láminas basales de las miofibras que no fueron dañadas sirviendo como andamios dentro de los cuales las células satélites comenzarán la formación de nuevas miofibras (Järvinen et al., 2005). Esta fase tiene una duración de 1 a 3 días (Baoge et al., 2012).

- Fase de Reparación (curación): Consiste en la fagocitosis del tejido necrosado, la regeneración de las miofibras y la producción del tejido conectivo cicatrizante, así como el crecimiento capilar en el área dañada (Järvinen et al., 2005). En esta etapa, las células satélites proliferan y luego se diferencian en mioblastos para unirse entre sí y formar miotubulos multinucleados. Estos miotubulos se fusionan con la parte de la miofibra que no ha sido dañada, rellenando el espacio formado entre los dos extremos de la miofibra lesionada (Robi et al., 2013). Eventualmente, las miofibras van adquiriendo su forma madura con estriaciones cruzadas normales y mionúcleos localizados en la periferia (Järvinen et al., 2005). Después de esto, ocurre la formación de una cicatriz de tejido conectivo formado por fibrina y fibronectina derivada de la sangre del hematoma que se formó inmediatamente después de la lesión. El tejido cicatrizal proporciona la fuerza muscular para soportar las contracciones y también les da a los fibroblastos un sitio de anclaje para invadir el tejido de granulación (Robi et al., 2013). Sin embargo, si la proliferación de los fibroblastos es excesiva, se forma un tejido

cicatrizal denso intramuscular interfiriendo no solo con la reparación y regeneración del tejido, sino que también irrumpe en el proceso de la tercera fase (remodelación) ocasionando una recuperación incompleta del musculo lesionado (Järvinen et al., 2007). Antes de pasar a la fase de remodelación, tiene lugar la vascularización del área lesionada; los nuevos capilares brotan de los troncos de los vasos sanguíneos supervivientes hacia el centro de la lesión para proporcionar oxígeno suficiente que permita el metabolismo de la energía aeróbica para las miofibras de regeneración (Järvinen et al., 2005). Esta fase tiene una duración de 3 a 4 semanas (Baoge et al., 2012).

- **Fase de Remodelación:** Esta fase ocurre durante el periodo en el cual se da la maduración de las miofibras regeneradas, la reorganización y contracción del tejido cicatrizado, y la recuperación de la capacidad funcional del músculo (Järvinen et al., 2005). En esta fase se forman las miofibras maduras al mismo tiempo que el tejido cicatrizal se reorganiza y se contrae (Järvinen y col., 2005; Fukushima y col., 2001). Esta fase tiene una duración de 3 a 6 meses, aunque el tejido cicatrizal comienza a formarse a los 3 o 4 días después de producirse la lesión (Baoge et al., 2012). Este proceso comienza a la par de la fase de reparación, pero su duración es más larga, y no termina hasta que el músculo quede totalmente funcional. En la FIGURA 9 se observa un esquema general de estas fases.

Epidemiología de las Lesiones Deportivas

La epidemiología de las lesiones deportivas es el estudio de las variables que intervienen en la aparición de lesiones y su distribución en un grupo de atletas, con el propósito de establecer medidas de prevención (Pascual, Pérez, & Calvo, 2008). La mayoría de las lesiones deportivas ocurren en la práctica de fútbol, seguido del baloncesto y fútbol de sala. Varios estudios coinciden en que las rupturas musculares y ligamentosas son las lesiones con mayor incidencia en las

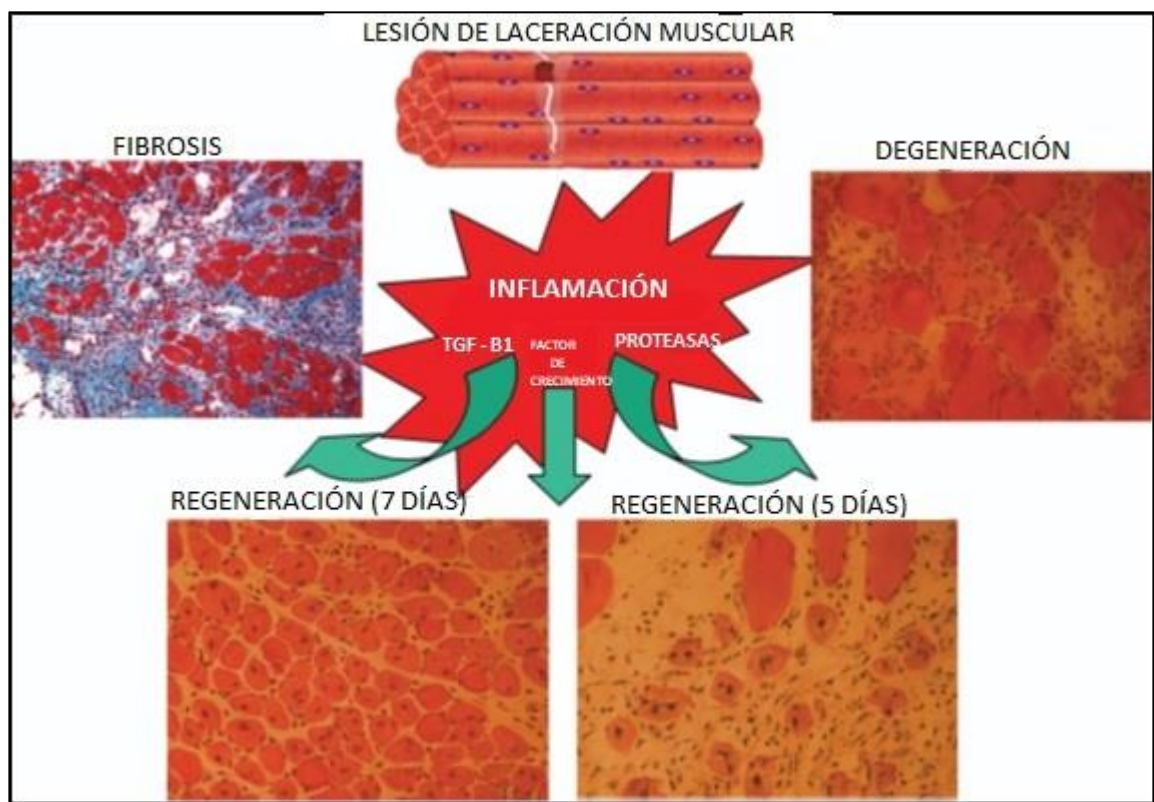


Figura 9. Esquema general de las fases de una lesión muscular (imagen tomada de Prisk & Huard, 2003).

extremidades inferiores (García et al., 2012; Pascual et al., 2008). La zona de las rodillas, son las más susceptibles a sufrir durante una lesión deportiva (FIGURA 10). Las lesiones se presentan en mayor medida entre los 15 y los 25 años, afectando tanto en hombres como en mujeres (Pascual et al., 2008).

En un estudio, se evaluó la incidencia de lesiones que se presentaron en equipos europeos de fútbol meses antes de la Copa Mundial 2002. Se encontró que se producen aproximadamente 9 lesiones por cada 1000 h de juego (entrenamiento y competencia) (Ekstrand, Waldén, & Hägglund, 2004). Las investigaciones en general concluyen que los deportes intermitentes como el fútbol, el rugby y el baloncesto, que requieren periodos de alta intensidad, actividad repetida de sprint y cambios de velocidad y dirección, provocan daño muscular significativo y una disminución prolongadas de la función motriz (Keane, Salicki, Goodall, Thomas, & Howatson, 2015).

Pese al auge de las prácticas deportivas, aún son escasos los datos epidemiológicos de los que se dispone sobre la incidencia y prevalencia de lesiones deportivas. En general, los reportes coinciden en que los jugadores de fútbol soccer son los más expuestos y con mayor probabilidad de lesiones. (Pascual et al., 2008).

Clasificación de Lesiones

Las lesiones deportivas pueden ser divididas en dos grandes grupos: lesiones agudas o accidentes deportivos y lesiones por sobrecarga o crónicas. Las lesiones agudas, al considerarse accidentes, deben investigarse epidemiológicamente como tales; las lesiones por sobrecarga pueden identificarse más con procesos subagudos y crónicos (Pascual et al., 2008). Estas patologías también han sido divididas como “acciones aisladas” asociadas a traumatismos esporádicos o como “acciones por repetición” asociadas a microtraumatismos repetidos (Cos et al., 2010).



Figura 10. Ubicación anatómica de las rodillas. La zona más afectada por lesiones en futbolistas.

Nutrición Deportiva y Composición Corporal en el Fútbol

Muchas investigaciones biomédicas relacionadas con el fútbol se han centrado en tres áreas principales: 1) las demandas fisiológicas del juego; 2) las características antropométricas, capacidades fisiológicas y de rendimiento de los jugadores; y 3) el uso y biodisponibilidad de los sustratos de energía durante el entrenamiento o juego (García-Rovés et al., 2014). Estas investigaciones han tenido como objetivo el desarrollar pautas nutricionales apropiadas para los jugadores, optimizar su rendimiento deportivo, promover una recuperación post-entrenamiento o post-partido, mantener el peso corporal y la condición física apropiada, y minimizar el riesgo de lesiones y enfermedades (Boisseau et al., 2007; García-Rovés et al., 2014; Maughan & Shirreffs, 2007).

Cuando se busca conocer la conducta alimentaria o ingesta nutricional de los futbolistas, la mayoría de los estudios aplicados tanto a hombres como mujeres, han revelado que no se cumple con todas las características de la dieta correcta; estas son: completa, equilibrada, inocua, suficiente, variada y adecuada (Abood et al., 2004; Gravina et al., 2012; Iglesias-Gutiérrez et al., 2012; Russell & Pennock, 2011). Los estudios recalcan la importancia que tiene el realizar una intervención nutricional para corregir esta problemática, ya que el incumplimiento de cualquiera de las características de la dieta correcta puede conducir a una disminución del rendimiento deportivo y a desajustes fisiológicos que merman la calidad de vida del deportista (García-Rovés et al., 2014). En el 2004 se reportó un estudio donde realizaron una intervención nutricional de 8 semanas en futbolistas del sexo femenino. En este estudio se observó que las jugadoras no sólo incrementaron su conocimiento nutricional, sino que también aumentó la autoeficacia ($P < 0.05$) y la mejora en cambios dietéticos positivos ($P < 0.03$) (Abood et al., 2004). Sin embargo, no se conocen muchos estudios como este.

En el fútbol, además de la influencia que ejercen la genética y el entrenamiento individual en el rendimiento deportivo, se puede considerar la dieta del deportista como uno de los factores más importantes a la hora de optimizar dicho rendimiento. Por ello, cumplir los requerimientos de ingesta energética y nutricional influirá positivamente en el rendimiento, tanto físico, deportivo y mental de los futbolistas. Una nutrición no apropiada, puede contribuir a la aparición de lesiones deportivas (González-Neira et al., 2015).

A continuación, se describen algunos aspectos a considerar en cuanto al consumo adecuado de los nutrimentos, específicamente en atletas y la relación que guarda con la prevención de lesiones deportivas.

Deficiencias de Minerales y Vitaminas

Las vitaminas y minerales juegan un papel crucial en la salud, pero sin duda en los atletas, las demandas pueden aumentar. Por ejemplo, en las atletas mujeres, el consumo de hierro puede verse comprometido si no se lleva a cabo una ingesta adecuada de este mineral, puesto que la pérdida del mismo, por medio de la menstruación, obliga a que la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) sea mayor que la de los hombres. Sin duda alguna, todos los micronutrimentos son importantes para las funciones metabólicas del cuerpo humano, a continuación, se detallan algunos de ellos y que pueden influenciar una lesión.

- a) Hierro: Al hierro se le atribuyen numerosos papeles biológicos, sin embargo, en la cuestión deportiva, el más importante es el rol que juega en la incorporación dentro de la hemoglobina y mioglobina; proteínas responsables del transporte y suministro de oxígeno en todo el organismo (McClung et al., 2014). De hecho, se ha puesto en evidencia como una deficiencia de hierro puede afectar el rendimiento deportivo; una de las razones es que el consumo máximo de oxígeno (VO₂ max) es menor cuando los niveles de hemoglobina son bajos por una deficiencia de hierro (Woodson et al., 1978).

Además, en el cerebro, el hierro funciona como cofactor de las enzimas encargadas de la síntesis de neurotransmisores, como son la triptófano y tirosina hidroxilasa por ejemplo, y una deficiencia de este mineral se ha relacionado con el deterioro de la función cognitiva y el comportamiento del individuo (McClung et al., 2014). El estado del hierro puede verse afectado por muchos factores, uno de ellos es debido a los componentes fenólicos, estos componentes, cuando se ingieren en la dieta junto con el hierro, se unen al hierro bloqueando su afinidad por el transportador de metal divalente (DMT-1, proteína responsable de su absorción) evitando su absorción en el enterocito (McClung et al., 2014). Otro factor, es el hábito alimentario, esto se da más en mujeres atletas que en hombres, ya que tienden a incurrir a una restricción calórica, a excluir alimentos (como la carne roja y legumbres) y al vegetarianismo (Manore, 2002). Cabe mencionar que la cantidad diaria recomendada (RDA, por sus siglas en inglés) en mujeres es mayor que la de los hombres, 8 mg/día en hombres, mientras que en mujeres es de 18 mg/día (mayor a 18 años de edad en ambos casos) debido a la pérdida de hierro que ocurre en la menstruación (Harvey et al., 2005); por lo que, es muy fácil no llegar a cumplir con el RDA en el caso de las mujeres (McClung et al., 2014). Otro factor que puede disminuir el estado férrico es la inflamación, específicamente la inflamación aguda post-entrenamiento, llevando a un incremento de los niveles de interleucina-6, una citocina proinflamatoria. Esta citocina estimula la expresión de hepcidina, una hormona reguladora de la homeostasis del hierro, que puede afectar la absorción de este mineral en el borde del cepillo, así como la exportación de hierro basolateral del enterocito y del macrófago. El hierro puede ser consumido por medio de productos cárnicos, como hierro hemo, tiene mejor biodisponibilidad que el hierro no-hemo, encontrado en productos fortificados y algunos vegetales y leguminosas (McClung et al., 2014). Otra solución al déficit de hierro puede ser la suplementación, en un estudio doble ciego, donde participaron 37

atletas mujeres con deficiencia de hierro, se suplementó con hierro al grupo de estudio y con un placebo al grupo control. La evaluación se realizó en un cicloergómetro por 8 semanas (15 km contra reloj), observándose que en las mujeres de estudio, el gasto energético fue menor que las mujeres control ($P < 0.05$) y el uso fraccional del consumo máximo de oxígeno fue mejor en las que fueron suplementadas con hierro ($P < 0.05$) (Zhu & Haas, 1998).

- b) Calcio: El calcio es un mineral esencial para el desarrollo de los huesos, su mantenimiento y su fortalecimiento. También es indispensable en la contracción muscular y en la conducción nerviosa, es por ello que cuando los niveles circundantes de calcio son bajos, la hormona paratiroidea extrae calcio de huesos, incrementa la reabsorción de calcio en los túbulos renales y en el intestino, para compensar los niveles circundantes bajos de calcio (Brown, 2013). Esta hormona, trabaja en conjunto con la forma activa de la vitamina D, la 1,25-dihidroxi vitamina D ($1,25(\text{OH})_2\text{D}$), por lo que el estado circulante adecuado de la vitamina D, permitirá compensar los niveles bajos de calcio circundante por medio de señales autocrinas y paracrinas (Holick, 2004). El Instituto de Medicina (IOM, por sus siglas en inglés) recomiendan una ingesta diaria en mujeres de 1000 mg de calcio (edades entre 19 – 50 años). De hecho varios estudios sugieren que consumir calcio por encima de los valores del RDA (>1000 mg) es un factor protector en contra de fracturas por estrés en corredoras de larga distancia (Nieves et al., 2010).
- c) Vitamina D: La vitamina D juega un papel crucial en la homeostasis del calcio, por lo que su función y biodisponibilidad influirá en la función que desempeñe el calcio. El IOM recomienda una ingesta diaria de 600 IU de Vitamina D para mujeres de edades entre 19 – 50 años, independientemente de la exposición al sol, con lo cual se aseguraría 20 ng/mL en sangre, estableciendo una densidad mineral adecuada, reduciendo la mala absorción de calcio y el riesgo de fracturas (McClung et al., 2014). En atletas, algunos de los factores, además de la dieta inadecuada, que propician una deficiencia de vitamina D,

es entrenar a puerta cerrada, bajo techo, reduciendo o limitando la producción de vitamina D endógena, potenciada por los rayos del sol. En cuanto a la suplementación de calcio y vitamina D, se recomienda 2000 mg/d y 800 UI/d respectivamente en poblaciones susceptibles como los son los atletas de alto rendimiento (McClung et al., 2014).

Estos son sólo algunos de los micronutrientes que pueden verse afectados al no cumplir una dieta correcta y que pueden mermar el rendimiento del atleta, sobre todo futbolistas.

Macronutrientes

a) Carbohidratos: Una ingesta adecuada de carbohidratos promueve el rendimiento deportivo, por ejemplo, las dietas altas en carbohidratos o soluciones de carbohidratos consumidas antes del ejercicio permite un incremento en las concentraciones de glucógeno muscular, retrasando la fatiga y promoviendo el rendimiento (Burke et al., 2011). En el fútbol, se han encontrado mejoras en las distancias totales recorridas por los futbolistas, en la capacidad de realizar actividades de alta intensidad, así como en el rendimiento técnico y una reducción en la utilización neta de glucógeno muscular a lo largo del juego (García-Rovés et al., 2014). De hecho, se ha demostrado que una ingesta moderada de carbohidratos (5 g/kg de peso corporal) hasta por un mes, puede no reducir la capacidad de los atletas entrenados para completar sesiones de entrenamiento rigurosos; no obstante, una dieta alta en carbohidratos (> 7gr/kg de peso corporal) sí optimiza el rendimiento deportivo y no compromete al funcionamiento del cuerpo del atleta para cumplir las demandas futbolísticas (García-Rovés et al., 2014; Hawley et al., 2006). En futbolistas, es importante mantener un consumo de 55-60% de carbohidratos, ya que cuanto más glucógeno y glucosa haya disponibles para el músculo, más rápido y durante más tiempo podrán correr los jugadores (González-Neira et al., 2015). Este es un hecho

muy importante ya que un inadecuado suministro de energía proveniente de los macronutrientes puede afectar la salud (Solon-Biet et al., 2014) (Hargreaves, 1994).

- b) Proteínas: Distintos autores recomiendan una ingesta de proteínas de 1.2 hasta 1.7 g/kg de peso corporal en atletas (García-Rovés et al., 2014); en cuanto a futbolistas, hay estudios que mediante pruebas para determinar el balance de nitrógeno, concluyeron que la ingesta promedio de proteína diaria que deben consumir los futbolistas es de 1.57 gr/kg de peso corporal; las limitantes de este estudio es que fue aplicado en futbolistas adolescentes (13.8 ± 0.1 años) y sólo en el sexo masculino (Boisseau et al., 2007). A pesar de las limitantes, la ingesta de proteína cae dentro del rango recomendado (1.2 – 1.7 gr/kg de peso corporal). Otros autores, sugieren que la ingesta de proteínas de futbolistas mujeres siga la misma recomendación que en varones (García-Rovés et al., 2014). A pesar de ello, se ha observado que las mujeres mantienen un rango más bajo del consumo recomendado de proteínas que los hombres, con una ingesta promedio de 1.2 -1.4 gr/kg de peso corporal y 1.5 – 1.8 gr/kg de peso corporal respectivamente (García-Rovés et al., 2014). Estos son sólo algunos de los resultados obtenidos en algunos trabajos, sin embargo, se necesitan más estudios de hábitos alimentarios en futbolistas, para saber realmente si la calidad de proteínas es la indicada y si la dieta cumple las 6 características de la dieta correcta. Según algunos estudios, las proteínas pueden desempeñar una función importante en la recuperación muscular post-esfuerzo, en la reparación de tejidos dañados, en el balance positivo de nitrógeno circulatorio para las funciones anabólicas y para el uso óptimo de aminoácidos (Santos et al., 2016). Por lo que se sugiere cubrir a diario las necesidades dietarias de este macronutriente.

c) Lípidos: No hay muchos reportes sobre el consumo de lípidos en futbolistas; sin embargo, como en otros deportes mixtos debe asegurarse su consumo, especialmente en periodos de descanso o post-entrenamiento (García-Rovés et al., 2014). En general, se sugiere que la cantidad de lípidos en la dieta sea calculada una vez cubiertos los requerimientos de los carbohidratos y proteínas, pero que su aporte sea menor al 30% de las kcal totales, de los cuales del 6 al 11% de las kcal totales sean ácidos grasos poliinsaturados y menos del 10% sean ácidos grasos saturados (Clark, 1994; Rodríguez et al., 2009; Thomas et al., 2016). Sin embargo, hay varios estudios en donde se ha encontrado ingestas de lípidos superiores al 30% de las kcal totales, sobre todo en futbolistas del sexo masculino; concomitante a esto, es muy probable que resulte en una distribución calórica inadecuada, y principalmente deficiente en carbohidratos (García-Rovés et al., 2014). En cuanto a los futbolistas, se recomienda que su ingesta de lípidos totales no sea mayor de 29 – 30 %, siendo el límite de lo recomendado (García-Rovés et al., 2014). En general, cuando se evalúan atletas que no cumplen con lo recomendado, se recomendaría una intervención nutricional para orientar sobre la distribución adecuada de macronutrientes, los tipos de ácidos grasos y brindar dietas personalizadas, siendo esta la mejor opción. El American College of Sport Medicine (ACSM) recomienda un consumo de grasas en la dieta de 25-30% de las kcal totales disminuyendo este porcentaje conforme se acerca la competición y llegando a ser nulo durante la misma (Medicine & Association, 2000; Thomas et al., 2016).

La Composición Corporal Influye en el Rendimiento

Además de la alimentación, la composición corporal es uno de los factores que pueden favorecer o perjudicar al rendimiento deportivo. Por ejemplo, la presencia de valores bajos de grasa corporal en el deportista (<6%) se asocia con deterioro

de la salud y del rendimiento deportivo, sin embargo, un exceso de grasa corporal tampoco es bueno (Campbell & Wisniewski, 2017; González-Neira et al., 2015). En la TABLA II se muestran los rangos estimados promedios de grasa corporal en atletas masculinos y femeninos y el deporte.

Si consideramos que en un partido de fútbol se recorren cerca de 10 kilómetros en 90 minutos, a una frecuencia máxima entre el 80 y 90%, entonces resulta difícil que deportistas con valores de grasa por arriba de lo recomendado resistan el partido (Polman, Walsh, Bloomfield, & Nesti, 2004). El tejido graso actúa como peso muerto, limitando la realización de acciones rápidas, como el frenado, cambio de dirección y aceleración (Barraza, Yáñez, Báez, & Rosales, 2015). En otro estudio se evaluaron los cambios ocurridos en los equipos femeninos de Serbia y Montenegro, mostrando que al disminuir el índice de masa corporal (IMC) en un 3.75% y la grasa en un 1.7%, se puede aumentar en un 18.4% el VO₂max (Mladenović, 2005).

Por otro lado, aumentar la masa muscular no suele ser conveniente en deportes de resistencia, pero sí en los deportes de fuerza (González-Neira et al., 2015), mientras que, en los deportes de equipo, como lo es el fútbol, en ocasiones es difícil decidir si el aumento de masa muscular favorece o no al rendimiento deportivo. Sin embargo, mantener un porcentaje adecuado de masa magra es ideal para favorecer a las reservas del glucógeno intramuscular (Santos et al., 2016). El nivel adecuado de masa muscular, sobre todo en las extremidades inferiores de futbolistas mujeres, se ha relacionado con una mayor fuerza en comparación con las sedentarias, y un mejor soporte de peso y carga de impacto, dando también protección ósea (Söderman et al., 2000).

Aunque no hay una recomendación fija del porcentaje de masa muscular que deben de tener las futbolistas, Sedano et al. 2009, observó en su estudio un porcentaje medio de masa muscular de 41.48 ± 0.94 % en 100 futbolistas femeninas de primera división.

Tabla II. Porcentaje de grasa promedio de atletas masculinos y femeninos y su respectivo deporte.

Deporte	Hombre (%)	Mujer (%)	Deporte	Hombre (%)	Mujer (%)
Béisbol	12 - 15	12 - 18	velocidad, 100 m	8 - 10	12 - 20
Basquetbol	6 - 12	20 - 27	soccer	10 - 18	13 - 18
Fisicoculturismo	5 - 8	10 - 15	voleibol	11 - 14	16 - 25
Gimnasia	5 - 12	10 - 16	natación	9 - 12	14 - 24
Maratonistas	5 - 11	10 - 15	ciclismo	5 - 15	15 - 20

Tabla adaptada de Campbell y Wisniewski, 2017

El somatotipo. El Somatotipo es una medición que permite una aproximación al conocimiento de la composición corporal y morfotipo del atleta, y en consecuencia, a la selección y orientación de los deportistas en la búsqueda de un máximo rendimiento (Clavijo-Redondo et al., 2016; Herrero de Lucas et al., 2004). Para obtener el somatotipo se requiere de la cineantropometría, que ha sido definida como “la ciencia que se encarga de la utilización de la medida en el estudio del tamaño, forma, proporción, composición corporal y maduración del cuerpo humano, con el objetivo de un mejor conocimiento del comportamiento humano en relación con el crecimiento, desarrollo y envejecimiento, la actividad física y el estado nutricional” (Clavijo-Redondo et al., 2016). El somatotipo se divide principalmente en tres clasificaciones: 1) Endomorfo (predomina la grasa corporal); 2) Mesomorfo (predomina la masa muscular) y 3) Ectomorfo (predomina la delgadez); pero puede haber combinaciones de estas (Ryan-Stewart et al., 2018).

Finalmente, la atención integral de un atleta requiere no sólo seguir el ABCD del diagnóstico nutricional, también se requiere de especialistas de otras áreas que se encarguen de puntos específicos, incluyendo la atención psicológica; todo con un fin: incrementar el rendimiento deportivo con el mínimo de lesiones posibles. Para ello, es crucial tener en consideración las medidas preventivas para evitarlas (FIGURA 11).

En este sentido, el presente proyecto de tesis se enmarca del interés de la Universidad de Sonora en incrementar los logros competitivos de los deportistas representativos de la institución. Actualmente, existe un programa de Alto Rendimiento Deportivo. El programa tiene como objetivo detectar y seleccionar a los estudiantes con características y habilidades deportivas e integrarlos a los grupos deportivos por especialidad. Además, a través de un entrenamiento sistematizado se pretende potenciar al máximo sus capacidades motrices y volitivas orientados a lograr el máximo rendimiento deportivo en las competencias deportivas municipales, estatales, nacionales e internacionales.

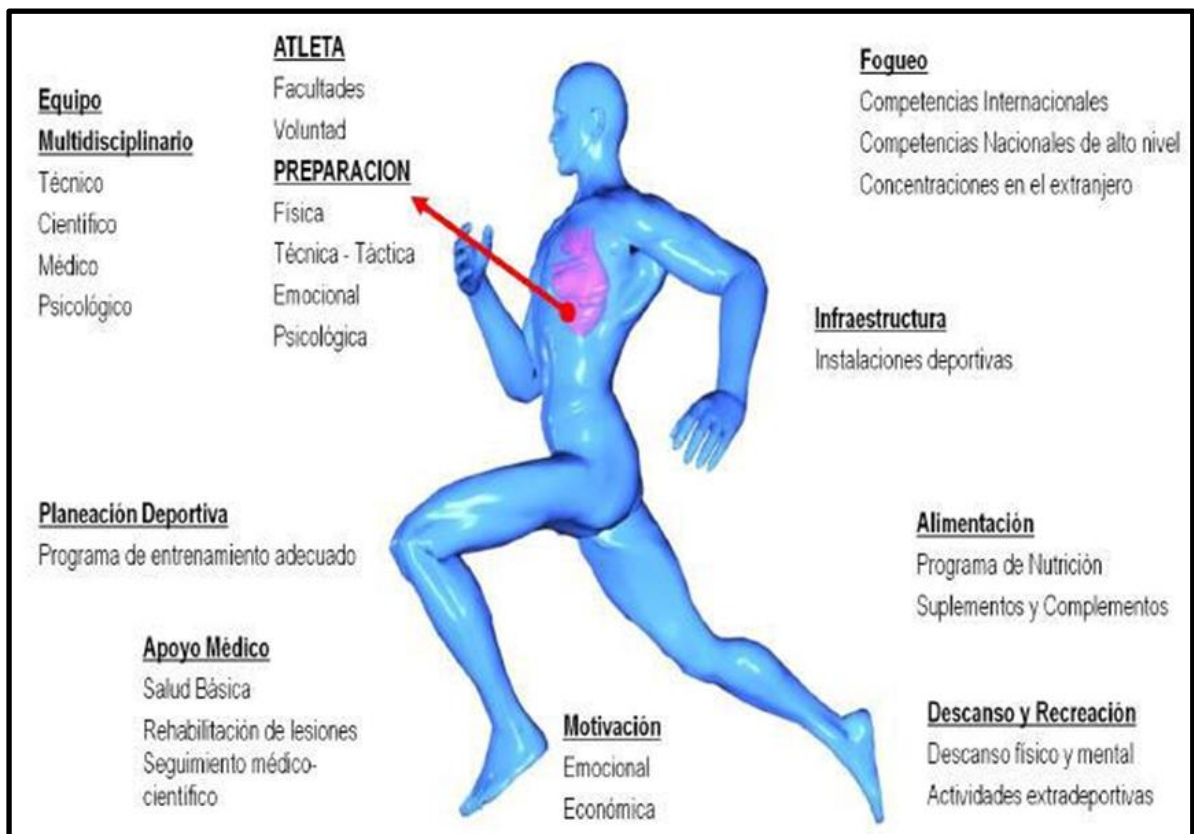


Figura 11. Atención integral del atleta. Se requiere la participación de especialistas de varias áreas, para evitar lesiones y lograr mantener o incrementar el rendimiento del atleta.

Sin embargo, un problema común en deportistas de alto rendimiento es la presencia de lesiones musculoesqueléticas, tanto agudas como crónicas. Esto no solo afecta el rendimiento físico del atleta, sino también puede eliminar la oportunidad de competir y de obtener medallas. Detectar el daño tisular temprano o una lesión a tiempo, puede ser crucial para el tratamiento y/o recuperación del atleta. Varios trabajos muestran que cuando hay lesiones deportivas, ocurren reacciones inflamatorias en la zona de la lesión con un aumento de la temperatura.

En años recientes ha habido un creciente interés en un método práctico y confiable para detectar anomalías térmicas cutáneas asociadas a lesiones deportivas. Estas anomalías son características de lesiones tempranas. La Termografía Digital Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin contacto, medir y visualizar temperaturas de superficies con precisión. No es invasiva, y detecta en cualquier región de interés de la superficie corporal el incremento o disminución de la temperatura de la piel. Cuando se presentan lesiones, se observan cambios asimétricos en el patrón de temperatura dependiendo de la ubicación y tipo de lesión, incluso por sobreentrenamiento. Estos cambios pueden detectarse con la TDI incluso valores cercanos a 0.1 °C.

Por ello, en este proyecto se buscó implementar por vez primera en la Universidad de Sonora y en el país un protocolo conjunto de termografía digital infrarroja y evaluación nutricional para la valoración de lesiones deportivas en atletas universitarias de alto rendimiento del equipo de fútbol soccer. El estudio abarca las diferentes etapas de la temporada deportiva. Tanto la valoración nutricional como la TDI juegan un papel importante en el monitoreo y en el manejo de la salud del atleta de alto rendimiento. La información obtenida puede ser de gran valor para la toma de decisiones en cuanto a continuar el entrenamiento, participar en la competencia e incluso, cuando hay lesiones o sospecha de estas, remarcando así la importancia del uso conjunto de nuevas tecnologías como la TDI en el ámbito de la nutrición deportiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de Estudio

Se llevó a cabo un estudio exploratorio, no experimental, de tipo longitudinal de panel, donde las evaluaciones subsiguientes se realizaron en los mismos sujetos dentro del mismo grupo en diferentes tiempos. En este proyecto se evaluó la implementación de un protocolo conjunto de termografía digital infrarroja y evaluación nutricional para la valoración de lesiones deportivas en atletas universitarias de alto rendimiento del equipo de futbol soccer de la Universidad de Sonora. El estudio se realizó en tres etapas: precompetencia (etapa uno), competencia (etapa dos) y postcompetencia (etapa tres). Estos serán los términos que se usarán a lo largo de la descripción metodológica del estudio y los resultados. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Sonora (APÉNDICE 1).

Sujetos

Participaron 11 Jugadoras del equipo representativo de futbol soccer de la Universidad de Sonora. La muestra fue seleccionada por conveniencia, no probabilística. A todas las participantes se les informó y explicó todo el procedimiento, los riesgos y contraindicaciones del proyecto. Todas las participantes firmaron el formato de consentimiento informado (APÉNDICE 2).

Criterios de Inclusión

Se consideraron a futbolistas del sexo femenino del equipo representativo del equipo de futbol soccer y futbol rápido de la Universidad de Sonora; con edades de 18 a 24 años, que desearan participar y que hayan firmado el consentimiento informado.

Criterios de Exclusión

Se excluyeron a las jugadoras que no asistieron a los partidos ni a los entrenamientos por causas injustificadas, aquellas que no hayan firmado el consentimiento informado, aquellas que no hayan completado las evaluaciones correspondientes del proyecto y/o hayan abandonado al equipo de futbol antes de terminar el proyecto y también aquellas que no cumplieron con los requisitos previos a la evaluación termográfica, así como por enfermedad.

Plan de Trabajo

Primeramente, se verificó que el plan de trabajo del proyecto cumpliera con los principios éticos establecidos en la declaración de Helsinki; una vez verificado esto, se creó un escrito formal dirigido al Comité de Bioética en Investigación de la Universidad de Sonora, solicitando su aprobación, del cual se obtuvo un dictamen favorable. Posterior a ello se inició con el plan de trabajo y reclutamiento.

El proyecto se dividió en tres fases:

- 1) Fase precompetitiva, llevada a cabo en el mes de 9 al 16 de agosto del 2017.
- 2) Fase competitiva, llevada a cabo del 24 de octubre al 14 de noviembre del 2017.
- 3) Fase post-competitiva, llevada a cabo del 04 al 13 de abril del 2018.

En cada fase se aplicó la termografía digital infrarroja a la misma hora (8:00am a 11:00 am), una evaluación nutricional y un historial clínico y de lesiones (FIGURA 12). Esto con la finalidad de dar seguimiento al comportamiento de los termogramas basales con respecto a cada una de las etapas.

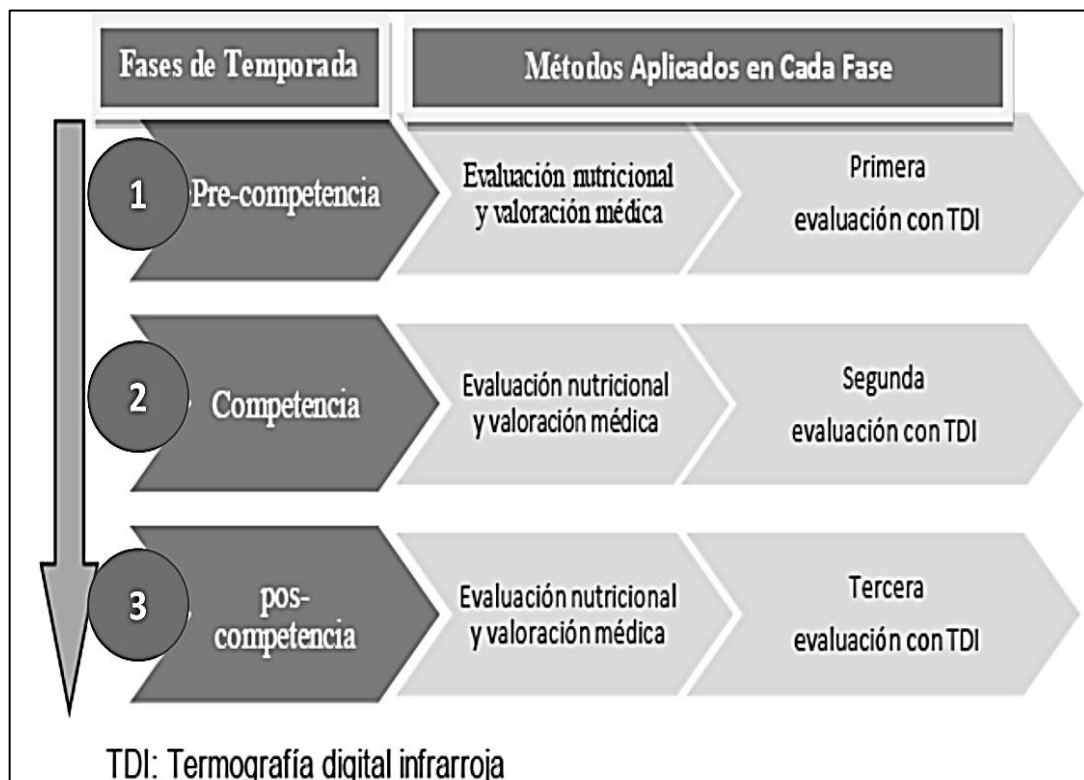


Figura 12. Planeación metodológica.

Reclutamiento y Adherencia

Junto con el departamento de cultura física y deporte se seleccionó a las atletas de interés, que, en este caso, fueron las futbolistas representativas de la Universidad de Sonora. Para el reclutamiento, se llevaron a cabo una serie de reuniones informativas con la entrenadora del equipo. Esto se realizó en las instalaciones del Estadio Miguel Castro Servín. A las participantes se les leyó en voz alta y clara el consentimiento informado. Después de la lectura se respondieron todas sus dudas.

Algunas de las evaluaciones, entrevistas se realizaron en el Laboratorio de Cáncer y los estudios termográficos se realizaron en el Centro de Imagenología y Biotérmica de la Universidad de Sonora.

Para la adherencia a la evaluación y participación en el estudio se estuvo en contacto directo y constante con la entrenadora para la logística en el número de atletas a evaluar en los diferentes periodos. Así mismo se les llamó por teléfono un día antes y el mismo día de la prueba para garantizar y confirmar su asistencia.

Obtención del Consentimiento Informado

Primeramente, se llegó a un acuerdo con la entrenadora para trabajar en conjunto y hacer uso de la disponibilidad de los horarios del entrenamiento y las prospectos a participar. En las instalaciones del gimnasio universitario, se les explicó en qué consistía el proyecto y se les leyó el consentimiento informado (APÉNDICE 2) que fue previamente aprobado por el comité de Ética en Investigación de la Universidad de Sonora (APÉNDICE 1). Se les pidió a las participantes que lo revisarían meticulosamente y que preguntaran en caso de tener alguna duda. Una vez que todo quedó claro, se le pidió firma y fecha, además se incluyeron dos firmas de testigos. Se hizo hincapié a las participantes que, si después querían abandonar el estudio, podrían hacerlo en cualquier momento y sin ninguna repercusión ni prejuicio.

Todos los consentimientos informados fueron resguardados y protegidos en un archivo especial ubicado en el laboratorio de cáncer II, ubicado detrás del edificio 5A en la Universidad de Sonora.

Equipo de Termografía

Para la obtención de los termogramas se utilizó la cámara IRIS Elite Meditherm® (FIGURA 13) con rango espectral de 7.5–13 μm , con una velocidad de 7.5 fotos por segundo, sensibilidad de 0.1°C y una resolución de 640 x 480 píxeles. Esta cámara trabaja con un software que funciona como interface llamado Meditherm Wintes2. Este software presenta las imágenes en una escala de colores comúnmente llamado sistema rainbow. El sistema captura y guarda el valor de la energía del paciente que llega a la cámara y que el sistema convierte a una imagen que se puede observar en una computadora. Los datos de temperatura se digitalizan y se retienen para análisis y procesamiento posterior. La escala rainbow usa 16 colores que permiten la identificación visual de las diferencias de temperatura e incrementa el reconocimiento de patrones. La cámara cuenta con un punto de referencia estabilizador de temperatura, que se usa para calibrar cada vez que se mide la temperatura con una sensibilidad de hasta 0.01°C. Esto resuelve el problema de “thermal drift” para aplicaciones médicas. El “thermal drift” se refiere a la fluctuación de temperatura que puede ocurrir en la mayoría de las cámaras industriales asociadas a la tecnología de enfriamiento usado en la cámara (www.Meditherm.com/faq.htm - diti faq's, 2016, Meditherm, inc).

Se utiliza también el programa MATLAB® para el procesamiento de imágenes y obtención de datos cuantitativos por ROI (región de interés). El procesamiento de imágenes con MATLAB® es un proceso de tres pasos: 1) carga, 2) manipulación, y 3) salida.



Figura 13. Cámara IRIS Elite Meditherm®

La carga y la manipulación de imágenes tiene lugar en la ventana de comandos del programa MATLAB®, en donde se utilizan códigos que generan instrucciones al programa para realizar los análisis pertinentes. Lo primero que se hace es escribir un código que convierte una imagen a color en una imagen a escala de grises, generando una figura en la ventana de MATLAB. Acto seguido, se emplea. La conversión sirve para reducir el número de píxeles en aproximadamente dos tercios y aumentar la carga y velocidad de procesamiento. Posterior a ello se utilizan una serie de códigos para revelar cuatro colores más, que aparecerán sobre la imagen en escala de grises, en donde se le asigna un valor a cada uno de ellos: amarillo = $>1^{\circ}\text{C}$, rojo = $>2^{\circ}\text{C}$, azul cielo = $<1^{\circ}\text{C}$ y azul marino ($<2^{\circ}\text{C}$), mientras que el color gris representa a la temperatura media. Una vez que los archivos de imagen se suben, un segundo bloque de código que contiene una función "imwrite" guarda el archivo de imagen en la carpeta correspondiente.

El procesamiento tiene lugar haciendo pasar la imagen a través uno o más filtros también llamados núcleos de convolución que utiliza un algoritmo específico para modificar una imagen basada en el valor actual de sus píxeles. Algunos de los filtros de MATLAB más comunes incluyen filtros de paso bajo que reducen el ruido y desenfocan, filtros de media que reducen la definición en menor medida, filtros de erosión y dilatación que reducen o aumentan el tamaño de píxeles. Otros incluyen detectores de bordes, que resaltan los objetos situados dentro de otros objetos, y filtros de segmentación, que divide un objeto en sus partes componentes, por ejemplo, para el procesamiento de nuestras imágenes se realizó un trabajo de limpieza de fondo, en el cual se sometía a la imagen a una serie de filtros para obtener un fondo negro y que no interfiera con la lectura de datos de temperatura de las ROI (Jackie Lohrey, http://www.cs.otago.ac.nz/cosc451/Resources/matlab_ipt_tutorial.pdf, procesamiento de imágenes con MATLAB).

Tanto la cámara como el software Meditherm Wintes2 se encuentra en el Centro de Imagenología Biotérmica de la Universidad de Sonora, ubicado en el 1er piso del edificio 5R. Las computadoras para el procesamiento por MATLAB® y otros utilizados por el grupo de termografía se encuentran en el Departamento de Investigación en Física (DIFUS), bajo la custodia del Dr. Valery Chernov.

Protocolo de Termografía

Nuestro protocolo se basó en el propuesto por el Colegio Americano de Termología Clínica (American College of Clinical Thermology©: <http://www.thermologyonline.org/>), con algunas modificaciones. Los cambios se basaron en la experiencia y conocimientos del grupo de asesores y en base a los objetivos del estudio.

La termografía se llevó a cabo en la Universidad de Sonora con el apoyo de un técnico especialista y certificado por la American College of Clinical Thermology. Para la división por áreas y lectura de los termogramas se utilizaron los códigos que se observan en la TABLA III, y su correspondiente vista anatómica se representa en la FIGURA 14.

Preparación previa, 24 horas antes. A continuación, se enlistan las indicaciones para las 24 horas previas al estudio que se utilizan en el Centro de Imagenología y Biotérmica de la Universidad de Sonora. La atleta recibió durante la primera entrevista una copia con toda la información para la preparación previa. Esto ocurrió una semana antes. Esta lista de indicaciones es la que se utiliza de manera cotidiana en el Centro de Imagenología Biotérmica de la Universidad de Sonora.

Tabla III. Códigos para la división de áreas corporales y lectura de termogramas.

<u>Piernas completas (caderas a pies)</u>	<u>Pies</u>
LA: Vista Anterior de Piernas LP: Vista Posterior de Piernas LLI: Vista Lateral Izquierda LLD: Vista Lateral Derecha	L3A: Vista Anterior de Pies L3P: Vista Plantar de los Pies L3LI: Vista Lateral de Pie Izquierdo L3LD: Vista Lateral de Pie Derecho
<u>Piernas (rodillas a tobillo)</u>	<u>Muslo</u>
L2A: Vista Anterior L2P: Vista Posterior L2LI: Vista Lateral Izquierda L2LD: Vista Lateral Derecha	L1A: Vista Anterior L1P: Vista Posterior L1LI: Vista Lateral Izquierda L1LD: Vista Lateral Derecha

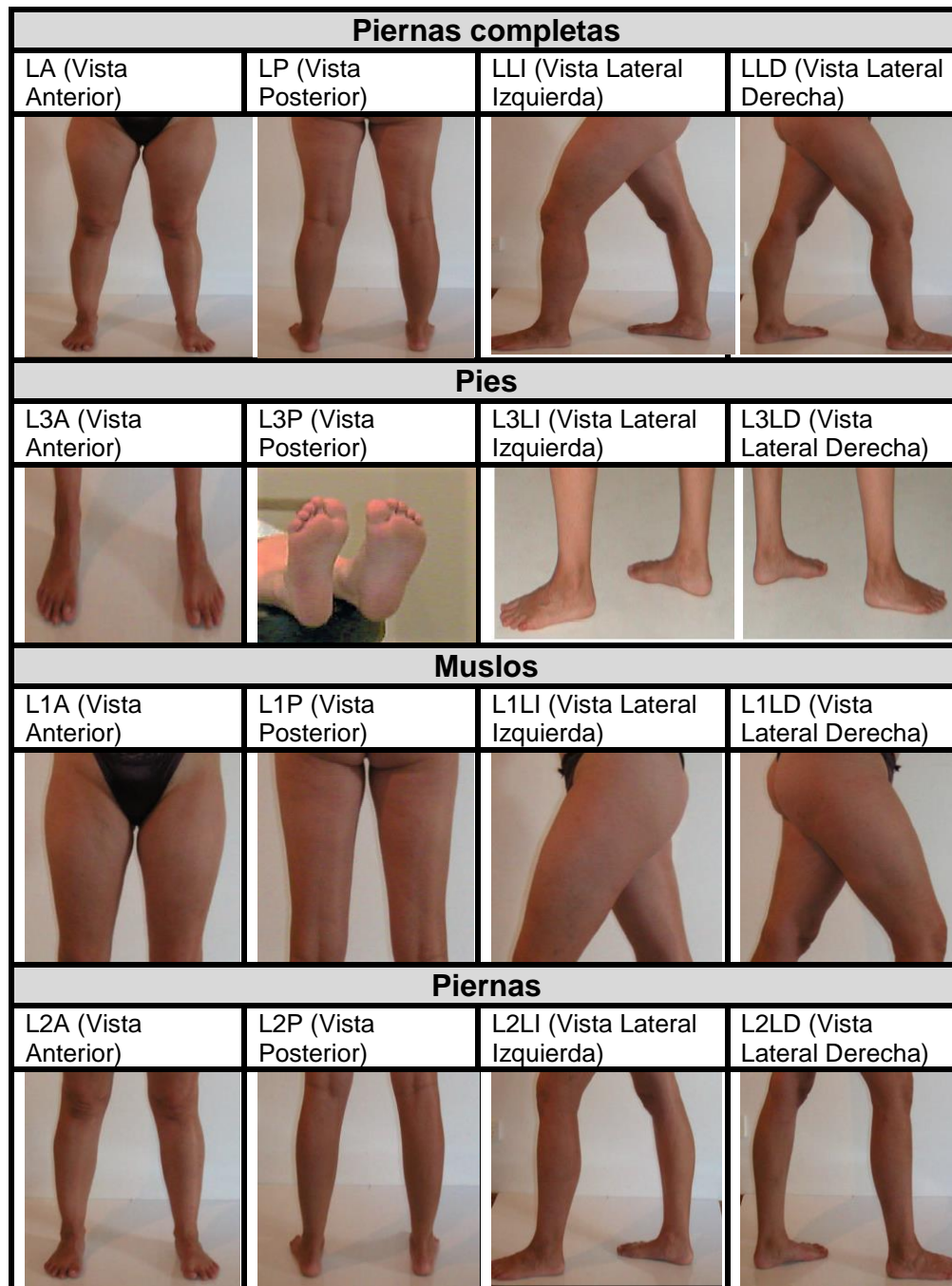


Figura 14. Vistas anatómicas consideradas en el estudio de las extremidades inferiores de las futbolistas para el reconocimiento de desórdenes vasculares por medio de la TDI.

Indicaciones generales

- No fumar un día anterior ni el día de su cita.
- No ingerir alimentos y/o bebidas calientes o frías (café, té, caldos, etc.) el día de su cita.
- Sí debe comer, NO es necesario ayunar.
- No consuma productos con cafeína.
- No bañarse con agua muy caliente o fría 3 horas antes de su cita.
- Acudir a su cita con ropa y zapatos ligeros. Pelo agarrado para descubrir su cara y cuello.
- Si está amamantando, por favor hágalo dos horas antes de asistir a su cita.
- En caso de tomar medicamentos, continúe su uso pero repórtelos al termógrafo.
- No usar lociones, desodorante, talco, maquillaje, bloqueadores solares o cremas en el cuerpo, incluyendo cara y pies, antes de su cita. No es válido lavarse la cara minutos u horas antes de su cita para quitarse estos químicos. No usar spray y/o gel en el cabello, así como artefactos que puedan calentar su cuero cabelludo como secadores, pinzas, etc.
- Evadir la exposición prolongada al sol un día anterior a la cita y el día de la cita. En caso de laborar en exteriores, favor de comunicarse con nosotros para saber la condición de su piel.
- No rasurarse ninguna parte del cuerpo a menos que hayan transcurrido 24 horas antes de su cita.
- No depilarse con cera caliente o fría ninguna parte del cuerpo a menos que haya transcurrido una semana antes de su cita. En el caso de depilaciones láser, favor de llamarnos antes de hacer la cita para saber la condición de su piel.
- No asistir a terapia física, quiropráctica y acupuntura un día anterior a su cita y antes de ella.

- No ejercitar 24 horas antes de su cita. Si es atleta, entrenador o deportista, favor de llamarnos antes de su cita.
- En caso de baños solares naturales o artificiales, tiene que transcurrir una semana como mínimo para asistir a su cita, por favor llámenos para orientarse.
- En caso de tatuajes en su piel, estos deberán ser de por lo menos tres meses de antigüedad.
- Al momento de hacer la cita, reporte a su termógrafo si ha tenido lesiones, biopsias o cirugías recientes en su cuerpo.
- Si está bajo un tratamiento que involucre cualquier tipo de energía, favor de decirnos antes de su cita.
- Si tiene diagnósticos de estudios recientes (mamografía, ultrasonidos, rayos X, tomografías, etc.) favor de traer una copia para anexarla a su expediente o bien enviarla al correo electrónico.
- No asistir a la cita si está enfermo: asma, resfriado, tos, calentura, alergia, golpes, fracturas, entre otros.
- En caso de cancelación por favor avise de dos a tres días antes.
- Si su salud lo requiere, puede traer a una persona de su confianza para que lo acompañe y ayude durante el estudio.

Condiciones del área de trabajo termográfico. Las condiciones estándar de evaluación termográfica fueron las siguientes: cuarto acondicionado a una temperatura y humedad relativa constante de 22°C y 60 % respectivamente, tiempo de aclimatación corporal de 15 min, una distancia entre la cámara y la participante a evaluar de 1 m. A continuación, se enlista el algoritmo de trabajo para la evaluación termográfica de la participante (las posturas se pueden revisar en la FIGURA 14):

- 1) Se recibió a la participante en el Centro de Imagenología y Biotérmica. Permanecían sentadas por 15 minutos para aclimatarse al área de trabajo.
- 2) Después de aclimatarse se pasaban al cuarto donde se tenía la cámara termográfica, se recopilaban sus datos personales y se le explicaba en qué consistía la evaluación con termografía.
- 3) Se le invitaba a cambiarse de ropa (short y top o blusa corta) en un área específica para ello, y se quitaban los zapatos y calcetas.
- 4) Se colocaban en posición anatómica estándar sobre un tapete hecho de un material aislante térmico (unicel), de frente con las piernas separadas a la altura del hombro y sin moverse, allí se tomó la primera imagen de piernas (vista frontal)
- 5) Se le pidió que girara 180°, dando la espalda al evaluador, manteniendo la misma postura del paso 4. En ese momento se tomó la segunda imagen de piernas (vista posterior)
- 6) Se le pidió que girara 90° hacia la izquierda a partir del paso 5 y que el pie izquierdo lo pusiera ligeramente hacia adelante del otro, con la pierna izquierda semiflexionada y la pierna derecha estirada. Allí se tomó la tercera imagen de piernas (vista lateral izquierda)
- 7) Se le pidió que girará 180° con respecto a la posición del paso 6, y que el pie derecho lo pusiera ligeramente hacia adelante del otro, con la pierna derecha semiflexionada y la pierna izquierda estirada, allí se tomó la cuarta imagen de piernas (vista lateral derecha).
- 8) Se le pidió a la participante que regresara a la postura del paso 4, sólo que esta vez la cámara fue manipulada de tal forma que quedó perpendicular a los pies, para enfocar a esta zona y tomar la quinta imagen, que corresponde a la vista frontal de los pies.
- 9) Se le pidió a la participante que repitiera las posturas del paso 6 y 7 para tomar las imágenes que corresponden a la vista lateral izquierda y vista lateral derecha de los pies respectivamente (imagen sexta y séptima).

- 10) Se le pidió a la participante que se sentara en una silla y levantara los pies, con la planta de los pies apuntando hacia la cámara termográfica, se ajustó la posición de la cámara de forma perpendicular a la planta de los pies y a 1m de distancia para tomar la octava y última imagen (vista posterior de los pies).
- 11) Terminado esto, se le invitó a cambiarse de ropa en el área específica para ello, y a su regreso se le mostraron las imágenes a la participante.

En este proyecto, se realizaron adaptaciones al protocolo estándar. Una de las adaptaciones fue colocar un material aislante entre el piso y los pies de la atleta, con el fin de que la temperatura del piso no afectara la temperatura de los pies. Otra adaptación fue omitir la interrupción de los entrenamientos deportivos de las jugadoras, es decir, no se interrumpieron los entrenamientos incluso un día antes de la termografía, para no interferir en el curso fisiológico de su ambiente deportivo.

Interpretación. La cámara termográfica fue controlada por medio del software Meditherm Wintes2 desarrollado específicamente para este fin. Se contó con un computador en donde se visualizó el termograma utilizando el sistema “rainbow o arco iris”. Los colores azules o violetas representan zonas frías y los colores rojos zonas más calientes. Se obtuvieron imágenes de las 16 áreas corporales descritas en la TABLA II.

Además, durante el procedimiento de termografía se hizo énfasis en la atención de las regiones de interés, que con base a la entrevista y lesiones previas pudieran presentar alteraciones de la temperatura. En todo momento se contó con el apoyo de los técnicos e investigadores certificados para el escaneo, la interpretación y el análisis de las imágenes obtenidas en las 3 etapas: precompetitiva, competitiva y postcompetitiva.

Los termogramas se analizaron de forma cualitativa y cuantitativa. Para el análisis cualitativo, se utilizó el sistema rainbow observando las áreas de diferente temperatura como se describió anteriormente. Para el análisis cuantitativo se utilizaron los valores generados por el MATLAB®. Los colores obtenidos en las imágenes fueron procesados y traducidos a grados centígrados. Permitiéndonos así, poder compararlos y analizarlos matemáticamente.

Para la lectura e interpretación de la termografía se usó en todo el trabajo los siguientes preceptos:

- **Regiones de interés (ROIs):** son las zonas seleccionadas de nuestro interés.
- **Temperatura promedio del ROIs:** es la suma de temperaturas de todos los píxeles de ambas ROIs de los lados derecho e izquierdo dividida entre el número de sumandos.
- **Zonas hipertérmicas:** son las zonas que tienen temperaturas mayores de 1 y 2 °C respecto de la temperatura promedio.
- **El nivel de asimetría térmica:** En las zonas de interés se evalúa como: moderado para $1\text{ °C} \leq \Delta T < 2\text{ °C}$ y severo para $\Delta T \geq 2\text{ °C}$. Si las zonas hipertérmicas o hipotérmicas no existen o son similares en las ROIs de los lados derecho e izquierdo, el nivel de asimetría se evalúa como leve.

Evaluación Nutricional

Para la evaluación nutricional, se tomó en cuenta el método ABCD del diagnóstico nutricional, llevado a cabo por un equipo de nutriólogos. Las mediciones antropométricas se llevaron a cabo con el método ISAK (International Society for the Advancement in Kineanthropometric), donde contamos con la asesoría de un certificador nivel 3 y dos evaluadores nivel ISAK I. Todos los datos evaluados fueron recolectados en una proforma (APÉNDICE 3). Se midió el peso (kg), la estatura (cm), la circunferencia en cm de: cintura, cadera, pantorrilla, muslo y brazo; se midieron en milímetros (mm) los pliegues cutáneos: bicipital,

tricipital, cresta ilíaca, supraespinal, subescapular, abdominal, muslo medial, y pantorrilla; así como el diámetro femoral, humeral y biestiloideo (muñeca) en milímetros. Esto con la finalidad de crear un perfil antropométrico del atleta, composición corporal y obtener su somatotipo. Cabe mencionar que para la evaluación antropométrica se le pidió al sujeto presentarse en ayunas y sin haber realizado ejercicio físico al menos 12 horas previas. A continuación, se explican cada una de las mediciones, su sitio anatómico y metodología:

- **Peso:** se utilizó una balanza marca Seca Modelo 872 (Seca GmbH & Co., Hamburgo, Alemania; capacidad 200 ± 0.05 kg); se colocó al sujeto sobre la báscula con los talones juntos y los pies ligeramente separados y sin moverse.
- **Talla (cm):** se utilizó un estadiómetro marca Seca Modelo 213 (Seca GmbH & Co., Hamburgo, Alemania; capacidad 20 a 207 ± 0.1 cm); para esta medición se colocó al sujeto dando la espalda al estadiómetro con los talones juntos, los glúteos y la parte superior de la espalda apoyada sobre el estadiómetro, con la cabeza situada en el plano de Frankfurt y la espalda lo más recta posible.
- **Circunferencia:** Para las circunferencias o perímetros se utilizó una cinta metálica Lufkin, fabricada con una cinta de acero flexible y retráctil y con una longitud de 200 cm. Para la medición de la cintura mínima se tomó en cuenta la parte más estrecha del abdomen, entre el borde inferior de la décima costilla y el borde superior de la cresta iliaca, aquí se le pidió al sujeto que cruce los brazos a través del tórax y la lectura fue tomada después de una espiración normal; la cadera máxima se midió en la parte más protuberante de los glúteos, con la cinta perpendicular al eje longitudinal del tronco; la circunferencia de pantorrilla fue tomada en el máximo perímetro que se encuentre en la pierna, para esto se le pidió a la participante que se ponga de pie con ambos pies ligeramente separados y con su peso corporal distribuido uniformemente en ambos pies; la circunferencia de los brazos se

tomó en dos ocasiones, la primera con el brazo relajado en el sitio medio acromial-radial y la segunda con el brazo flexionado en el sitio donde se encontraba el perímetro de mayor tamaño, para esto la participante posicionó el brazo en elevación paralelo al suelo y con el antebrazo flexionado en supinación, cuando no existía un diámetro mayor, se tomaba la medición en el sitio medio acromial-radial, previamente marcado.

- Pliegues cutáneos: se utilizó un plicómetro Slim Guide con una precisión de 1 mm; antes de realizar la medición, se identificaron y marcaron los puntos anatómicos siguiendo la metodología ISAK. Para las mediciones se sujetaron los pliegues con los dedos pulgar e índice justo en la marca, y con el plicómetro en un ángulo de 90° con respecto a la superficie del sitio del pliegue, realizamos la medición a 1 cm de los dedos pulgar e índice. El pliegue tricipital se tomó en la línea paralela del eje longitudinal del brazo; el pliegue bicipital se tomó en la línea media acromial-radial; el pliegue subescapular fue tomado a 2 cm en una dirección que se desplaza lateralmente y en forma oblicua hacia abajo en un ángulo de 45 grados a partir la esquina del ángulo inferior de la escápula. Para la cresta íliaca se tomó el pliegue de manera horizontal por encima de la parte superior del sitio iliocrestale®; el pliegue supraespinal se midió en el punto de intersección que se forma al trazar dos líneas imaginarias 1) la línea de la marca iliospinale® a la línea axilar anterior y 2) la línea horizontal en el nivel de la marca iliocrestale®; el pliegue abdominal se midió a 5 cm de la mitad del ombligo hacia la derecha sosteniendo el pliegue de forma vertical; el pliegue del muslo medial se tomó paralelamente al eje longitudinal del muslo, con la participante sentada, la pierna extendida y el talón tocando el piso, cuando fue necesario se le pidió a la participante tomar la cara posterior del muslo para hacer una tracción hacia arriba; el pliegue de la pantorrilla se tomó verticalmente en la cara lateral interna de la pierna a nivel del perímetro máximo, aquí la participante colocó la pierna flexionada a 90° sobre un banco.

- **Diámetros:** Se utilizó un calibre deslizante corto Smart|met®, con una capacidad de longitud de 16 cm y una exactitud de 0.05 cm; la medida del biepicondilar del húmero se tomó en la distancia lineal entre la cara más lateral del epicóndilo humeral lateral y la cara más medial del epicóndilo humeral medial, el brazo de la participante se elevó hacia enfrente en un plano horizontal y el antebrazo se flexionó hacia arriba en un ángulo recto con respecto al brazo; el diámetro biepicondilar del fémur se tomó en la distancia lineal entre la cara más lateral del epicóndilo femoral lateral y la cara más medial del epicóndilo femoral medial, con la participante en posición de sentada y relajada formando un ángulo recto con el fémur y la pierna.

Formulario para la Composición Corporal

Para la obtener los resultados de la composición corporal, se utilizó el modelo de cuatro compartimentos para la estimación de: 1) masa grasa, 2) masa muscular, 3) masa ósea, 4) masa residual (De Rose & Guimaraes, 1980). Este modelo reduce los errores de las premisas de los modelos de dos compartimentos (masa grasa y masa libre de grasa); al agregar una medición adicional como la masa ósea y la masa residual reduce el error sobre las estimaciones, sobre todo de masa libre de grasa atribuibles a diferencias individuales (Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2007; Ibnziaten et al., 2019).

- **Masa grasa:**

Para estimar la grasa corporal se utilizó la fórmula de Yuhasz y Carter (1974), la cual es una fórmula adaptada para atletas y puede incluirse dentro del modelo de cuatro compartimentos (Carter & Yuhasz, 1984). Para mujeres se utiliza:

$$\text{Porcentaje de masa grasa} = \%MG = 0.1548 * (\sum 6 \text{ pliegues}) + 3.58$$

Donde $\sum 6 \text{ pliegues}$ (mm) = tricipital + subescapular + supraespinal + abdominal + muslo frontal + pantorrilla.

Para la masa grasa en kilogramos se utilizó la siguiente ecuación:

$$\mathbf{MG = \%MG \times PC / 100}$$

Donde PC = Peso corporal en kg.

MG = Masa Grasa en kilogramos

- **Masa ósea:**

Se utilizó la ecuación desarrollada por W. Von Döbeln (1964), pero modificada por M. S. L. Rocha en 1974 (Gris, 2001; Rocha, 1975).

$$\mathbf{Masa \acute{O}sea (kg) = 3.02 \times (E^2 \times DB \times DF \times 400)^{0.712}}$$

Donde:

E = Estatura en metros (m)

DB = Diámetro biestiloideo (m)

DF = Diámetro femoral (m)

- **Masa residual:**

Se utilizó la ecuación propuesta por Würch (1974), para determinar la masa residual (órganos, líquidos, etc.) en mujeres (Gris, 2001; Ross, De Rose, & Ward, 1988).

$$\mathbf{Masa \ residual (kg) = PC \times \frac{20.9}{100}}$$

- **Masa muscular:**

La masa muscular o el peso muscular se obtuvo con base a la propuesta de De Rose y Guimaraes (1980), restándole el peso corporal total a la sumatoria de la masa residual, masa grasa y masa ósea, en la cual se resta al peso corporal la sumatoria de los demás componentes (De Rose & Guimaraes, 1980; Matiegka, 1921).

$$\mathbf{Masa \ muscular (kg) = PC - (MG + Masa \ \acute{o}sea + Masa \ residual)}$$

Formulario del Somatotipo

Con los datos obtenidos de las mediciones corporales se calculó el somatotipo de las participantes, utilizando la metodología descrita por Heath-Carter (1970) para el cálculo de la endomorfía, mesomorfía y ectomorfía. Los valores de la endomorfía pueden oscilar entre 1 y 14, los de mesomorfía entre 1 y 10 y los de ectomorfía entre 0.5 y 9. Para cada componente se consideró que < 3 unidades eran valores bajos, de 3 a < 5 valores medios, de 5 a < 7 valores altos y de ≥ 7 o más valores muy altos. Se utilizó la somatocarta propuesta por Heath-Carter (APÉNDICE 4) para visualizar la ubicación morfológica de cada jugadora en una gráfica. Las ecuaciones utilizadas para obtener el valor de cada componente del somatotipo fueron las siguientes:

- **Endomorfismo**

$$\text{Endo} = -0.7182 + 0.1451 * (X) - 0.00068 * (X^2) + 0.0000014 * (X^3)$$

Donde X es la sumatoria de los pliegues cutáneos: tricripital, subescapular y cresta iliaca multiplicado por el resultado de 170.18 entre la estatura en cm.

- **Mesomorfismo**

$$\begin{aligned} \text{Meso} = & 0.858 * (\text{diámetro humeral}) + 0.601 * (\text{diámetro femoral}) + 0.188 * \\ & (\text{circunferencia de brazo contraído} - \text{pliegue tricripital en cm}) + 0.161 * \\ & (\text{Circunferencia pantorrilla} - \text{pliegue de pantorrilla en cm}) - 0.131 * (\text{estatura en} \\ & \text{cm}) + 4.5. \end{aligned}$$

- **Ectomorfismo**

Existen tres condiciones:

- 1) Si IP es $\geq 40.75 \rightarrow \text{Ecto} = 0.732 * (IP) - 28.58$
- 2) Si IP es > 38.25 pero $< 40.75 \rightarrow \text{Ecto} = 0.463 * (IP) - 17.63$
- 3) Si IP es $\leq 38.25 \rightarrow \text{Ecto} = 0.1$

$$\text{Índice ponderal (IP)} = \frac{\text{talla (cm)}}{\sqrt[3]{\text{peso corporal (kg)}}}$$

Entrevista Clínico-Nutricional

Se utilizó un formato adaptado y preestablecido por el equipo de trabajo (APÉNDICE 5) con el cual se entrevistó a cada una de las participantes en las tres etapas. Así mismo se aplicó un recordatorio de 24 h en cada etapa del proyecto (APÉNDICE 6). El análisis nutrimental se realizó con el apoyo de la base de datos de la composición alimentaria de USDA (United States Department of Agriculture) y la base de datos del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalente. De la misma forma, cuando el alimento reportado se encontraba empaquetado se recurrió a la información de la tabla nutrimental y a los ingredientes.

Para estimar el gasto energético total (GET) de las participantes, se empleó primeramente la ecuación de Cunningham, para el gasto energético basal (GEB) ya que esta ecuación provee una estimación más precisa del GEB de las personas con una mayor actividad física, ya que la ecuación de Cunningham utiliza la masa libre de grasa (MLG) como una de sus variables (Cunningham, 1991; Thompson & Manore, 1996). Al resultado obtenido de esta ecuación se le sumó el MET (metabolic equivalent in exercise testing) correspondiente al deporte y al tiempo de práctica de la futbolista (se restaron los descansos) multiplicado por el peso corporal (PC).

El valor MET que consideramos fue 10.5 (METS), ya que tomamos en cuenta 1.5 horas de entrenamiento y 0.5 horas de descanso u “tiempo muerto”. Lo anterior considerando que 1 hora de entrenamiento de fútbol soccer equivale a 7 METS (Ainsworth et al., 2000).

El concepto de MET representa un procedimiento simple, práctico y fácil de entender para expresar el gasto energético de las actividades físicas como un múltiplo del gasto energético basal (Jette, Sidney, & Blümchen, 1990).

$$\text{GET} = \text{GER} + (\text{MET} * \text{PC})$$

$$\text{GET} = [(500 + 22) (\text{MLG})] + (10.5 * \text{PC})$$

Entrevista e Historial de Lesiones

La valoración de lesiones actuales se realizó bajo la supervisión de un médico del deporte o especialista en el área, con base al formulario: “Cuestionario de Salud del Deportista” tomado y adaptado de Mc Dougall (2005) (APÉNDICE 7). Durante todo el proceso se le exhortó a la jugadora a preguntar y hacer saber sus dudas o inquietudes con respecto al proyecto. Lo anterior basado en los compromisos éticos de los investigadores hacia los participantes.

Recolección de Datos y Métodos Estadísticos

Una vez obtenidos los resultados de la termografía en las tres etapas deportivas, los datos fueron capturados y procesados con el software Wintes2, posteriormente se analizaron con el programa de MATLAB®. Para el análisis de las demás variables (antropometría, historial de lesiones, historial clínico y evaluación nutricional) se utilizó el programa SPSS Statistics Versión 22, NCSS 2008 y el Microsoft Excel 2017. Se utilizó la prueba de t de Student para dos muestras independientes cuando los datos cumplían con los supuestos del análisis de varianza, es decir, normalidad y homogeneidad; en caso contrario se usó la prueba de Wilcoxon - U de Mann-Whitney. Para el análisis estadístico, y comparación entre las tres etapas deportivas (tres muestras), se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, independientemente si los datos de las variables cumplían o no con los supuestos del análisis de varianza, esto por tratarse de muestras muy pequeñas, con sólo diez elementos por etapa deportiva. Se adoptó un nivel de significancia de $p < 0.05$ para todos los análisis. Como la hipótesis nula de la prueba de Kruskal-Wallis es $\ll H_0: \text{las } k \text{ medianas son iguales} \gg$; expresamos los resultados en las tablas con los valores de medianas y sus respectivos rangos intercuartílicos (25 – 75%). Cabe mencionar que se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía para efectos de la misma comparación y se obtuvieron los mismos resultados, por ello, no se reportan estos resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Termografía y Lesiones

Análisis Cualitativo de Termogramas

Se reclutaron 12 futbolistas del equipo representativo de futbol soccer de la Universidad de Sonora. Después de realizar las termografías se obtuvieron un total de 288 termogramas (96 en cada etapa) en la etapa precompetitiva, competitiva y postcompetitiva. Una participante no siguió el protocolo preparativo por dos ocasiones para la evaluación termográfica, por lo que para fines analíticos se eliminaron sus termogramas. Al final, se obtuvieron 264 termogramas de 11 participantes por las tres etapas (88 termogramas por etapa).

En este proyecto, a cada jugadora se le realizaron 3 evaluaciones termográficas en las diferentes etapas deportivas: precompetencia, competencia y postcompetencia. Se subdividió la temporada en tres tiempos para facilitar la evaluación, considerando que en cada una de las etapas existen características particulares de entrenamiento o actividad.

El futbol es un deporte intermitente de conjunto con un elevado riesgo de lesiones en piernas. Los jugadores realizan movimientos tanto de baja intensidad (caminar, saltos, ponerse de pie) en el 70% del juego, a la vez que se entremezcla con actividades de alta intensidad y alta demanda. Varios estudios reportan un rango entre 150 a 250 acciones de alta intensidad por jugador y por partido, que incluyen desde aceleraciones máximas y desaceleraciones, vueltas rápidas, tacleos (en su mayoría accidentales), hasta saltos rápidos. Esto puede llevar a la fatiga y lesiones, predominantemente en extremidades inferiores, y aparecer en cualquier momento a lo largo del partido (Milanović et al., 2017). De ahí que, en nuestro estudio, se haya elegido esta zona anatómica para su evaluación con TDI. En esta disciplina deportiva, las extremidades inferiores son las que más se trabaja y las que predomina su función y uso con respecto a otras partes del

cuerpo en el campo de juego (Oliveira et al., 2016). Muchos de los desequilibrios y lesiones por sobrecarga depende de esta predominancia, así también de las secuelas por lesiones previas (Arnason et al., 2004).

Simetría termográfica. El primer parámetro que se evaluó cualitativamente es la simetría. En la FIGURA 15, se muestran las imágenes representativas de termogramas simétricos obtenidos en la etapa precompetitiva de una participante aparentemente normal.

Del total de jugadoras evaluadas, sólo dos jugadoras presentaron simetría térmica contralateral en sus extremidades inferiores, en las vistas de piernas y pies; una jugadora presentó esta simetría sólo en la etapa precompetitiva y otra jugadora presentó esta simetría en la etapa precompetitiva y competitiva. El resto de las jugadoras presentaron simetría en sólo algunas de sus ROI, la más común en las tres etapas fue en muslos (TABLA IV).

En la TABLA IV se describen el número de jugadoras que presentaron simetría en las ROI. La ROI en la que un mayor número de jugadoras presentó simetría térmica fue en el muslo en las tres etapas deportivas, con un total de 6 jugadoras (54.6%) en la etapa precompetitiva; un total de 7 jugadoras (63.6%) en la etapa competitiva; y un total de 5 jugadoras (45.5%) en la etapa postcompetitiva. En cuanto a la simetría con menor incidencia en la etapa precompetitiva fue la ROI de los pies (FIGURA 14, segunda fila) con sólo 2 jugadoras (18.2%); mientras que las ROI con menor incidencia simétrica en la etapa competitiva y postcompetitiva fue la de las piernas completas (FIGURA 14, primera fila) y en la región de rodilla a tobillos (FIGURA 14, cuarta fila), respectivamente (con 18.2%). Los resultados termográficos cuantitativos se describen más adelante. A este respecto, Major et al (2017) mencionan que el cuerpo humano es simétrico por naturaleza.

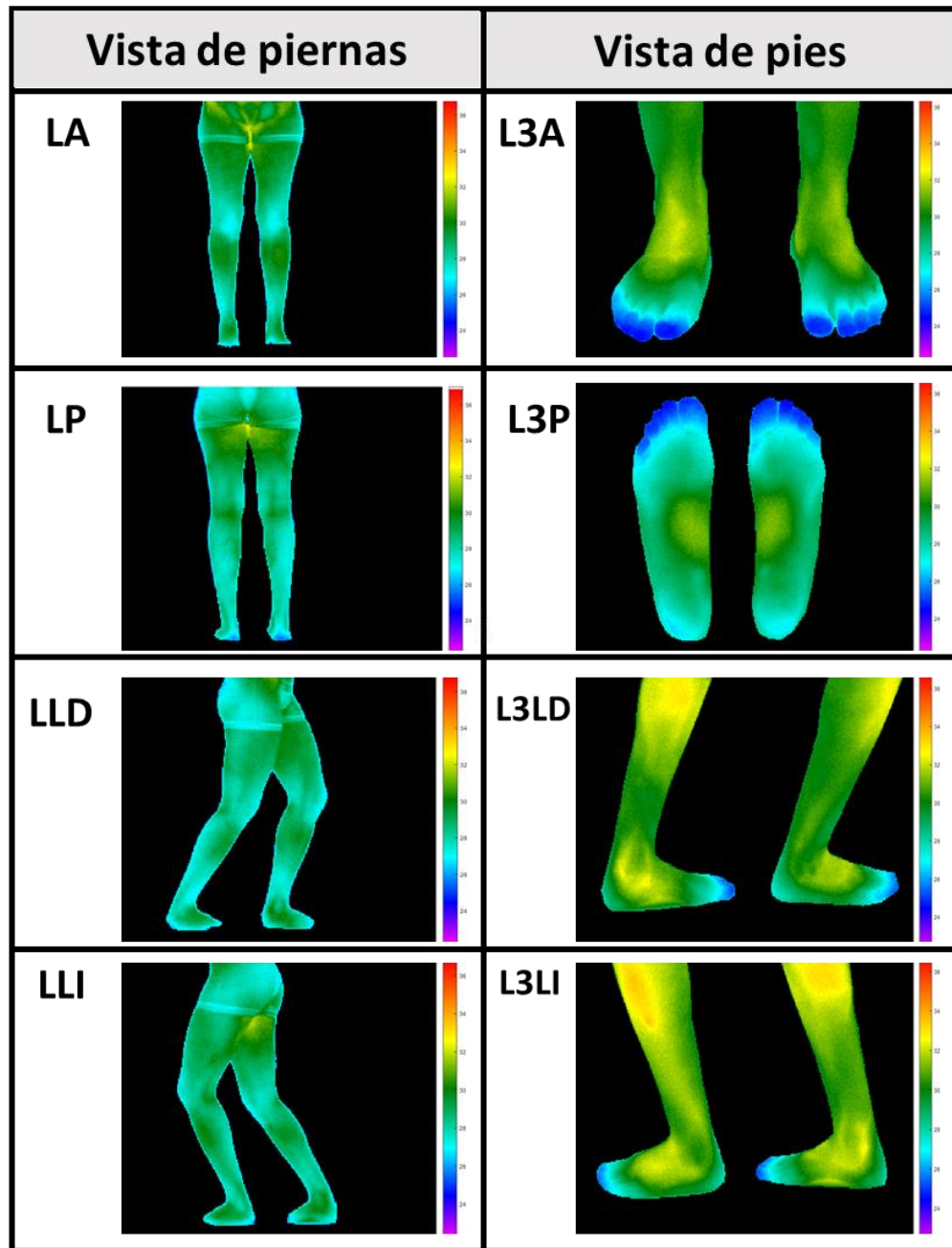


Figura 15. Simetría termográfica representativa del tren inferior correspondiente a la participante número 8. LA: Vista anterior de piernas; LP: Vista posterior de piernas; LLD: Vista lateral derecha de piernas; LLI: Vista lateral izquierda de piernas; L3A: Vista anterior de pies; L3P: Vista posterior de pies; L3LD: Vista lateral derecha de pies; L3LI: Vista lateral izquierda de pies.

Tabla IV. Cantidad de jugadoras que presentaron simetría térmica contralateral en las cuatro vistas de una ROI (renglón gris), y simetría por cada vista o cara (renglón blanco).

Región de Interés (ROI)	Precompetitiva (n = 11)	Competitiva (n = 11)	Postcompetitiva (n = 11)
Simetría en piernas completas (caderas a pies).	4	2	2
LA: Vista anterior de piernas	8	9	6
LP: Vista posterior de piernas	8	7	4
LLD y LLI: Vista lateral externa de pierna derecha vs pierna izquierda.	5	4	5
LLD y LLI: Vista lateral interna de pierna derecha vs pierna izquierda.	5	6	4
Simetría en rodillas a tobillo.	3	2	2
L2A: Vista anterior	8	8	7
L2P: Vista posterior	6	6	6
L2LD y L2LI: Vista lateral externa de pierna derecha vs pierna izquierda	8	4	4
L2LD y L2LI: Vista lateral interna pierna Derecha vs pierna izquierda	6	6	6
Simetría en Pies.	2	6	3
L3A: Vista anterior de pies	7	8	7
L3P: Vista plantar de los pies	7	9	8
L3LD y L3LI: pie izquierdo vs pie derecho (empeine).	6	9	6
Simetría en Muslo.	6	7	5
L1A: Vista anterior	10	10	7
L1P: Vista posterior	10	11	8
L1LD y L1LI: muslo derecho vs muslo izquierdo (cara externa).	6	8	6

Cuando se presenta una lesión de tipo aguda hay vasodilatación en la zona afectada y ocurre un aumento en la producción y liberación de mediadores inflamatorios, llevando finalmente al aumento de la temperatura en esa zona y perturbando de ese modo la simetría térmica normal (Benz-Woerner et al., 2012; Maior et al., 2017). De ahí su importancia como un indicativo indispensable para el seguimiento y monitoreo de zonas dañadas o lesionadas en menor o mayor grado.

Aunque actualmente no existen pautas internacionales u oficiales con respecto a cuántos grados centígrados de diferencia debe de haber entre una región corporal y su contraparte para confirmar un caso potencial de inflamación, algunos autores han asociado a anomalías estructurales o fisiológicas en atletas temperaturas superiores a 0.7°C , entre miembros contralaterales (Maior et al., 2017; Marins et al., 2014). Por otro lado, Chudecka y Lubkowska en un estudio del 2015 mencionan que las diferencias de la temperatura entre las regiones de interés contralateral, cuando son mayores a 0.5°C son consideradas inaceptables para deportistas de actividad simétrica, como los remeros (que usan tanto su eje izquierdo como su eje derecho por igual), y que con esta condición se puede deducir que se debe a alguna patología en los tejidos (Chudecka & Lubkowska, 2015). A la fecha, es de suma importancia tener mayor cantidad de estudios en relación con la simetría térmica de los atletas.

Desórdenes vasculares. Durante las evaluaciones realizadas fue posible observar algunas alteraciones termográficas sugerentes de venas varicosas (FIGURA 16). Esto fue un resultado inesperado, ya que no habíamos considerado esta posibilidad. En la Figura, se alcanza a observar líneas tortuosas en las piernas (de rodilla a tobillo en ambas piernas) enmarcadas en cuadros rojos.

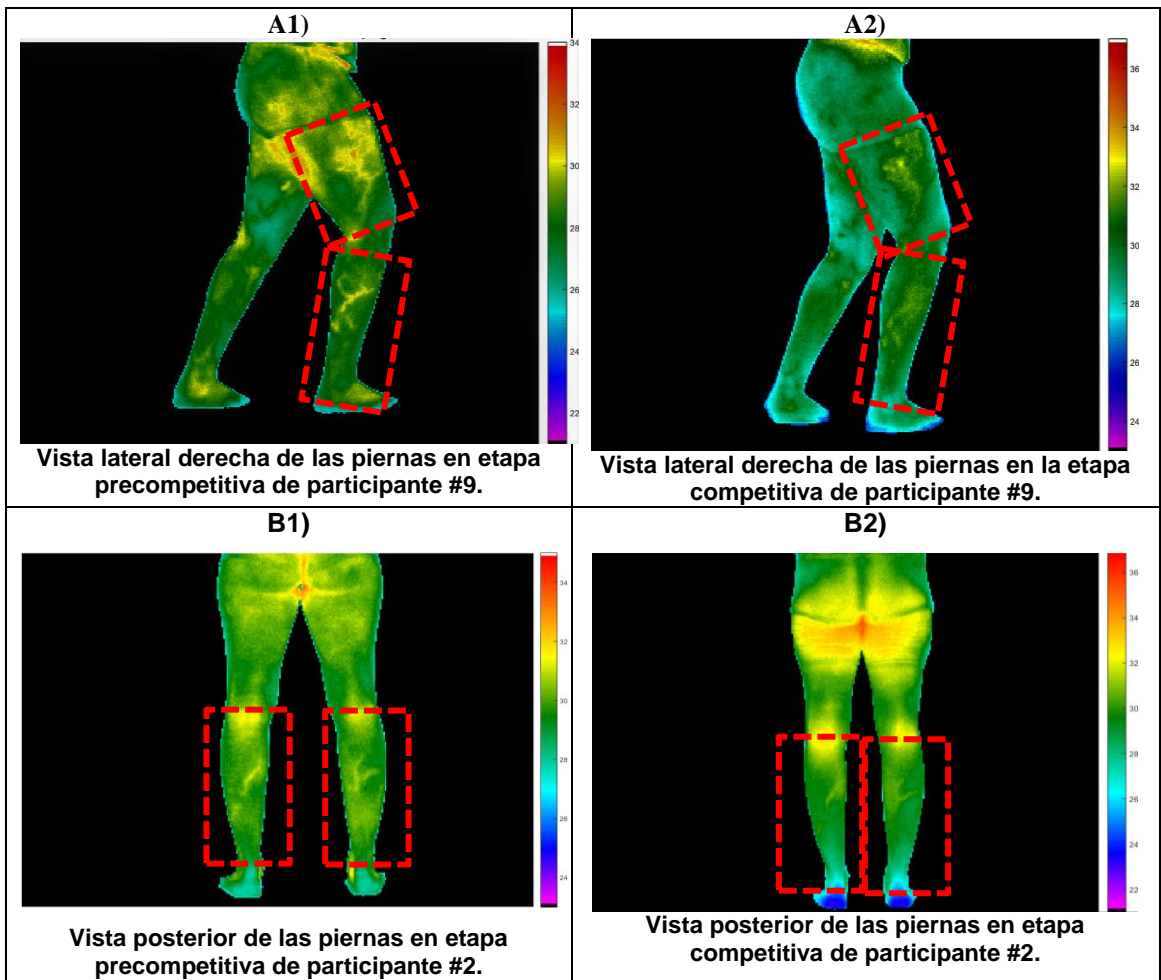


Figura 16. Termogramas representativos de participantes afectadas con desordenes vasculares vistas por TDI.

También se pudieron observar en muslos en ambas vistas, pero en menor cantidad. Cuando obtuvimos estas imágenes consideramos importante subdividir las regiones para su estudio cualitativo y cuantitativo mediante el software utilizado para tal fin. Para ello se utilizó la siguiente clasificación descritas también en la FIGURA 14:

- Muslo Derecho (de cadera a rodilla derecha): Vista anterior (L1A), posterior (L1P), lateral izquierda (L1LI) y lateral derecha (L1LD).
- Muslo Izquierdo (de cadera a rodilla izquierda): Vista anterior (L1A), posterior (L1P), lateral izquierda (L1LI) y lateral derecha (L1LD).
- Pierna Derecha (de rodilla derecha a tobillo derecho): Vista anterior (L2A), posterior (L2P), lateral izquierda (L2LI) y lateral derecha (L2LD).
- Pierna Izquierda (de rodilla izquierda a tobillo izquierdo): Vista anterior (L2A), posterior (L2P), lateral izquierda (L2LI) y lateral derecha (L2LD).

En esta clasificación planteamos 4 regiones de interés, donde cada región tiene cuatro vistas o cuatro caras. Teniendo así 16 imágenes por participante, con la posibilidad de encontrar una vena varicosa para su estudio.

En la TABLA V se muestran las ROI donde se encontraron venas varicosas por participante (en la tabla se omiten las participantes que no presentaron desordenes vasculares) en las tres evaluaciones que se aplicó la evaluación termográfica. Es importante mencionar que se observó un aumento en el número de ROI con várices a medida que avanzaban las etapas. En un principio, durante la etapa precompetitiva (basal), sólo fue posible detectarlo en 4 atletas (40%). Después, durante la etapa postcompetitiva (final) las imágenes sugerentes de venas varicosas fueron detectadas en 6 atletas (60%). Al final de esta evaluación, contabilizamos un total de 32 vistas donde fue posible detectar este fenómeno. En la FIGURA 17 se muestran detalladamente las 32 vistas.

Tabla V. Casos de venas varicosas por etapa deportiva y la diferencia en temperatura (°C) de extremidades inferiores.

No. Clave del sujeto	Etapas precompetitiva	Etapas Competitiva	Etapas Postcompetitiva	Total, de ocasiones observadas
1	NP Δt (LLI – LLD): 0.9°C	Pierna Izquierda: a) L2LD Pierna Derecha: a) L2LI Δt (LLI-LLD): 0.4 °C	Pierna Izquierda: a) L2P b) L2LD Δt (LLI-LLD): 0.3°C	4
2	Pierna Izquierda: a) L2LI b) L2P Pierna Derecha: a) L2P Δt (LP): 0°C	Pierna Izquierda: a) L2P Pierna Derecha: a) L2P Δ (LP): 0.3°C	Pierna Izquierda: a) L2P Pierna Derecha: a) L2P Δ (LP): 0.2°C	7
5	Pierna Izquierda: a) L2LD Δt (LLI – LLD): 0.1 °C	Pierna Izquierda: a) L2LD Δt (LLI – LLD): 0°C	Pierna Izquierda: a) L2LD Δt (LLI – LLD): 0.4°C	3
6	Pierna izquierda: a) L2LD Δt (LLI – LLD): 0.4°C	Pierna Izquierda: a) L2LD Δt (LLI – LLD): 0.3°C	Pierna Izquierda: a) L2LD Δt (LLI – LLD): 0.2 °C	3
8	NP Δt (LP): 0°C	Pierna Izquierda: a) L2P Δt (LP): 0°C	Pierna Izquierda: a) L2P Δt (LP): 0.2°C	2
9	Muslo Derecho: a) L1LD Pierna Derecha: a) L2P b) L2LD c) L2LI Δt (LLI – LLD): 0.3°C Δt (LP): 0°C	Muslo Derecho: a) L1LD Pierna Derecha: a) L2P b) L2LD c) L2LI Δt (LLI – LLD): 0.1°C Δt (LP): 0.2°C	Muslo Derecho: a) L1LD Pierna Derecha: a) L2P b) L2LD c) L2LI Pierna Izquierda: a) L2LD Δt (LLI – LLD): 0.1°C Δt (LP): 0°C	13
TOTAL de ROI	9	11	12	32
n° de sujetos afectados	4	6	6	6

Δt = Diferencia de temperatura; LLI = vista lateral izquierda de piernas; LLD = vista lateral derecha de piernas; LP = Vista posterior de piernas.

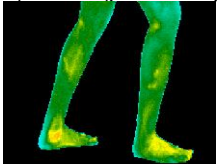
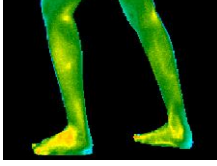
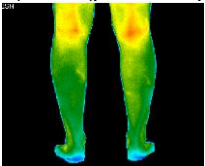
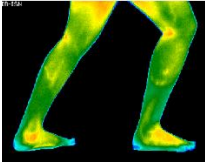
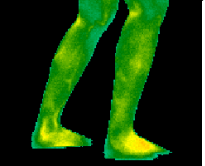
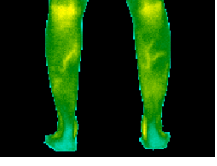
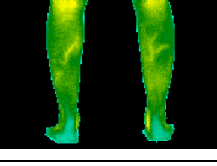
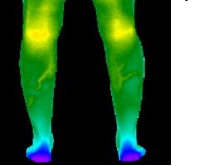
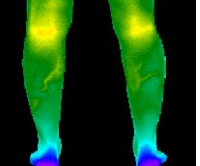
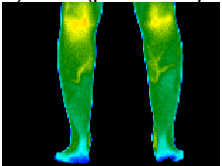
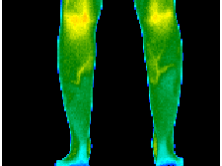
No. Clave	Etapa precompetitiva	Etapa Competitiva	Etapa Postcompetitiva
1	NP	a) L2LD (pierna izquierda)  b) L2LI (pierna derecha) 	a) L2P (pierna izquierda)  b) L2LD (pierna izquierda) 
2	a) L2LD (pierna izquierda)  b) L2P (ambas)  c) L2P (pierna derecha) 	a) L2P (pierna izquierda)  b) L2P (pierna derecha) 	a) L2P (pierna izquierda)  b) L2P (pierna derecha) 

Figura 17. Todas las vistas o caras de las ROI de las futbolistas en donde se manifestaron venas varicosas.

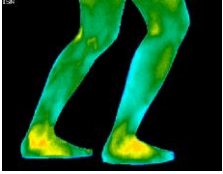
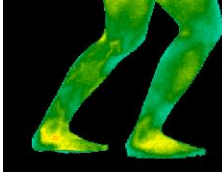
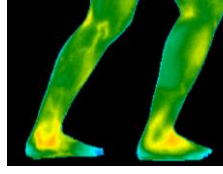
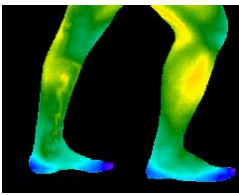
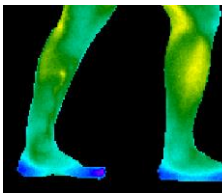
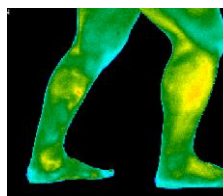
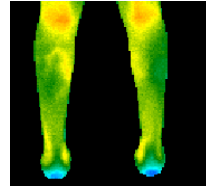
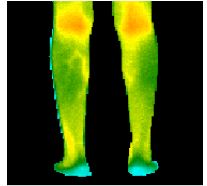
5	a) L2LD (pierna izquierda) 	a) L2LD (pierna izquierda) 	a) L2LD (pierna izquierda) 
6	a) L2LD (pierna izquierda) 	a) L2LD (pierna izquierda) 	a) L2LD (pierna izquierda) 
8	NP	a) L2P (pierna izquierda) 	a) L2P (pierna izquierda) 

Figura 17. Todas las vistas o caras de las ROI de las futbolistas en donde se manifestaron venas varicosas (continuación).

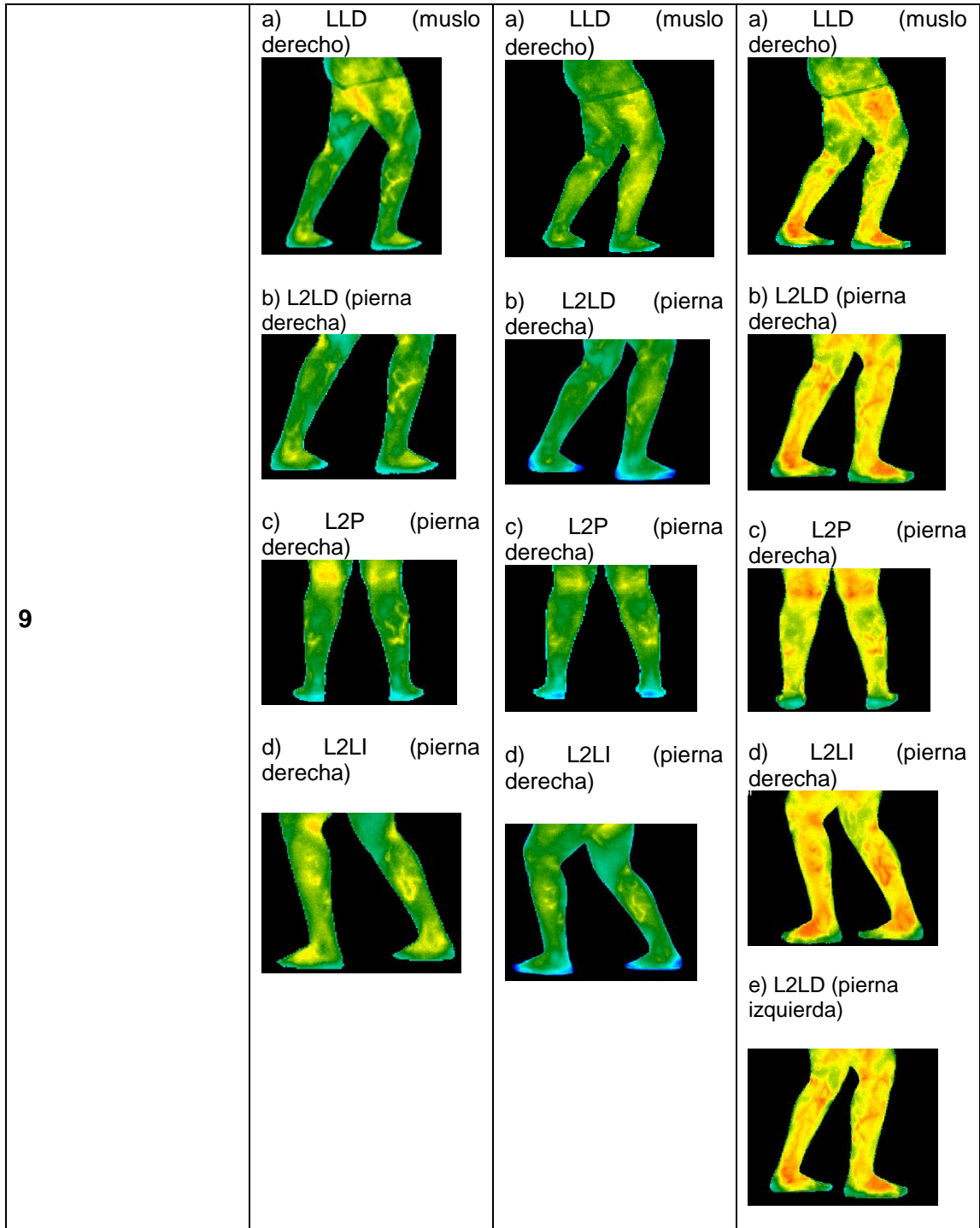


Figura 17. Todas las vistas o caras de las ROI de las futbolistas en donde se manifestaron venas varicosas (continuación).

En la TABLA V aparece la diferencia de temperatura contralateral (Δt) de la ROI en la que fue encontrada la vena varicosa, con el fin de mostrar si existía un $\Delta t > 0.5^\circ\text{C}$ entre la ROI afectada y su contraparte. En este sentido, cabe mencionar que para fines de este estudio, la Δt , fue tomada de la temperatura media de toda la ROI (por ejemplo, de rodilla a tobillo) y no únicamente a la vena varicosa. Para estudios futuros se recomienda evaluar de manera aislada este problema encontrado en futbolistas.

En la jugadora n°9 (FIGURA 17) se observó el caso más severo de venas varicosas. En este caso, gracias a la TDI logramos observar el avance en las jugadoras de los desórdenes vasculares a lo largo del tiempo y tras la demanda física que exige el entrenamiento deportivo, y en particular, el fútbol.

Con la finalidad de observar con mayor detalle estos resultados, se elaboraron gráficas de barras. En la FIGURA 18 se presentan el número de atletas afectadas con este fenómeno. Mientras que en la FIGURA 19 se presentan el número de ROIs o vistas en los que se detectaron desórdenes vasculares por etapa deportiva.

En ambas gráficas, se puede observar un incremento tanto de las zonas afectas por esta condición (venas tortuosas) como en la cantidad de jugadoras en las que se observaron las venas tortuosas, desde la etapa precompetitiva hasta la etapa postcompetitiva. La termografía digital infrarroja ha demostrado ser bastante útil en la detección de trombosis venosa profunda (comúnmente denominadas, várices), Deng et al. (2015) utilizaron la TDI para examinar las extremidades inferiores de 64 pacientes con trombosis venosa profunda (TVP) diagnosticados previamente con ecografía, Doppler y angiografía, y 64 pacientes sanos (control). El análisis cualitativo mediante el sistema rainbow, reveló una asimetría visible entre la extremidad con la TVP y la extremidad contralateral sin la TVP; las extremidades con TVP presentaron temperaturas anormalmente altas en comparación de su contraparte. De los 64 pacientes confirmados, 62 (96.88%)

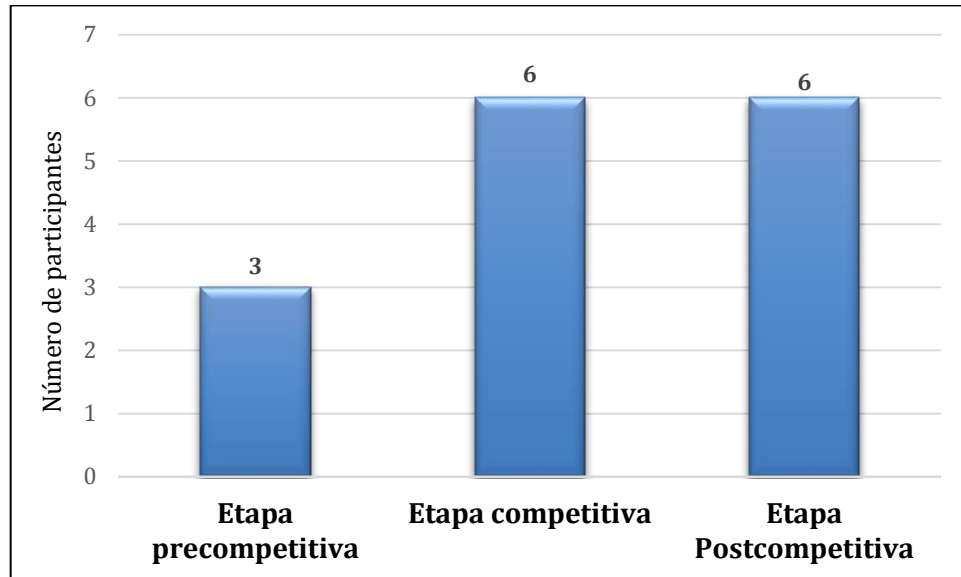


Figura 18. Número de participantes afectadas con desordenes vasculares por etapa deportiva.

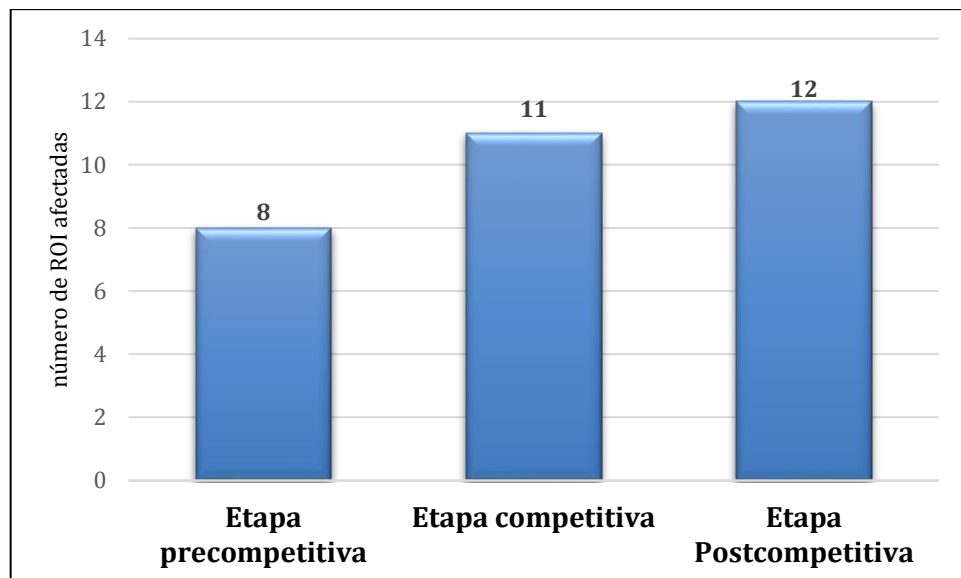


Figura 19. Número de vistas o caras en donde se localizaron desórdenes vasculares sugerentes a venas varicosas por etapa deportiva.

fueron positivos por detección con TDI, obteniendo una diferencia estadística < 0.01 entre la temperatura del área la extremidad afectada contra la que no estaba afectada (0.86 ± 0.71 °C) (Deng et al., 2015).

En nuestro estudio no se observaron diferencias de temperaturas evidentes entre la pierna donde se detectaron las venas varicosas con respecto a la pierna aparentemente sana. Una limitación de nuestro estudio fue que en los primeros análisis las imágenes termográficas no fueron tomadas con el fin de estudiar las venas varicosas, y por ende el análisis de áreas varicosas no se aisló. Además, la comparación de temperatura contralateral se realizó en toda la extremidad inferior completa, de cadera a tobillo. Para posteriores estudios con fines específicos médicos, particularmente el estudio de TVP se tomará en cuenta este criterio.

Análisis Cuantitativo de Termogramas

A continuación, se presenta en la TABLA VI un análisis estadístico en donde comparamos los resultados obtenidos por la termografía en las tres etapas. Los resultados se expresan como medianas y rangos intercuartílicos. Tomamos en cuenta la temperatura de la vista anterior de las piernas (LA), la vista posterior de las piernas (LP) y la vista lateral derecha y lateral izquierda de las piernas (LLD y LLI) de las futbolistas; así como la temperatura obtenida por la sumatoria de las cuatro vistas de las extremidades ($\frac{LA+LP+LLD+LLI}{11}$). Esto último con la finalidad de tener una idea general de la temperatura de la piel de toda la extremidad completa, es decir, en sus cuatro vistas, y comparar el valor obtenido por esta ecuación en cada etapa. La ecuación fue propuesta por Chernov et al. (2018). En esta Tabla, se puede observar que la temperatura de las participantes incrementa de forma significativa desde la etapa precompetitiva hasta la etapa postcompetitiva.

Tabla VI. Temperatura de las ROI de las futbolistas en las tres etapas.

N = 11	Etap Precompetitiva (°C)	Etap Competitiva (°C)	Etap Postcompetitiva (°C)	p
Sumatoria LA + LP + LLD y LLI	980 ^a	1018 ^{ab}	1027 ^b	0.006
LA medio	29.3 ^a (28.6 – 30.0)	30.3 ^{ab} (29.7 – 31.7)	30.9 ^b (30.5 – 31.4)	0.003
LP medi	29.8 ^a (29.2 – 30.8)	31.1 ^{ab} (29.7 – 32.2)	31.5 ^b (30.7 – 31.8)	0.031
LLD y LLI medio	29.7 ^a (28.8 – 30.4)	30.7 ^{ab} (29.8 – 31.9)	31.3 ^b (30.2 – 31.7)	0.006
LA + LP + LLD y LLI medio	29.7 ^a (28.8 – 30.5)	30.8 ^{ab} (29.8 – 31.9)	31.2 ^b (30.2 – 31.6)	0.006

Letras en superíndice diferentes representan valores con diferencias significativas entre los grupos (P<0.05). (Kuskal Wallis).

El incremento de temperatura que se dio desde la etapa precompetitiva a la etapa postcompetitiva, podría deberse a que hay periodos en los que el atleta trabaja en exceso las diferentes zonas corporales de predominancia, este periodo puede ser en el cierre de la etapa competitiva. Esto pudieran influenciar el aumento de la temperatura. Además, la fatiga y sobreentrenamiento, también expone a los jugadores a un riesgo incrementado de lesión (Milanović et al., 2017)

Además de lo anterior, se realizó un análisis estadístico para saber si había diferencias estadísticamente significativas entre la temperatura contralateral de pierna izquierda y pierna derecha (desde el punto superior del muslo justo antes de la línea perpendicular con la pelvis, hasta el tobillo) y entre la temperatura del pie izquierdo y el pie derecho de las futbolistas en cada etapa de la evaluación. Los resultados obtenidos nos indican que no se presentaron diferencias significativas entre la pierna izquierda y derecha ni entre el pie izquierdo y derecho de las futbolistas con un Δt que no superó el valor de 0.5°C (TABLA VII), por lo que, en teoría, no habría riesgo de lesión en las futbolistas cuando fueron estudiadas como una población, es por ello que realizamos una inspección de manera individual.

Análisis individual. Se realizó un análisis exploratorio individual de las diferencias contralaterales en las ROI, la condición era que la diferencia contralateral fuera mayor a 0.5°C , los resultados se muestran en la TABLA VIII. Se observa que sí se encontraron diferencias de temperatura contralateral, consideradas según la clasificación de Ring & Armer (2012) como señal de “alarma”. En la Tabla observamos que todas las jugadoras de nuestro estudio presentaron una diferencia contralateral de las extremidades inferiores ≥ 0.5 en al menos una región de interés estudiada, para las tres etapas deportivas.

Tabla VII. Diferencia contralateral de piernas y pies, analizados por temporada.

N =11	Δt contralateral de piernas ($^{\circ}\text{C}$)	p	Δt contralateral de pies ($^{\circ}\text{C}$)	p
Etapa precompetitiva	0.15	0.69	0.05	0.92
Etapa competitiva	0.05	0.93	0.003	0.99
Etapa postcompetitiva	0.01	0.97	0.2	0.72
Δt = diferencia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) Nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (t de student para muestras independientes)				

Tabla VIII. Diferencias de temperatura entre ROI contralateral ≥ 0.5 por etapa deportiva.

		Participantes	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
Etapa Precompetitiva	Δt entre LLL y LLR ($^{\circ}\text{C}$)	0.9	0.6	----	----	----	----	----	----	----	----	0.6
	Δt entre L3P izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	0.6	----	0.6	----	----	----	----	----	----	----
	Δt entre L3LR y L3LL ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	0.5	----	----	----	0.7	0.5	----	----	----
	Δt entre L3A izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	----	0.7	----	----	----	----	----	----
Etapa Competitiva	Δt entre LLL y LLR ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	0.6	----	----	----	----	----	----	----	----
	Δt entre L3P izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	0.8	----	----	----	----	----	----	----
	Δt entre L3LR y L3LL ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	----	----	0.8	0.8	----	0.6	----	----
	Δt entre L3A izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	0.8	----	----	----	----	----	----	0.5
Etapa Postcompetitiva	Δt entre LLL y LLR ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	Δt entre L3P izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	0.5	----	----	----	----	----	0.6	0.9	----
	Δt entre L3LR y L3LL ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	----	----	----	0.5	----	0.6	1.0	----
	Δt entre L3A izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	----	----	----	0.5	----	0.7	1.2	----
	Δt entre LA izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	0.5
	Δt entre LP izq y der ($^{\circ}\text{C}$)	----	----	----	----	0.7	----	----	----	----	----	----

Δt = Diferencia de temperatura contralateral ($^{\circ}\text{C}$)
 Abreviaturas: izq = pie o pierna izquierdo; der = pie o pierna derecho

El caso más extremo se presentó en la participante n°11, fue un Δt de 1.0°C y de 1.2°C en la etapa postcompetitiva; se muestra el termograma en escala de grises en la FIGURA 20. En la misma participante se observó una inflamación en la rodilla derecha en la etapa competitiva. Ella no reportaba dolor al momento de la evaluación ni lo refirió como lesión, sólo comentó que se cayó de rodillas durante el entrenamiento, pero siguió jugando sin molestia aparente (FIGURA 21A). Sin embargo, aunque detectamos la inflamación con la TDI, la diferencia de temperatura contralateral de la vista anterior de las piernas no fue mayor a 0.5°C (FIGURA 21B). Recordemos, que para corroborar el dato será necesario aplicar la TDI específicamente en las rodillas. Por ello, estas consideraciones deben formar parte de estudios futuros.

En los casos donde existió una $\Delta t > 0.5$, se les recomendó a las futbolistas tomar reposo, o medidas preventivas para reducir la señal de inflamación de esa zona. Lo anterior considerando que un Δt entre el miembro afectado y el miembro no afectado igual o mayor a 1°C es uno de los criterios diagnósticos del síndrome de dolor regional complejo (Ring & Ammer, 2012).

El síndrome del dolor regional complejo es un proceso doloroso, donde puede estar o no presente alguna lesión nerviosa (tipo I o tipo II) y aparece tras un evento crónico o agudo, donde el factor genético juega un papel que predispone al atleta. Los síntomas además del dolor son edema distal, sudoración, alteraciones de la temperatura y decoloración de la piel, hiperalgesia, debilidad muscular, y la atrofia cutánea y muscular en fases crónicas (Martínez et al., 2012). El tratamiento debe ser tanto farmacológico como no farmacológico, es decir, fisioterapéutico (Martínez et al., 2012). De ahí el valor diagnóstico de la termografía para este estudio; ya que fuimos capaces de detectar estas alteraciones con la TDI y tuvimos la oportunidad de actuar a tiempo y llevar a cabo un tratamiento adecuado. La TDI además permite el monitoreo de la lesión.

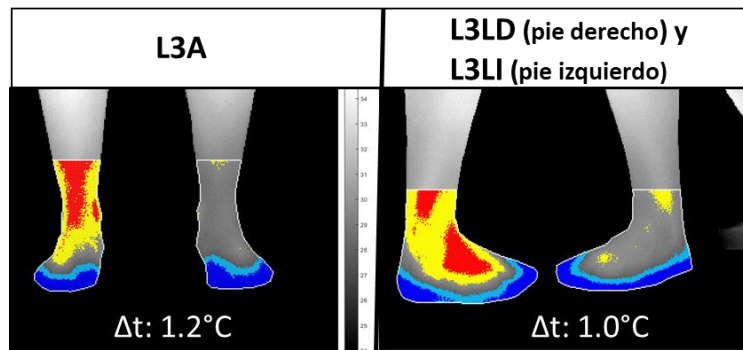


Figura 20. Imagen termográfica de los pies de la Participante número 11. A la izquierda esta la vista anterior de los pies (L3A) y a la derecha la vista lateral derecha e izquierda (L3LR y L3LL). En color gris se encuentra la temperatura media, en color amarillo y rojo la temperatura $>1^{\circ}\text{C}$ y $>2^{\circ}\text{C}$ a la temperatura media respectivamente; y en color azul cielo y azul marino la temperatura $<1^{\circ}\text{C}$ y $<2^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

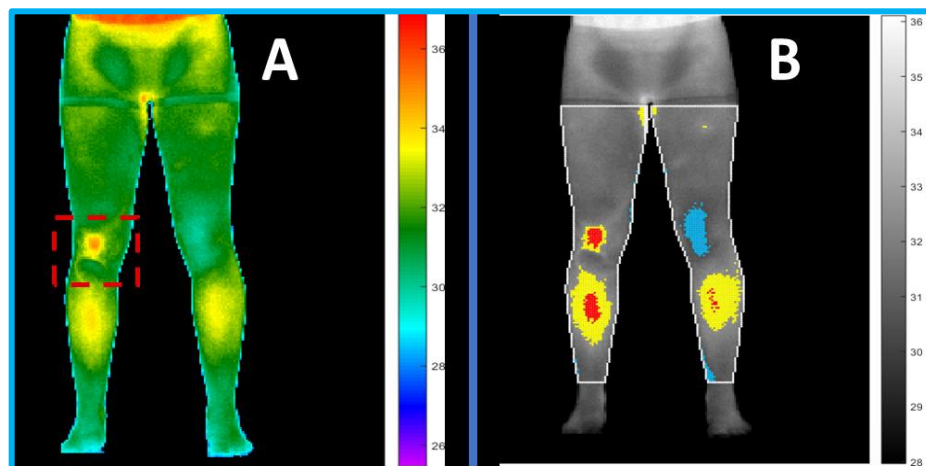


Figura 21. Termogramas de la vista anterior de las piernas de la participante n°11. A: visto en el sistema de arcoíris y B: visto en escala de grises; termograma procesado a través del programa de MATLAB® donde se observa en color rojo la región con una temperatura $>2^{\circ}\text{C}$ que la temperatura media (en color gris).

Lesiones Reportadas

Analizando el historial, ninguna participante reportó tener várices o molestias que hicieran referencia a las várices, ni tampoco mencionaron haber consultado a un médico para tal patología. Sin embargo, algunas participantes reportaron haber sufrido lesiones musculoesqueléticas a lo largo de su vida. Las lesiones reportadas y la ubicación anatómica, se observa en la TABLA IX. Cabe mencionar que, en el historial de lesiones, solo se tomaron en cuenta aquellas lesiones donde fue necesario reposo de al menos una semana, o dolores musculoesqueléticos que presentaban al momento de la evaluación termográfica.

Por otro lado, pudimos comparar la ROI contralateral de las participantes lesionadas, para ello se analizaron las temperaturas de la termografía en la etapa en la que la lesión fue reportada y se hizo una inspección individual en los termogramas aplicando el programa de MATLAB®. Los resultados obtenidos se resumen en la TABLA X, se observa que la diferencia de temperatura contralateral de las ROIs fueron menor a 0.5°C. Estos valores no sugieren una inflamación seria de tejidos (Chudecka et al., 2015; Maior et al., 2017).

En otros estudios realizados en futbolistas, no se han encontrado diferencias significativas de temperatura contralateral en las extremidades inferiores (Maior et al., 2017; Marins et al. 2015). Por ejemplo, en un estudio con 100 futbolistas de la categoría sub-19, se observó un Δt máximo de 0.2°C, sin diferencias estadísticas (Marins et al., 2014).

Debemos mencionar algunas limitaciones de nuestro estudio.

- 1.) La termografía no se aplicó al momento de que las participantes se lesionaron. Algunos termogramas se realizaron entre 2 a 4 meses después de haber ocurrido la lesión, ya que fue cuando se presentaron las jugadoras.
- 2.) Las imágenes de zonas específicas y limitadas como las rodillas, se obtuvieron desde imágenes más amplias de pierna completa (LA, LP, LLD y LLI).

Tabla IX. Tipos de lesión y el número de casos iniciales reportados por etapas.

N=10 Tipo de lesión reportada	Casos reportados (basal)	Casos nuevos		Total, de casos reportados
	Primera etapa	Segunda etapa	Tercera etapa	
Cirugía por rompimiento de LCA	1	0	0	1
Desgaste en rodilla	1	0	0	1
Dolor agudo en rodilla	1	0	2	3
Esguince en tobillo	2	0	2	4
Dolor en tobillo derecho (por torcedura o sobre uso)	1	1	1	3
TOTAL	6	1	5	12
LCA = Ligamento cruzado anterior. N=10, una participante no terminó la 3ª etapa por lo que fue eliminada del análisis.				

Tabla X. Temperatura de la ROI donde se presentó lesión (caso nuevo) y su contraparte.

Jugadora (# clave)	Lesión	L3LD medio (°C)	L3LI medio (°C)	Δt (°C)	LA der medio (°C)	LA izq medio (°C)	Δt (°C)
4	Dolor en tobillo derecho (por torcedura o sobre uso)	30.1	29.9	0.2	-----	-----	-----
5	Dolor en tobillo derecho (por torcedura o sobre uso)	31.2	31.3	0.1	-----	-----	-----
3	Dolor agudo en rodilla izquierda	-----	-----	-----	30.6	30.7	0.1
4	Dolor agudo en rodilla derecha	-----	-----	-----	30.5	30.5	0.0
6	Esguince en el tobillo izquierdo	32.0	32.3	0.3	-----	-----	-----
8	Esguince en el tobillo derecho	30.7	31.0	0.3	-----	-----	-----
L3LD: Vista lateral del pie derecho; L3LI: Vista lateral del pie izquierdo; Dif: Diferencia; LA der: Vista anterior de pierna derecha; LA izq: Vista anterior de pierna izquierda.							

Esto pudiera reducir la resolución, por lo que para estudios futuros se deberá tomar en cuenta nuestra recomendación y corregirse.

Una manera para mejorar el manejo y la interpretación de TDI en humanos, minimizando los factores técnicos potenciales que pudieran influir en la evaluación, es el uso de un protocolo estandarizado. De hecho, varias organizaciones han generado y publicado sus propios protocolos y directrices de garantía de calidad, pero ninguna hasta el momento, ha incluido una evaluación nutricional y antropométrica en futbolistas del sexo femenino con seguimiento por temporadas deportivas (Fernández-Cuevas et al., 2015).

Cineantropometría

Para el análisis de la cineantropometría se tomaron en cuenta a 10 futbolistas que concluyeron con la toma de mediciones antropométricas de las tres etapas. Como se muestra en la TABLA XI, la prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencias en todas las etapas deportivas ($p > 0.05$). No obstante, se observó una tendencia de aumento del pliegue subescapular y el abdominal desde la etapa precompetitiva a la postcompetitiva (TABLA XI). Además, se presentó un incremento de peso corporal > 1 kg en al menos el 50% de las futbolistas al final del estudio. Aunado al hecho de que algunas mediciones antropométricas incrementaron de la primer hasta la última etapa, dichos valores se encuentran por encima de la mayoría de los estudios antropométricos realizados en futbolistas del sexo femenino. Por ejemplo, en un estudio de jugadoras Eslovacas (edad 23.02 ± 4.2 años, estatura 169 ± 6.7 cm) reportan un perímetro de cintura y un peso corporal menor al de nuestras jugadoras en cualquier etapa deportiva, 72.26 ± 4.5 cm y 61.92 ± 7.6 kg respectivamente, esto a pesar de que presentan una mayor estatura las de República Eslovaca (Peráčková, 2013). Algunos datos antropométricos varían significativamente entre los grupos raciales/étnicos (Heymsfield et al., 2016).

Tabla XI. Valores antropométricos de las jugadoras de futbol soccer por etapa deportiva.

	Precompetitiva	Competitiva	Postcompetitiva	p
Edad (años)	19.7 ± 1.25	19.9 ± 1.1	20.4 ± 1.3	-
Estatura (cm)	162 (159,165)	162 (159,165)	162 (159,165)	-
Peso (kg)	63.1 (54.7 – 68.9)	63.0 (54.5 – 68.4)	64.6 (56.3 – 70.0)	0.823
Pliegue tricipital (mm)	20.0 (15.1 – 22.9)	16.5 (12.2 – 23.3)	20.9 (16.7 – 24.5)	0.526
Pliegue subescapular (mm)	18.8 (12.3 – 22.6)	17.3 (9 – 25.2)	19.9 (11.9 – 28.3)	0.736
Pliegue bicipital (mm)	8.5 (6.7 – 12.2)	9.8 (5.6 – 13.3)	8.9 (5.9 – 11.5)	0.971
Pliegue suprailíaco (mm)	28.4 (20.9 – 32.9)	26.7 (16.8 – 34.4)	30.8 (18.1 – 35.1)	0.847
Pliegue supraespinal (mm)	15.0 (11.4 – 21.2)	15.75 (10.6 – 21.9)	14.8 (11.5 – 21.2)	.999
Pliegue abdominal (mm)	24.3 (21.8 – 27.8)	24.6 (20.1 – 32.2)	27.3 (20.2 – 30.4)	0.949
Pliegue muslo (mm)	22.5 (18.4 – 29.7)	21.4 (15.7 – 29.3)	21.9 (17.3 – 35.1)	0.852
Pliegue pantorrilla (mm)	15.0 (11.6 – 20.2)	13.9 (10.1 – 19.8)	15.5 (10.8 – 22.3)	0.839
Perímetro de brazo relajado (cm)	27.4 (24.8 – 30.5)	26.8 (23.8 – 29.4)	27.5 (25 – 30.4)	0.917
Perímetro de brazo contraído (cm)	28.4 (26.2 – 31.1)	27.9 (25.8 – 30.3)	28.1 (26.6 – 31.2)	0.878
Perímetro de cintura (cm)	76.4 (66.3 – 79.0)	75.9 (66.9 – 77.5)	77.1 (67.6 – 80.3)	0.776
Perímetro de cadera (cm)	98.3 (94.3 – 104)	97.4 (91.7 – 104)	100 (93.9 – 109.8)	0.798
Perímetro de pantorrilla máxima (cm)	35.3 (34.2 – 36.9)	35.0 (33.8 – 37.3)	35.7 (34.5 – 37.6)	0.774
Diámetro biepicondíleo del humero (cm)	6.13 (6.01 – 6.31)	6.04 (5.9 – 6.31)	6.16 (5.96 – 6.31)	0.704
Diámetro biepicondíleo del femoral (cm)	9.13 (8.81 – 9.27)	9.06 (8.84 – 9.44)	9.1 (8.81 – 9.56)	0.889
Valores con diferencias significativas entre los grupos cuando p<0.05 (Kruskal-Wallis).				

Composición corporal

Para fines de este estudio, la estimación de la composición corporal se realizó en cuatro compartimentos (grasa, músculo, masa ósea, masa residual). Este modelo, reduce los errores de los modelos de dos compartimentos, al agregar alguna proporción de la masa libre de grasa, como el músculo o la masa ósea, que son atribuibles a diferencias individuales (Heymsfield et al., 2007; Guillén et al., 2015).

Para la composición corporal, también se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, al igual que para la cineantropometría. Aunque no encontramos diferencias significativas, se observó un incremento de casi 1 kg de masa grasa de las futbolistas entre la etapa precompetitiva y la postcompetitiva. Esta tendencia al aumento se observó en la sumatoria de pliegues (TABLA XII). El valor de pliegues cutáneos es una medición directamente correlacionada con el porcentaje de MG, y es muy utilizada cuando se realiza antropometría en atletas (Casajús & Aragonés, 1991). Los pliegues más comunes son seis: tricipital, subescapular, abdominal, pantorrilla, supraespinal y muslo medial. Observamos que, el porcentaje de grasa mostró una tendencia al aumento desde la primera etapa hasta la última etapa deportiva, a diferencia del porcentaje de masa muscular, expresado en medianas, que descendió (FIGURA 22). No se presentaron diferencias significativas entre las tres etapas ($p > 0.05$).

Por otro lado, el porcentaje de MM de nuestras futbolistas fue 42.47%, en la etapa precompetitiva (porcentaje más alto de las tres etapas), resultado similar al reportado por Barraza et al. (2015) en 76 futbolistas chilenas profesionales (18 - 30 años de edad), con una media de 42.3% de MM y 30.9% de MG, este último más alto que el de nuestras futbolistas (\bar{x} : 22.9% en la etapa competitiva). Sin embargo, resulta contradictorio que en el estudio chileno la sumatoria de pliegues

Tabla XII. Composición corporal de cuatro compartimentos de las tres etapas, IMC y sumatoria de pliegues de las futbolistas universitarias.

Variables	Etap precompetitiva	Etap competitiva	Etap postcompetitiva	p
Masa grasa (kg)	13.7 (10.0 – 18.2)	13.4 (8.4 – 18.5)	14.6 (9.7 -20.7)	0.87
Masa muscular (kg)	25.4 (24.2 – 28.1)	25.8 (24.6 – 28.2)	26.2 (24.6 – 27.7)	0.95
Masa ósea (kg)	9.14 (8.62 – 9.8)	9.32 (8.73 – 9.8)	9.36 (8.68 – 9.81)	0.87
Masa residual (kg)	13.18 (11.4 – 14.4)	13.2 (11.4 – 14.3)	13.5 (11.8 – 14.6)	0.82
Σ6 pliegues (mm)	113 (95 – 147)	115 (78.4 – 144)	119 (88.7 – 156)	0.88
IMC (kg/m ²)	24.8 (21.1 – 26.0)	24.52 (21.1 – 26.5)	24.9 (21.9 – 27.8)	0.80
IMC = Índice de masa corporal; Σ6 pliegues = tricipital + subescapular + supraespinal + abdominal + muslo medial + pantorrilla. Valores con diferencias significativas entre los grupos cuando p<0.05 (Kruskal-Wallis).				

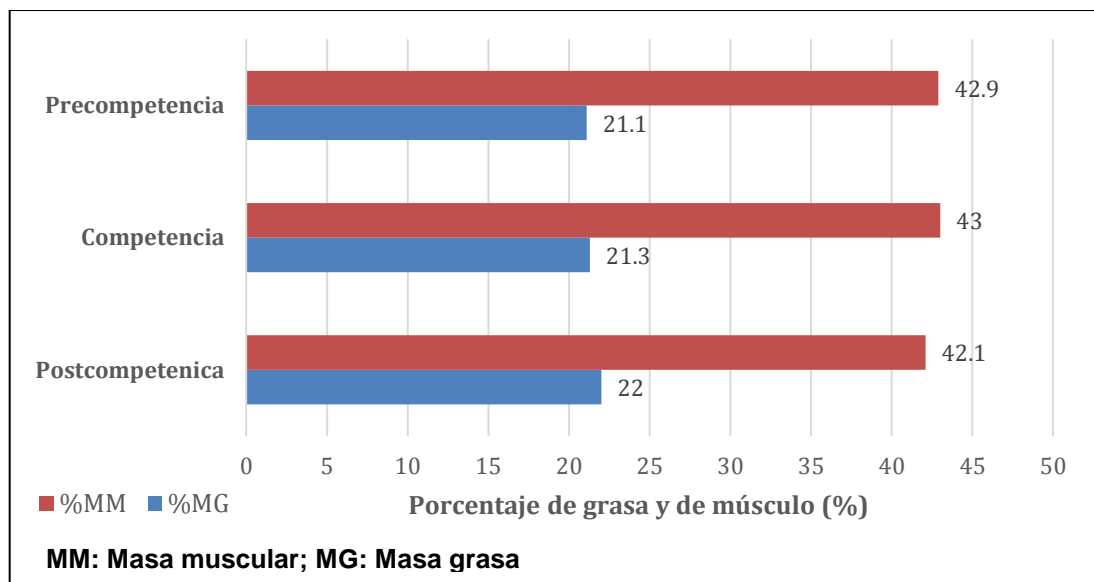


Figura 22. Gráfica del porcentaje de MG y MM de las futbolistas en las tres etapas deportivas.

fuera 89.6 mm, más bajo que el de nuestras futbolistas en cualquiera de las tres etapas. Queda claro que la ausencia de ecuaciones en el apartado metodológico del estudio de Barraza limita esta comparación. Así mismo en España, se evaluó con una metodología similar a la nuestra la composición corporal del equipo de fútbol femenino de Primera División. Los autores observaron que el porcentaje medio de MG de 100 futbolistas fue $21.88 \pm 1.0\%$ (Sedano et al., 2009). Este valor es similar al obtenido en las tres etapas de nuestro estudio (22.2% en precompetitiva, 21.7% en competitiva y 22.9% en postcompetitiva). En cuanto al porcentaje de MM, ellos determinaron un valor de $41.5 \pm 0.9\%$, valor igual al obtenido en la etapa post competitiva de nuestro estudio ($41.5\% \pm 4.4$ de MM).

Por otra parte, evaluamos la MG por posición de juego (TABLA XIII). La posición de juego en el equipo de fútbol es de extrema importancia por las diferentes demandas físicas que conlleva un deporte en específico (Matkovic et al., 2003). En la FIGURA 23, se observa que, en nuestro estudio, fueron las defensas quienes presentaron el porcentaje de grasa corporal más alto que cualquier otra posición de juego en las tres etapas, presentando el mayor porcentaje de grasa en la etapa postcompetitiva (25.1%), en contraste al estudio por Nikolaidis (2014), donde las defensas obtuvieron el valor más bajo (21.7%). Mientras que, para las otras posiciones de juego: delanteras, mediocampistas y porteras, se observaron porcentajes más bajos que los reportados por Nikolaidis, 22.3, 23.6 y 27.8% respectivamente. Cabe mencionar que Nikolaidis (2014) utilizó la ecuación de Parizkova para obtener el porcentaje de grasa, la ecuación considera la sumatoria de diez pliegues cutáneos, a diferencia de los seis pliegues que utilizamos nosotros. Debemos considerar que al estimar estos valores mediante fórmulas y no con métodos de referencia, puede ser una limitación de nuestro estudio. Sin embargo, para fines prácticos y comerciales se continúan utilizando métodos indirectos.

Tabla XIII. Composición corporal de cuatro compartimentos de las tres etapas, IMC y sumatoria de pliegues de las futbolistas universitarias.

Posición de juego	Delanteras*	Mediocampistas	Defensas	Porteras
Etapla Precompetitiva				
Masa grasa (kg)	8.25	13.7 ± 5.86	15.9 ± 5.15	14.3 ± 5.84
Masa muscular (kg)	23.2	28.5 ± 6.53	26.7 ± 4.17	25.6 ± 1.65
Masa ósea (kg)	8.61	9.86 ± 0.26	9.18 ± 0.56	8.95 ± 0.45
Masa residual (kg)	10.6	13.8 ± 3.34	13.7 ± 2.40	12.9 ± 2.09
Σ pliegues (mm)	82.3	111 ± 35.7	132 ± 32.1	122 ± 35.2
IMC (kg/m ²)	19.8	24 ± 1.02	25.3 ± 3.26	24.2 ± 3.75
Etapla Competitiva				
Masa grasa (kg)	8.19	12.9 ± 1.93	15.3 ± 4.90	15.0 ± 9.01
Masa muscular (kg)	24.0	28.3 ± 0.1	26.9 ± 3.85	25.3 ± 0.50
Masa ósea (kg)	8.68	9.87 ± 0.17	9.15 ± 0.7	9.23 ± 0.38
Masa residual (kg)	10.8	13.5 ± 0.49	13.6 ± 2.0	13.1 ± 2.35
Σ pliegues (mm)	79.3	106 ± 14.7	127 ± 36.8	123 ± 63.2
IMC (kg/m ²)	20.2	23.5 ± 1.00	25.2 ± 2.90	24.5 ± 4.33
Etapla Postcompetitiva				
Masa grasa (kg)	8.56	14.6 ± 1.00	17.03 ± 5.10	15.0 ± 8.26
Masa muscular (kg)	24.1	28.0 ± 1.07	26.8 ± 3.38	25.7 ± 0.95
Masa ósea (kg)	8.71	9.97 ± 0.23	9.18 ± 0.68	9.24 ± 0.46
Masa residual (kg)	10.9	13.9 ± 0.49	14.0 ± 1.89	13.2 ± 2.40
Σ pliegues (mm)	61.9	59.4 ± 68.7	138 ± 39.6	124 ± 54.8
IMC (kg/m ²)	20.5	24.3 ± 1.00	25.9 ± 2.87	24.7 ± 4.54
*En la posición de juego de "delanteras", los valores corresponden sólo a una jugadora.				

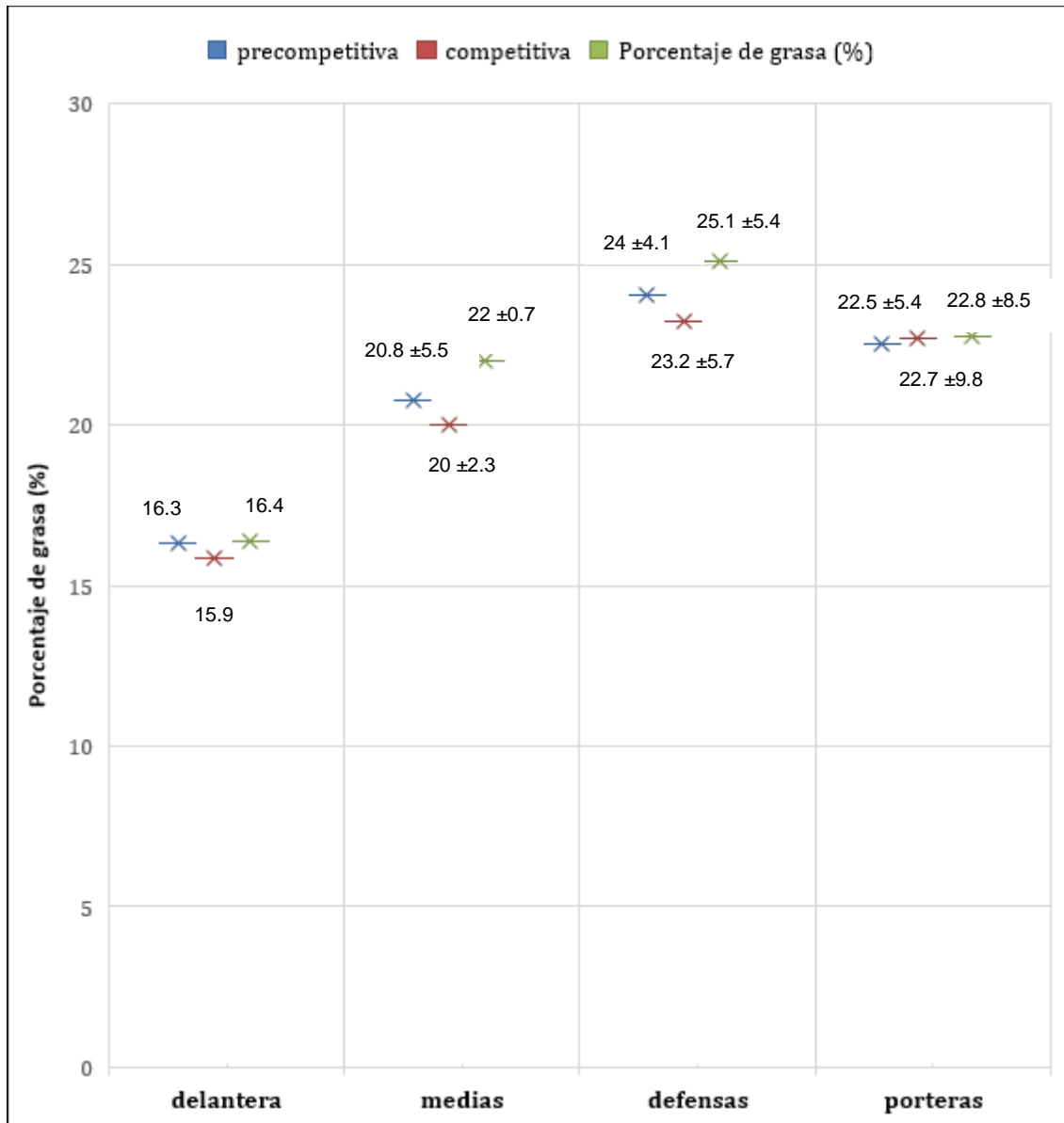


Figura 23. Gráfica del porcentaje de grasa de las futbolistas en las tres etapas y por posición de juego.

En otro estudio realizado por Hasegawa & Kuzuhara (2015) en futbolistas universitarias asiáticas, reportaron valores de porcentaje de grasa corporal superior al de las futbolistas mexicanas de nuestro estudio en cualquiera de las tres etapas deportivas. Sin embargo, para el índice de masa corporal se reportó un valor de las asiáticas de 21.6 kg/m^2 , muy por debajo al de las futbolistas mexicanas de nuestro estudio (TABLA XII). Cabe mencionar que Hasegawa y Kuzuhara (2015) no definieron qué ecuación o método utilizaron para obtener el porcentaje de grasa de las jugadoras universitarias japonesas, y como lo menciona Francis Holway, miembro titular de la Sociedad Internacional de Avances de Cineantropometría (ISAK) “existe un grave problema cuando se publican datos de composición corporal de deportistas y no se detalla con cuál de las ecuaciones se calculó la grasa corporal”, ya que se complica al momento de realizar una comparación entre la misma población (Peniche, 2011).

A pesar de haber contado con un número bajo de participantes ($n = 10$), nos parece importante la clasificación que mostramos en la TABLA XIII. En dicha tabla, se observa que las defensas fueron las participantes con mayor grasa corporal en las tres etapas y la de menor grasa corporal fue la delantera, esto concuerda con Barraza et al. (2015), en donde las delanteras presentaron el porcentaje de grasa más bajo.

En las futbolistas, mantener un porcentaje de grasa corporal bajo y un peso acorde a su disciplina deportiva, es indispensable para mantener un riesgo bajo de padecer alguna lesión deportiva (Falces et al., 2015). A pesar de conocer que existe esta relación entre la composición corporal y las lesiones deportivas, es necesaria más investigación para estimar un rango de porcentaje de grasa adecuado para prevenir lesiones en el fútbol (Kemper et al., 2015).

Con base al criterio de Cardozo et al. (2016), las atletas mujeres pueden clasificarse con base a su porcentaje de grasa corporal. Ellos utilizaron ese criterio para clasificar a mujeres universitarias pertenecientes al programa de

rendimiento deportivo con edad de 21.9 ± 1.3 años y una talla de 1.59 ± 0.04 m de Bogotá, Colombia. Además se basaron en el método de bioimpedancia eléctrica para determinar el porcentaje de grasa corporal (Cardozo et al., 2016; Macias et al., 2007):

- Delgado: < 15% de grasa
- Óptimo: entre 15.1 – 20.9% de grasa
- Ligero sobrepeso: entre 21% - 25.9% de grasa
- Sobrepeso: entre 26 – 31.9%
- Obeso: $\geq 32\%$

Con base a este criterio nuestras futbolistas presentan ligero sobrepeso en las etapas en las que fueron evaluadas, ya que su porcentaje de grasa estuvo entre 21 y 25.9 %, esto a pesar de que caen en una clasificación normal en el IMC ($< 25 \text{ kg/m}^2$), ver TABLA XII. Siguiendo este criterio, la delantera de nuestro estudio cayó en una clasificación de óptimo porcentaje de grasa en las tres etapas evaluadas, así como las mediocampistas, pero sólo en la etapa precompetitiva y competitiva con una media de 20.8% y 20% de grasa corporal respectivamente. Aunque ninguna posición de juego cayó dentro de la clasificación de sobrepeso, de manera individual tenemos que: dos futbolistas sí fueron clasificadas con sobrepeso en la etapa precompetitiva (con 28.5 y 28.1% de grasa corporal); en la etapa competitiva, una futbolista terminó en esta misma clasificación (con 28.9% de grasa corporal) y una más fue clasificada con obesidad (33.2% de grasa corporal); mientras que en la etapa postcompetitiva dos futbolistas terminaron en la clasificación de sobrepeso (26.8 y 30.6 % de grasa corporal) y una más en la clasificación de obesidad, con 32% de grasa corporal.

Hay otros métodos reportados para determinar la composición corporal utilizando 4 compartimentos, como el usado por Valencia et al, 2009. Los investigadores utilizaron la técnica de dilución con deuterio resultando en un método altamente preciso ($R^2 = 98\%$). En nuestro estudio utilizamos la fórmula

“de Ross y Guimares” en donde incluimos la ecuación de Yuhasz (1974) para la obtención del componente graso, recomendada por ISAK.

Holway (2005) menciona que “el gran problema de la composición corporal es que no existe un método directo para medirla, y para hacerlo sería necesario diseccionar in vivo al atleta”. En consecuencia, los métodos son indirectos y con cierto grado de error. Este grado de error varía según el método utilizado para cuantificar esta composición corporal. La ecuación de Durnin y Womersley de 1974, por ejemplo, utilizó una muestra de sujetos en Escocia que incluía desde atletas magros hasta obesos. El objetivo era generar una ecuación general en vez de específica para un grupo en particular. El resultado es que esta ecuación tiende a sobreestimar la grasa en sujetos magros y a subestimarla en los obesos” (Durnin & Womersley, 1974). A pesar de ello, existen métodos indirectos de referencia, que cuentan con validez en estudios para composición corporal, tales como dilución isotópica, densidad, densitometría ósea (DXA) y el modelo de 4C (Valencia & Villegas, 2012; Ramírez et al., 2010; Ramírez et al., 2009). Sin embargo, en muchas ocasiones resulta más conveniente, pero sobre todo práctico, métodos de campo que nos permitan adaptarnos a la vida deportiva, académica y laboral del atleta universitario para llevar a cabo las evaluaciones sin interrumpir sus entrenamientos y demás compromisos, especialmente cuando se requieren repetidas mediciones a lo largo del periodo deportivo y de distintas naturalezas, como lo indica el objetivo de este proyecto.

Somatotipo

Las jugadoras de futbol soccer de nuestro estudio en promedio presentaron un somatotipo con predominancia en endomorfismo en las tres etapas deportivas, predominando así el componente graso. En concordancia con el porcentaje de grasa que se obtuvo mediante la cineantropometría. En la TABLA XIV, se muestran los componentes del somatotipo obtenidos por etapa.

Tabla XIV. Somatotipo de las futbolistas en las tres etapas.

	Endomorfía	Mesomorfía	Ectomorfía	X	Y
Precompetencia	5.4 ± 1.3	4.5 ± 0.9	1.4 ± 1.1	-4.0	2.2
Competencia	5.3 ± 1.8	4.4 ± 0.9	1.4 ± 1.1	-3.9	2.1
Postcompetencia	5.7 ± 1.5	4.6 ± 1.1	1.3 ± 1.1	-4.5	2.2
En todas las etapas la clasificación del somatotipo fue Endo-mesomorfo, según la metodología de Carter.					

La clasificación dentro del somatotipo que les corresponde es Endomesomorfo, que significa que predomina la endomorfía, y la mesomorfía es mayor que la ectomorfía (Clavijo-Redondo et al., 2016). La FIGURA 24 muestra las ubicaciones de cada atleta en la somatocarta, en la etapa precompetitiva (Figura 24A), competitiva (Figura 24B) y postcompetitiva (Figura 24C).

En un estudio llevado a cabo por Martínez-Cervantes et al. (2018) se evaluó el somatotipo de 18 futbolistas mujeres, donde se encontraron valores de 3.1–3.5–2.6 para los componentes de endomorfía–mesomorfía–ectomorfía, lo que las clasifica en “Central”, es decir, el componente graso, muscular y linealidad relativa son iguales, donde los tres componentes no difieren en más de una unidad el uno con el otro (Cervantes et al., 2018). En otro estudio, Barraza y colaboradores (2015) evaluaron a 76 futbolistas chilenas profesionales encontrando valores para el somatotipo de 4.4 – 3.9 – 1.8; al igual que en nuestro estudio, el componente endomorfo fue mayor a los otros dos, sin embargo, la clasificación permaneció como “Endomorfo-mesomorfo”, ya que no hubo una diferencia mayor a 0.5 entre endomorfía y mesomorfía. En este sentido, el componente graso y el componente magro es similar en las futbolistas chilenas. Esto contrasta con los resultados para las futbolistas mexicanas de nuestro estudio, ya que determinamos que la endomorfía (componente graso) es mayor casi en una unidad con respecto a la mesomorfía (componente magro) en cualquiera de las tres etapas (TABLA XIV). Característica desfavorable para el rendimiento de las deportistas, al ser uno de los factores para sufrir lesiones deportivas. Esto nos habla de la importancia de una intervención en nuestras futbolistas, tanto en el aspecto nutricional como en el aspecto del acondicionamiento físico, y con ello disminuir el componente graso y en general el exceso de peso corporal. Es bien sabido que un exceso de peso en deportes con episodios de alta intensidad, con frecuentes cambios de dirección, frenados, sprints, saltos, etc., pone en riesgo la integridad física del atleta, sobre todo en deportes como el fútbol (González et al., 2015; Falces et al., 2015).

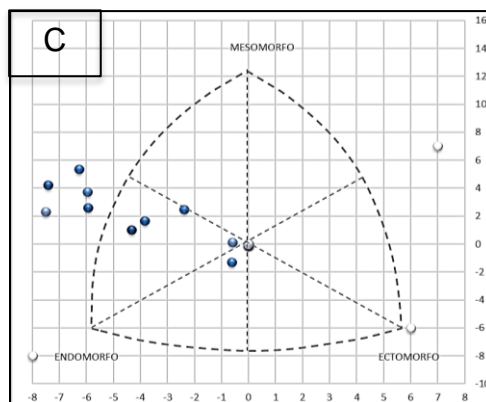
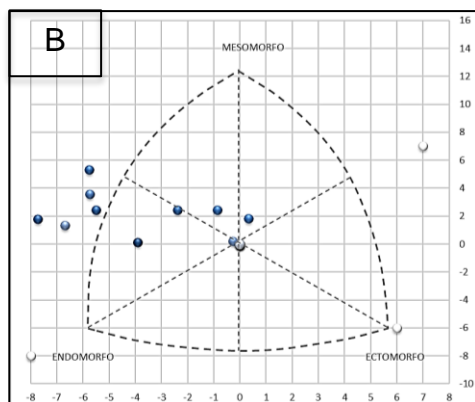
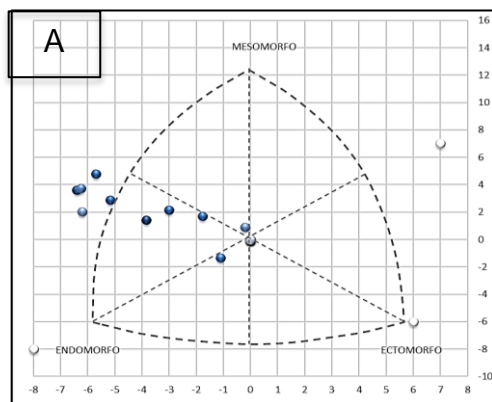


Figura 24. Somatocarta. Se observa un somatotipo endo-mesomorfo para las tres etapas de las futbolistas. A: etapa precompetitiva, B: competitiva y C: postcompetitiva. Cada punto representa a una jugadora.

Análisis Dietario

Ingesta y Distribución Calórica

En la TABLA XV, se muestra el análisis estadístico del consumo calórico estimado por el R24 en las tres etapas del estudio. No se observaron diferencias significativas, sin embargo, se observa una ingesta de kcal mayor en la etapa competitiva con respecto a las otras dos etapas. Generalmente, el aumento de kcals totales se asocia al aumento en la ingesta dietaria de carbohidratos y grasas. En nuestro estudio, se observó una ingesta de carbohidratos mayor en la etapa competitiva en comparación con las otras dos etapas (TABLA XV). En otros trabajos, se reportan valores más bajos en el consumo de kcal de las futbolistas, que van entre 1904 ± 366 y 2291 ± 310 kcal (Clark et al., 2003; Mullinix et al., 2003).

Por otro lado, es importante conocer el GET de las futbolistas, para determinar la ingesta calórica adecuada. Cuando estimamos este valor, encontramos que las jugadoras de nuestro estudio presentaron un superávit calórico en el consumo de kcal en la etapa competitiva de +726 kcal (TABLA XV); evidenciando un mal manejo en el equilibrio entre el gasto energético y la ingesta calórica. Un desequilibrio energético como tal, resulta ser el responsable del incremento de peso corporal.

En un estudio llevado a cabo por Martin et al. (2006), donde evaluaron en la etapa competitiva el GET de 16 futbolistas profesionales del sexo femenino, observaron una media del gasto energético total de 2154 ± 596 kcal, un valor por debajo al de nuestro estudio en la misma etapa (\bar{x} : 2234 ± 180). El GET estimado más alto de nuestras participantes fue en la etapa postcompetitiva (\bar{x} : 2257 kcal). De hecho, se observa en la TABLA XV, un incremento gradual del GET desde la etapa precompetitiva a la competitiva, esto puede explicarse debido al incremento del peso corporal de las atletas, ya que la ecuación que utilizamos para el GET toma en cuenta esta variable.

Tabla XV. Análisis descriptivo de la estimación de las kcal consumidas por etapa y de los macronutrientes en gramos.

n = 10	Etap Precompetitiva	Etap Competitiva	Etap Postcompetitiva	P
GET (kcal)	2093 (1947 – 2275)	2203 (2090 – 2350)	2230 (2117 – 2390)	0.208
Ingesta calórica (kcal)	1847 (1311 – 2383)	2929 (1896 – 3444)	2179 (1750 – 3264)	0.072
Ingesta de proteína (g)	73.6 (46.2 – 95.1)	100 (79.4 -144)	96.0 (76.4 – 144)	0.059
Ingesta de carbohidratos (g)	178 (145 – 293)	372 (201 – 418)	285 (186 – 409)	0.337
Ingesta de grasas (g)	78.0 (51.8 – 98.6)	89.9 (68.1 – 147)	85.9 (58.8 – 129)	0.168
GET = Gasto energético total. * = diferencia significativa P<0.05 (Kruskal-Wallis)				

En la TABLA XVI se observa la ingesta estimada por R24 h de carbohidratos, proteínas y grasas, así como la recomendación para cada uno de estos macronutrientes. Estas recomendaciones se basan en lo establecido por la ACSM para deportistas intermitentes: carbohidratos 6 gr/kg de peso corporal y proteínas 1.3 gr/kg de peso corporal; la recomendación de grasa no tiene un valor como tal, pero se pide que no supere el 30% de las kcal totales (Medicine & Association, 2000). En esta Tabla, se observa que las futbolistas consumieron menos carbohidratos de lo recomendado con respecto al peso promedio en las tres etapas (precompetitiva y competitiva: 62.9 kg, y postcompetitiva: 64.3kg). La deficiencia de carbohidratos puede ser perjudicial para su desempeño deportivo, ya que compromete el depósito de glucógeno y la biodisponibilidad de glucosa durante el entrenamiento (Burke, 2011). En cuanto a las proteínas, las atletas cubrieron los requerimientos recomendados, excepto en la etapa precompetitiva. Además, la ingesta estimada de grasas fue mayor de lo que se recomienda en las tres etapas; y esta es la razón más probable por lo que se haya observado en las jugadoras un incremento del 2.3 % del peso corporal en la etapa postcompetitiva con respecto a la competitiva (TABLA XI) y del porcentaje graso (+ 1.2 %) (FIGURA 22).

En la FIGURA 25, podemos observar un comportamiento similar en la distribución de las kcal provenientes de CHOS, proteínas y grasas con respecto a las kcal totales en todas las etapas evaluadas. Con respecto a los CHOS, encontramos un consumo estimado muy por debajo de lo recomendado (60 – 70%) (Martin et al., 2006) incluso en la etapa competitiva, etapa en la que se estimó un consumo máximo de carbohidratos de \bar{x} : 48.9%. En la misma Figura, se observa que el consumo de grasas estimado fue mayor al 30% en las tres etapas evaluadas, con un porcentaje máximo de \bar{x} : 37.62% en la etapa precompetitiva. No se encontraron diferencias significativas de la ingesta estimada de macronutrientes entre las tres etapas.

Tabla XVI. Tabla comparativa entre la estimación de los macronutrientes ingeridos y los recomendados expresados en kcal.

	Etapa Precompetitiva	Etapa Competitiva	Etapa Postcompetitiva
Ingesta calórica adecuada estimada con base al GET (kcal)	2125	2234	2257
CARBOHIDRATOS (kcal)			
Ingesta estimada de Carbohidratos de futbolistas	908	1329	1161
Recomendación por la ACSM	1509	1509	1544
PROTEÍNAS (kcal)			
Ingesta estimada de proteínas de futbolistas	295	429	420
Recomendación por la ACSM	328	328	334
GRASAS (kcal)			
Ingesta estimada de grasas de las futbolistas	706	954	876
Recomendación por la ACSM	< 473	< 558	< 564
ACSM = American College of Sport Medicine			

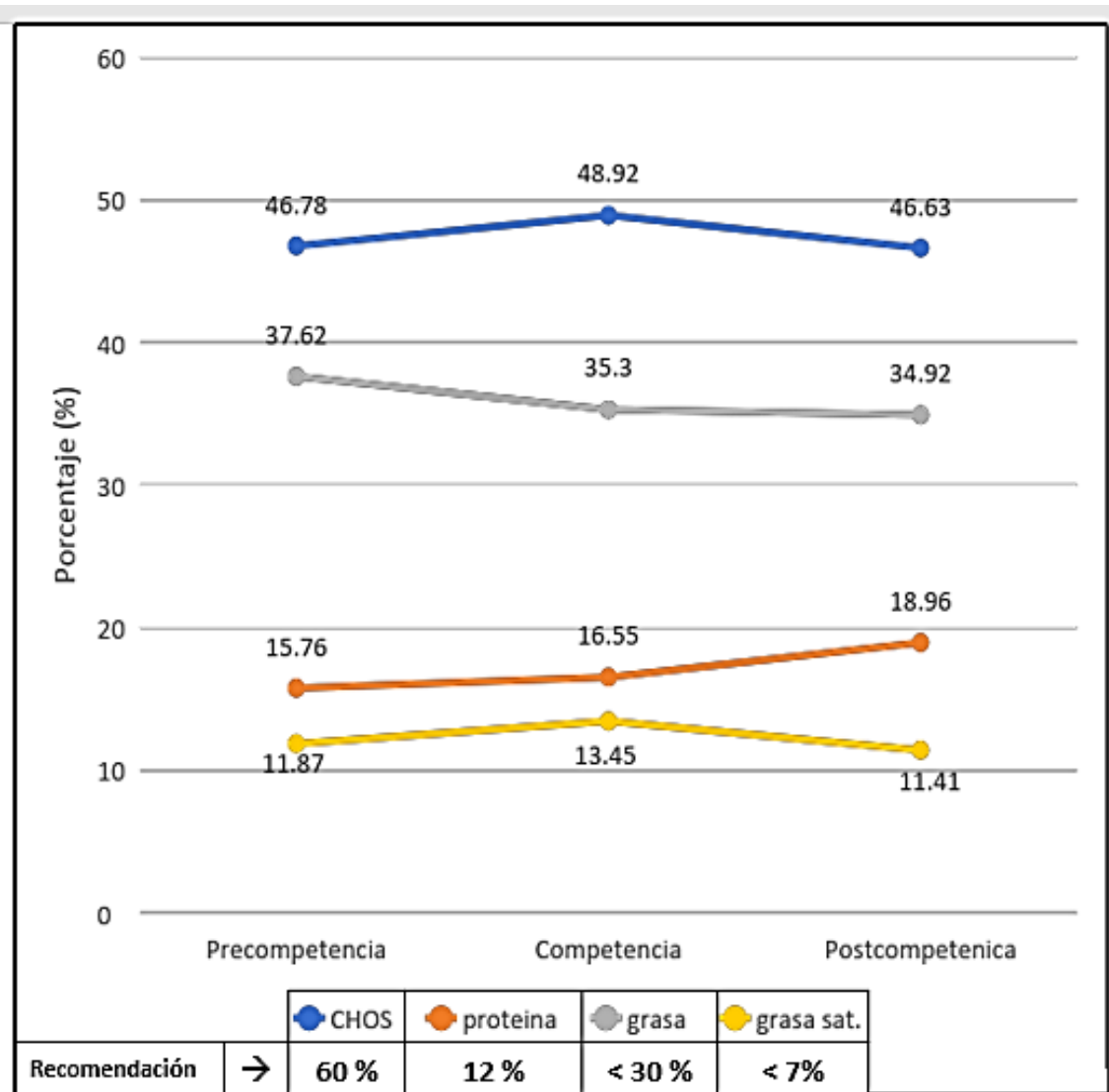


Figura 25. Porcentaje medio de la distribución calórica de macronutrientes y el valor medio del consumo de la grasa saturada. Porcentajes basados en el consumo estimado de las kcal totales.

Adicionalmente, estimamos el consumo de grasa saturada (grasa sat.), observándose una ingesta >7% en las tres etapas (FIGURA 25). Este valor estuvo por encima de lo recomendado por la American Heart Association (AHA), el cual es un factor de riesgo para problemas cardiovasculares (Lichtenstein et al., 2006).

En la Figura 25, se observa que la proteína fue el único macronutriente que cumplió con las recomendaciones en cuanto a la distribución dietética total (>12%), sin embargo, como vimos en la TABLA XVI, los gramos por kilogramo de peso estimado de este macronutriente fueron deficientes en la etapa precompetitiva; razón por la que distintos autores sugieren considerar esta pauta en lugar de la distribución calórica por porcentaje (Medicine & Association, 2000).

Es importante mencionar que la distribución apropiada de macronutrientes influirá directamente en el desempeño deportivo como lo demuestran algunos estudios, Mullinix et al. (2003), por ejemplo, observaron que el bajo consumo de grasas y un consumo por arriba del 60% de CHOS influye positivamente en el desempeño del fútbol soccer femenino universitario. La literatura coincide en que la ingesta de CHOS es un factor nutricional clave para hacer frente a las demandas futbolísticas y promover la recuperación entre los juegos (García-Rovés et al., 2014). Burke et al. (2006), propusieron 5 – 7 gr/kg de peso corporal al día como un rango objetivo razonable para el consumo de CHOS para entrenamientos moderados y cumplir con las demandas competitivas, aumentando a 7 – 10 gr/kg de peso corporal al día para entrenamientos intensivos y abastecimiento de las reservas de glucógeno. En este sentido, nuestras futbolistas reportaron una ingesta estimada de CHOS de 3.7 ± 2.0 g/kg; 5.4 ± 2.2 g/kg; y 4.7 ± 2.3 g/kg de peso corporal en la etapa precompetitiva, competitiva y postcompetitiva respectivamente (en relación con el peso medio de cada etapa). Sólo en la etapa competitiva cumplieron con lo establecido por Burke et al., (2011).

Así como en nuestro estudio, otros estudios han reportado deficiencias en el consumo de CHOS. En el reporte de García-Rovés et al. (2014), se discute sobre los resultados de una ingesta de CHOS de 4.1 a 5.2 g/kg de peso corporal que se reportaron en mujeres que practican fútbol, sugiriendo que una cantidad deficiente de este macronutriente puede influenciar de forma negativa el rendimiento al no cumplir con las necesidades propias para el buen desempeño en este deporte.

Los CHOS son indispensables para la restauración de glucógeno post-partido. El glucógeno es el substrato más importante para la producción de energía en deportes como el fútbol. Cabe mencionar que en condiciones extremas, aun teniendo dietas altas en CHOS, la recuperación del glucógeno no es tan rápida, por ejemplo, en el estudio de Krstrup et al. (2006), encontraron que las jugadoras tenían una pérdida de glucógeno muscular a pesar de llevar una dieta suficiente de CHOS, ellos observaron una disminución significativa del glucógeno muscular inmediatamente y hasta 24 h después del partido ($P < 0.001$), y que los niveles normales de glucógeno muscular se recuperaron hasta las 48 h postpartido (Delextrat et al., 2013; Krstrup et al., 2006). Así, podemos inferir que a menor cantidad de CHOS la recuperación de las reservas de glucógeno tardará más tiempo comprometiendo no sólo la recuperación física, sino también el desempeño en el partido y en los entrenamientos subsecuentes.

Por otro lado, la ingesta estimada del colesterol total (mg) de nuestras participantes estuvo por encima de lo recomendado (>300 mg/día) (Lichtenstein et al., 2006) en la etapa competitiva y en la postcompetitiva. Generalmente esto ocurre en una dieta alta en grasas saturadas, como la que presentaron en este estudio. Además, la ingesta de fibra nunca llegó a lo recomendado de 21 – 38 gr/día (McGill & Devareddy, 2015), teniendo un consumo estimado mínimo de \bar{x} : 15.7 g, y como máximo \bar{x} : 20.3 g en la etapa precompetitiva y competitiva respectivamente. Un consumo bajo en fibra puede obstruir el tránsito intestinal, provocando malestar estomacal, pesadez y estreñimiento, síntomas que pueden

perjudicar a la concentración en el deporte y al mismo rendimiento deportivo. No hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas etapas.

Lo anterior, deja en evidencia la necesidad de una intervención nutricional en el equipo femenino de la universidad de Sonora, ya que su dieta no fue adecuada, equilibrada, suficiente, variada ni completa. Para estudios posteriores, proponemos una intervención nutricional considerando las deficiencias en macro y micronutrientes considerando además la etapa deportiva. Los beneficios que pueden obtenerse con esta intervención impactarían en la composición corporal, buscando disminuir el porcentaje de grasa, aumentar la masa magra, realizar entrenamientos con mayor eficiencia, mejorar la recuperación muscular después de una lesión y por ende el rendimiento deportivo y la salud de las jugadoras.

Ingesta Estimada de Vitaminas y Minerales

Se analizaron las vitaminas liposolubles y las vitaminas hidrosolubles. En la TABLA XVII se reporta la mediana estimada de la ingesta de las vitaminas liposolubles. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el consumo estimado de las vitaminas liposolubles entre las diferentes etapas deportivas. Tampoco cubrieron el RDA en ninguna de las tres etapas. Esto quiere decir que, al menos la mitad de los futbolistas presentaron un consumo deficiente de estas vitaminas al momento en que se realizaron los R24 h.

Por otra parte, en cuanto a las vitaminas hidrosolubles, la situación fue diferente. Los resultados obtenidos nos dicen que al menos la mitad de los futbolistas lograron cubrir su ingesta diaria recomendada para las vitaminas B2 (riboflavina), B3 (niacina), B6 (piridoxina) y B12 (cianocobalamina) en las tres etapas en las que fueron evaluadas, sin embargo, es preocupante que las demás vitaminas hidrosolubles no hayan cubierto el RDA en ninguna de las tres etapas evaluadas (TABLA XVII).

Tabla XVII. Análisis estadístico del consumo estimado de vitaminas liposolubles e hidrosolubles de las futbolistas y su RDA.

N = 10	Etapa Precompetitiva	Etapa competitiva	Etapa postcompetitiva	p	IA / RDA
Vitaminas liposolubles					
Vitamina A (µg)	281 (225 – 476)	366 (122 – 582)	429 (271 – 670)	0.48	700
Vitamina E (mg)	3.60 (1.43 – 5.87)	1.89 (1.20 – 3.80)	2.36 (1.27 – 3.70)	0.55	15
Vitamina D (µg)	2.70 (1.10 – 5.93)	2.69 (0.86 – 8.15)	2.63 (1.58 – 3.58)	0.97	5
Vitamina K (µg)	26 (4.19 – 36.6)	16.1 (4.23 – 39.1)	34.3 (9.83 – 55.7)	0.32	90
Vitaminas hidrosolubles					
Vitamina C (mg)	13.2 ^a (3.4 – 39.3)	43.4 ^{ab} (14.1 -84.3)	67.1 ^b (28.8 – 151)	0.025	75
Tiamina (mg)	0.75 (0.39 – 1.59)	0.76 (0.32 – 1.28)	0.78 (0.39 – 0.84)	0.87	1.1
Riboflavina (mg)	1.27 (1.09 – 2.12)	1.27 (0.71 – 1.94)	1.11 (0.97 – 1.47)	0.54	1.1
Niacina (mg)	15.5 (9.47 – 26.8)	16.6 (7.53 – 22.6)	17 (8.0 – 24.6)	0.97	14
Piridoxina (mg)	1.27 (0.68 – 2.34)	1.07 (0.68 – 2.45)	1.24 (0.83 – 2.75)	0.76	1.3
Ac. Fólico (µg)	94 (30.3 – 470)	246 (110 – 318)	335 (110 – 318)	0.15	400
Cianocobalamina (µg)	2.77 (0.91 – 4.2)	3.7 (1.82 – 7.58)	2.82 (1.91 – 3.38)	0.55	2.4
IA/RDA = Ingesta Adecuada/Consumo dietético recomendado (traducido del inglés: Recommended Dietary Allowance). Valores con diferencias significativas entre los grupos cuando p<0.05, representadas con diferente letras (Kruskal-Wallis).					

La única diferencia significativa que existió fue el de la vitamina C, la ingesta estimada de esta vitamina fue mayor en la etapa postcompetitiva que en la etapa precompetitiva. Sin embargo, aún así, el 50% de las futbolistas no cubrió el RDA en ninguna de las tres etapas.

El porcentaje de la ingesta estimada de las vitaminas con base a la RDA/IA las representamos en una gráfica de barras de error en la FIGURA 26; aquí se aprecian todas las vitaminas estimadas en este proyecto en las diferentes etapas deportivas. Esta Figura nos muestra otra perspectiva sobre el consumo estimado de las vitaminas; tomamos en cuenta el valor promedio del consumo estimado de vitaminas y observamos resultados no muy diferentes con respecto a la mediana presentada en la TABLA XVII, con excepción de la vitamina C, ya que, el promedio del consumo estimado de esta vitamina cumplió con el RDA en la etapa postcompetitiva (FIGURA 26).

La ingesta dietaria de Vitamina D y E, también se ha visto baja en otros estudios; por ejemplo, se realizaron tres recordatorios de alimentos a futbolistas estadounidenses de la misma edad a nuestras participantes y en todos los recordatorios el resultado de estas vitaminas fue un consumo por debajo de lo recomendado, aunque cabe mencionar que la ingesta dietaria de las vitaminas hidrosolubles se reportaron por encima de lo recomendado: Vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B6 (piridoxina) y B12 (cianocobalamina); sólo la vitamina B9 (ácido fólico) estuvo por debajo de lo recomendado (Mullinix et al., 2003). Por otro lado, 16 futbolistas de talla internacional (25 ± 3.9 años de edad) reportaron una ingesta dietaria adecuada en cuando a las vitaminas hidrosolubles estudiadas respecta (B1, B2, B3, B6, B12 y C), pero las vitaminas A y D estuvieron por debajo de lo recomendado (Martin et al., 2006). La vitamina A es indispensable para el correcto funcionamiento de la visión, la expresión génica, el crecimiento y el mantenimiento de las funciones del epitelio celular.

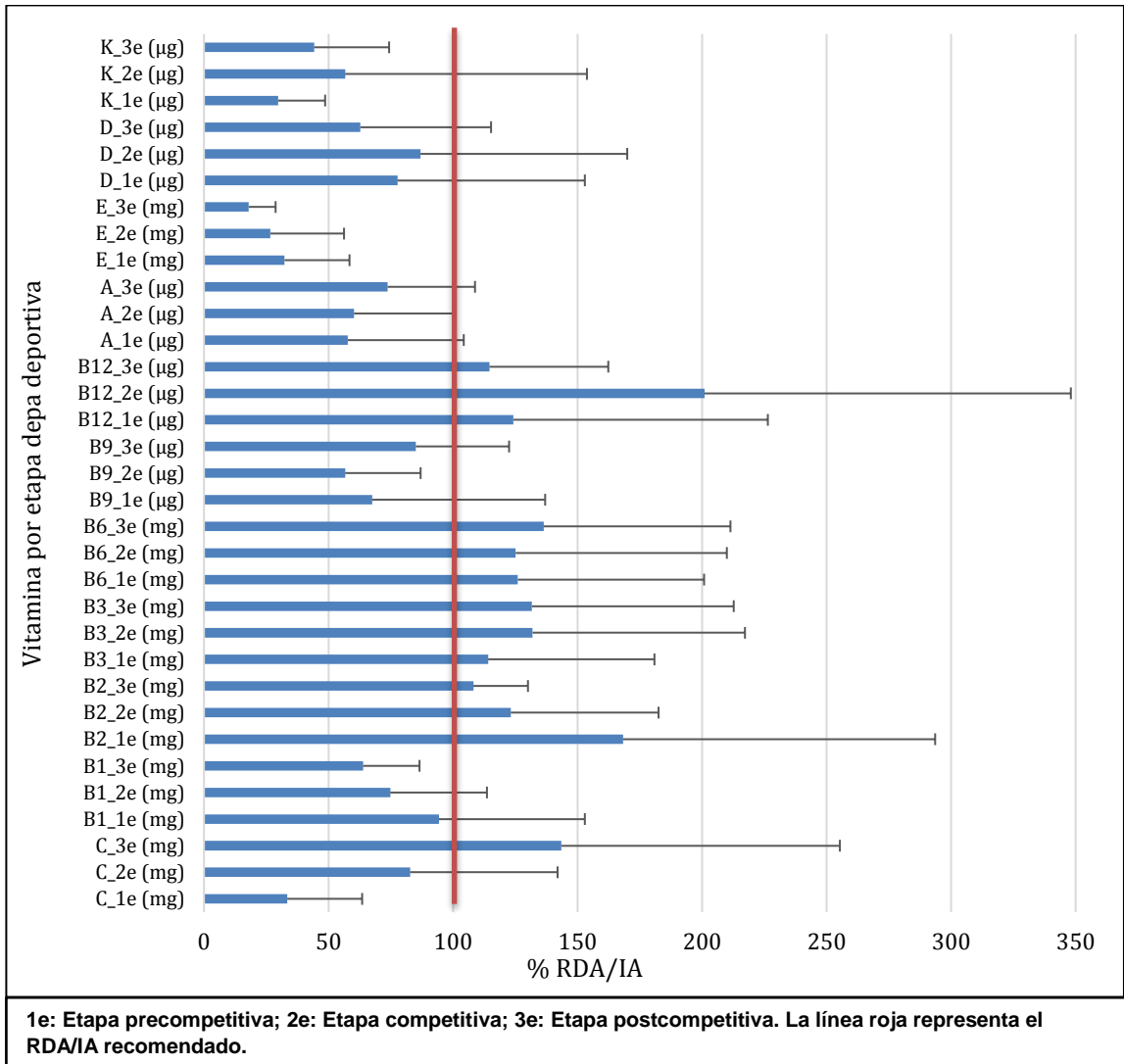


Figura 26. Consumo dietario recomendado (%RDA/IA) en porcentaje con relación al consumo estimado de vitaminas de las futbolistas universitarias en las tres etapas.

Una ingesta deficiente de vitamina A en mujeres jóvenes físicamente activas, puede ser el resultado de una dieta alta en grasas (>30%) acompañado del bajo consumo de frutas y verduras (Lukaski, 2004).

De manera general, se cree que llevar una dieta alta en calorías es suficiente para cubrir las necesidades diarias de vitaminas, sin embargo, esto no es así. Queda más que claro que existen problemas con la dieta en nuestras futbolistas, ya que en la etapa competitiva y postcompetitiva la ingesta calórica fue mayor al GET estimado y aun así, no cubrieron el RDA/IA de la mayoría de las vitaminas estimadas por R24 h; y es bien sabido que, las deficiencias de vitaminas pueden afectar el rendimiento del ejercicio (Williams, 2004).

Las vitaminas funcionan como reguladores metabólicos, influyendo de este modo en una serie de procesos fisiológicos importantes para el ejercicio o el rendimiento deportivo (Williams, 2004). Por ejemplo, muchas de las vitaminas del complejo B están involucradas en la producción de energía mediante el metabolismo celular de carbohidratos y grasas, una consideración importante durante el ejercicio de intensidad intermitente como lo es el fútbol. La cianocobalamina es requerida para la síntesis de hemoglobina, un determinante importante para el suministro de oxígeno en los músculos durante el ejercicio aeróbico de resistencia (Lukaski, 2004). Además, las vitaminas C y E funcionan como antioxidantes, importantes para prevenir el daño oxidativo a la estructura celular y mantener su función tanto celular como subcelular durante el entrenamiento intenso, colaborando de este modo en la optimización de la preparación deportiva o entrenamiento, al menos en el sentido teórico (Williams, 2004). Otra función importante de la vitamina C, es su participación en el proceso de recuperación de lesiones musculares; ya que esta vitamina se asocia con la síntesis de hidroxiprolina, sustancia necesaria para la formación de colágeno (Tipton, 2015).

En cuanto al análisis sobre el consumo estimado de minerales por R24 h no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las diferentes etapas deportivas (TABLA XVIII). Encontramos que al menos la mitad de las participantes cubrieron el RDA para el fósforo y el sodio en las tres etapas deportivas, el calcio se cubrió en la etapa competitiva y postcompetitiva, y el zinc sólo en la etapa competitiva. Mientras que la ingesta estimada del hierro, potasio y magnesio estuvo por debajo del RDA en las tres etapas evaluadas.

En la FIGURA 27, se muestra el porcentaje de la ingesta estimada de los minerales con base al RDA/IA evaluadas en todas las etapas deportivas, representado en una gráfica de barras de error. En esta Figura, observamos que el valor promedio de la ingesta estimada de magnesio en la etapa competitiva logra cubrir el RDA, y del mismo modo el zinc, pero en la etapa postcompetitiva. Los demás valores se asemejan a los de la TABLA XVIII.

Martin et al. (2006) reportó en su estudio una ingesta deficiente de hierro (12.1 ± 6.0 mg), aunque una ingesta adecuada en Magnesio, Calcio y Sodio en futbolistas. En el estudio de González et al. (2015) también se reportó deficiencia en el Hierro (12.4 mg/día). Además, en este mismo estudio se observó que todas las futbolistas con deficiencia de este mineral presentaron un VO₂max bajo, y sólo un 46% presentaron una capacidad aeróbica buena, con base a los valores de referencia de García Manso et al. (1996). El hierro es crucial para el transporte de O₂, y su consumo dietario es de más relevancia en mujeres que en hombres, debido a las pérdidas de este mineral en la menstruación (McClung, 2012).

Los minerales son esenciales para una gran variedad de procesos metabólicos y fisiológicos del cuerpo humano, entre sus funciones se encuentra ayudar con el óptimo transporte de oxígeno, la contracción muscular, el impulso nervioso, la actividad enzimática, las funciones del sistema inmune, el equilibrio ácido-base de la sangre, la salud ósea y la actividad antioxidante, por lo que una deficiencia de estos puede afectar el rendimiento del atleta (Lee, 2017).

Tabla XVIII. Análisis estadístico del consumo estimado de minerales de las futbolistas y su RDA.

N = 10	Etapa Precompetitiva	Etapa competitiva	Etapa postcompetitiva	P	IA / RDA
Calcio (mg)	808 (455 – 1312)	1235 (837 – 1914)	1179 (724 – 1483)	0.31	1000
Hierro (mg)	10.0 (7.57 – 17.8)	19.33 (11.0 – 22.9)	11.3 (7.88 – 15.8)	0.21	18
Magnesio (mg)	135 (91.9 – 246)	240 (240 – 284)	203 (146 – 261)	0.32	310
Fósforo (mg)	858 (411 – 1490)	1216 (860 – 1328)	1197 (944 – 1504)	0.65	700
Potasio (mg)	1371 (964 – 2145)	1955 (938 – 2578)	1856 (744 – 2827)	0.64	4700
Sodio (mg)	2631 (2111 – 3161)	3251 (1550 – 4668)	2666 (1458 – 4141)	0.77	1500
Zinc (mg)	6.55 (4.67 – 10.7)	11.1 (6.51 – 19.8)	6.75 (5.63 – 8.93)	0.22	8
IA/RDA = Ingesta Adecuada/Consumo dietético recomendado (traducido del inglés: Recommended Dietary Allowance). Valores con diferencias significativas entre los grupos cuando $p < 0.05$, representadas con diferente letras (Kruskal-Wallis).					

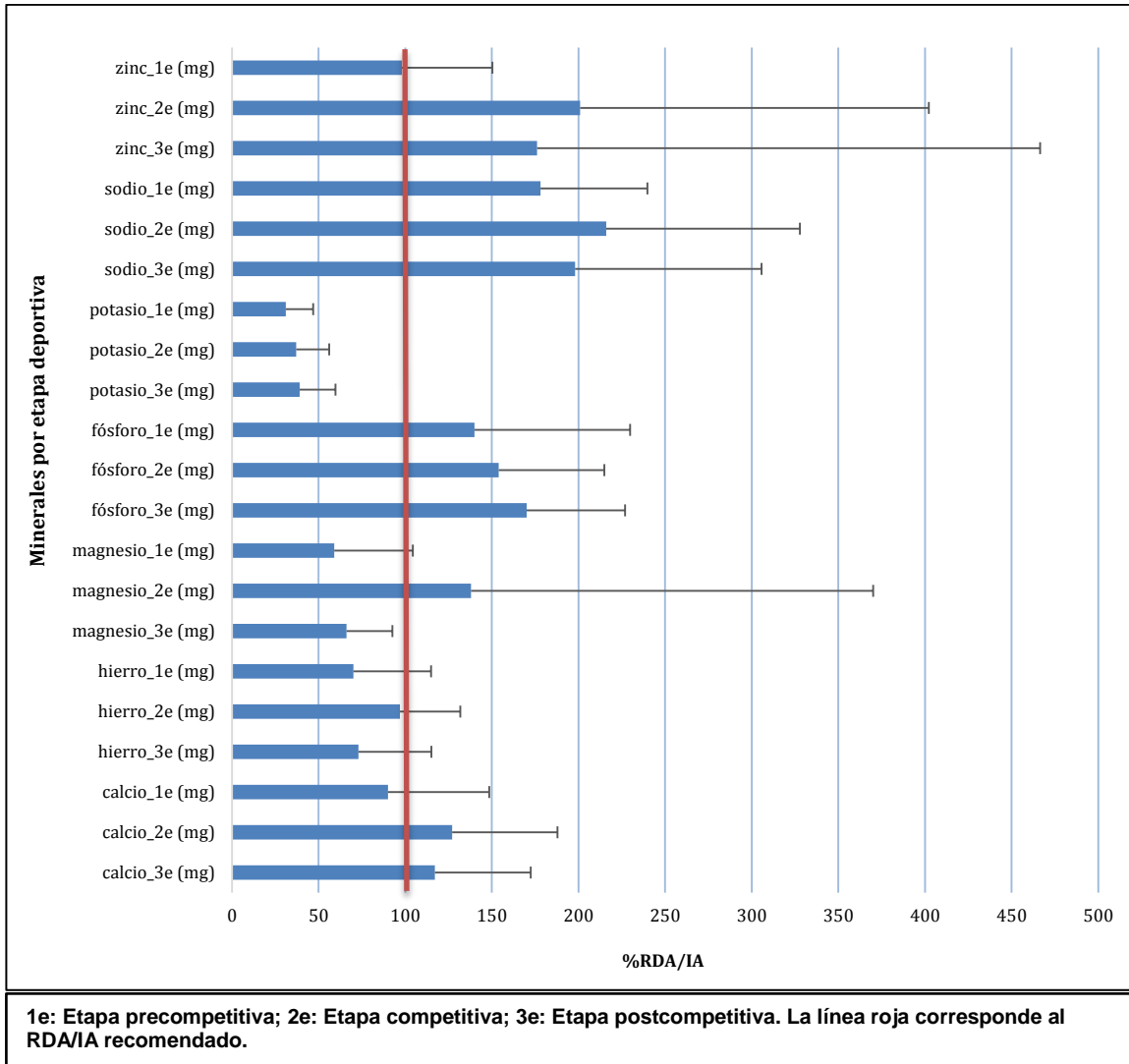


Figura 27. Consumo dietario recomendado (%RDA/IA) en porcentaje con relación al consumo estimado de minerales de las futbolistas universitarias en las tres etapas.

Tiempos de Comida

En cuanto al número de comidas evaluamos en cada etapa si las jugadoras hacían ≤ 3 comidas al día, 4 comidas al día o ≥ 5 comidas al día. Al hacer el análisis encontramos que en la etapa precompetitiva el 20% de las futbolistas hacían ≤ 3 comidas al día.

Por otra parte, en la etapa competitiva se observó que aumentó el número de jugadoras que tenían ≤ 3 comidas al día, esto podría repercutir en el resultado del desempeño por equipo, ya que además observamos que el número de jugadoras que hacían las cinco comidas disminuyó un 30%. Así mismo, es importante mencionar que en la etapa postcompetitiva las jugadoras mejoraron sus hábitos (sin ninguna intervención), ya que el 90% de las jugadoras aumentó de 4 a 5 comidas al final del estudio (FIGURA 28). Estos resultados, contrastados con la ingesta calórica (TABLA XIV), donde el mayor consumo calórico estimado fue la etapa competitiva, nos puede indicar que aun con un menor número de comidas en esta etapa, estas fueron abundantes o con mayor carga energética. Así, en la nutrición deportiva, se recomienda, que las comidas estén divididas a lo largo del día considerando los tiempos de juego y/o entrenamiento, generando así estrategias para la utilización óptima de los sustratos, no sólo en la competencia o en el partido, sino en la misma recuperación postpartido. Por otro lado, los tiempos de comida con una cantidad elevada de alimentos, genera pesadez, sueño, o algunos malestares estomacales o intestinales e incluso dolor de cabeza, todos ellos asociados negativamente al rendimiento deportivo.

Hay estudios que proponen de 3 a 4 h como mínimo entre cada tiempo de comida y menús en una cantidad a la cual el atleta esté adaptado considerando sus necesidades en ese momento (Jon Schoenfeld et al., 2015; Wells et al., 2016). En este sentido, recomendaríamos una intervención nutricional donde se mantenga el número apropiado de comidas, la calidad de comida adecuada y con los sustratos energéticos apropiados para la etapa en la que se encuentra.

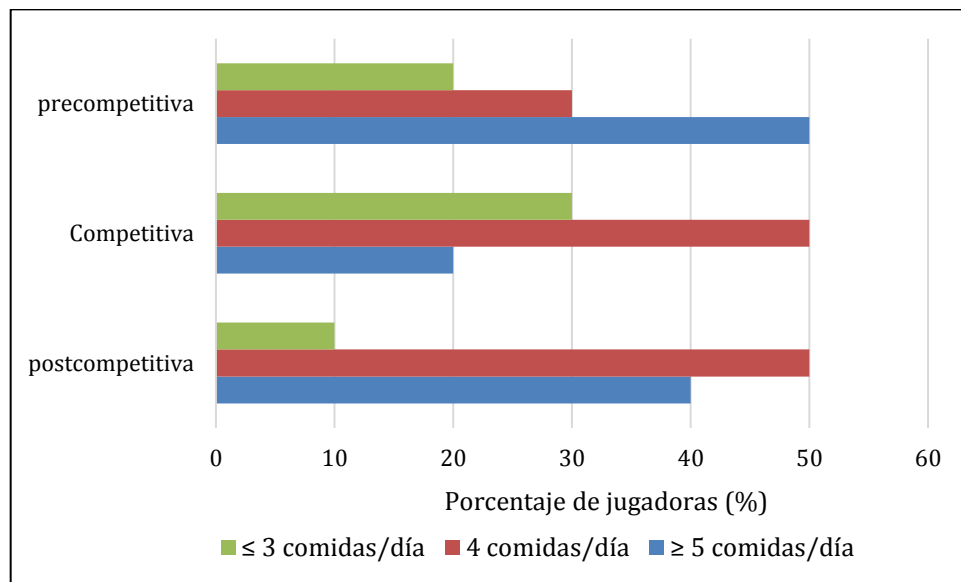


Figura 28. Número de comidas al día de las futbolistas en las tres etapas deportivas.

Ingesta de Alcohol

Tres participantes refirieron tomar alcohol de forma habitual (30%). Siendo en la etapa competitiva cuando se reportó la mayor cantidad ingerida de alcohol, con un total estimado por las tres participantes de 1347 ml de bebidas alcohólicas por día; 1174 ml/día en la etapa precompetitiva y 556 ml/día en la etapa postcompetitiva.

Se ha demostrado en estudios en animales y en humanos que el consumo crónico de alcohol afecta al músculo esquelético independientemente de los factores nutricionales, provocando cambios estructurales en el músculo, edema intracelular, mitocondrias agrandadas y distorsionadas, dilatación del retículo sarcoplasmático y mayores cantidades de grasa y glucógeno (Rubin et al., 1976; Song & Rubin, 1972).

Barnes et al. (2010) estudiaron si el consumo de alcohol moderado agudo afectaba la fuerza en ejercicios excéntricos. En este estudio, se observó una disminución significativa de fuerza máxima a las 36 h y 60 h después de la ingesta de etanol (1 gr/kg de peso corporal) en comparación con la misma prueba sin el consumo de alcohol (FIGURA 29).

Las razones o motivos por el cual atletas universitarios sean consumidores de alcohol no se sabe a ciencia cierta, pero curiosamente Musselman y Rutledge encontraron una asociación directa entre la actividad física y el consumo de alcohol en estudiantes universitarios, en donde los resultados obtenidos en 296 estudiantes indicaban que entre más físicamente activos eran, mayor era su consumo de alcohol. Ellos mencionan que la razón de esta asociación puede ser por la aceptación social en esa etapa de su vida, por la popularidad y por el estrés académico (Musselman & Rutledge, 2010).

Otros estudios también han reportado cambios asociados en el consumo de alcohol, por ejemplo, estudios en babuinos y en humanos que la ingesta crónica de alcohol, reducen la actividad de la ATPasa y la sensibilidad al calcio de la

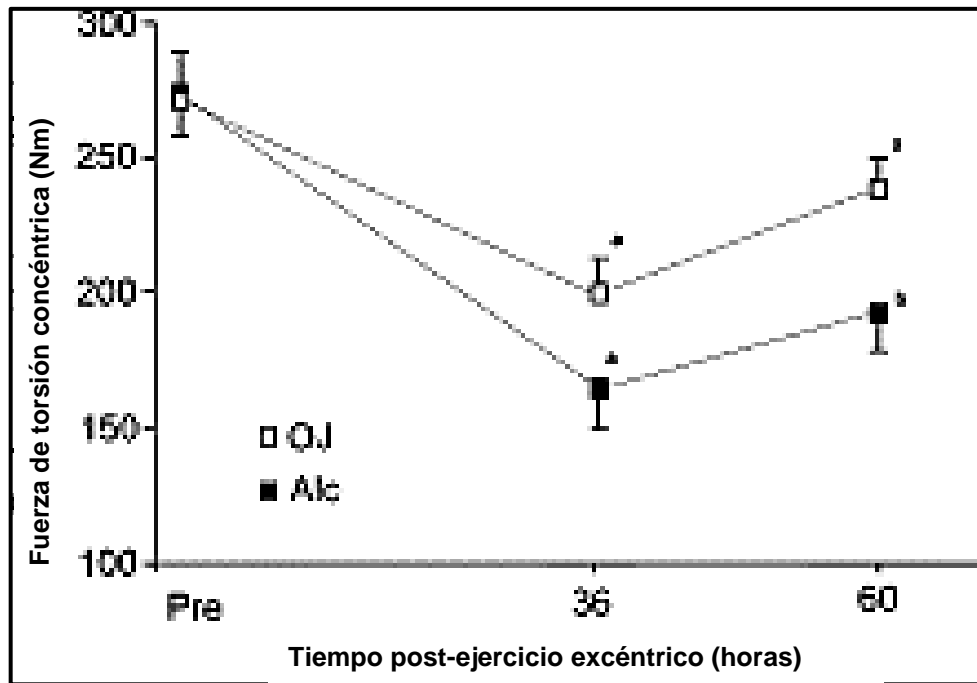


Figura 29. Prueba de fuerza en sujetos alcoholizados y control (Figura tomada de Barnes, Mündel & Stannard, 2010).

ATPasa en la actomiosina aislada del músculo esquelético, además, la actomiosina aislada mostró una contractibilidad reducida in vitro medida por la asociación de actina y miosina y la respuesta de adenosín difosfato (ADP) (Beulens et al., 2007; Rubin et al., 1976).

De allí la importancia de evitar el consumo de alcohol durante temporadas deportivas y de preparación precompetitiva, en este sentido, se debe concientizar a los atletas sobre el uso moderado de bebidas alcohólicas y de los efectos negativos que conllevan en el rendimiento deportivo.

CONCLUSIONES

En este estudio implementamos un protocolo conjunto de termografía digital infrarroja y evaluación nutricional para la valoración de lesiones deportivas en atletas universitarios.

Con la aplicación de un protocolo de termografía fuimos capaces de detectar cambios termográficos sugerentes de lesiones, así como venas varicosas evidentes que incluso no fueron reportadas durante la entrevista.

El protocolo nos permitió determinar que las alteraciones térmicas de las futbolistas se acentuaron más en la última etapa, que pudiera asociarse a una sobrecarga o a un sobreentrenamiento. Además, la evaluación nutricional nos sugiere que existe deficiencias en la alimentación, pudiendo perjudicar la recuperación de las micro lesiones provocadas por la alta demanda deportiva.

Desde el inicio al realizar la evaluación, no solo se encontró que un elevado porcentaje de participantes presentaban alteraciones térmicas características de procesos inflamatorios, sino que presentaron un exceso de grasa corporal que no coincide con las recomendaciones en atletas para mantener un buen rendimiento deportivo en el fútbol femenino.

Finalmente, este protocolo permitirá abrir camino a futuras investigaciones para el trabajo multidisciplinario en el ámbito deportivo, áreas como nutrición, medicina y física pueden abordarse en proyectos que impliquen el uso de termografía digital infrarroja para la detección de problemas fisiológicos asociados a lesiones deportivas y el abordaje nutricional para corregir deficiencias dietarias, mejorar la composición corporal, disminuir el riesgo de sufrir lesiones y buscar promover la prevención de las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abbiss, C. R., Burnett, A., Nosaka, K., Green, J. P., Foster, J. K., & Laursen, P. B. (2010). Effect of hot versus cold climates on power output, muscle activation, and perceived fatigue during a dynamic 100-km cycling trial. *Journal of Sports Sciences, 28*(2), 117-125.
- Abood, D. A., Black, D. R., & Birnbaum, R. D. (2004). Nutrition education intervention for college female athletes. *Journal of nutrition education and behavior, 36*(3), 135-139.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., . . . Emplaincourt, P. O. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 32*(9; SUPP/1), S498-S504.
- Al-Nakhli, H. H., Petrofsky, J. S., Laymon, M. S., & Berk, L. S. (2012). The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *Journal of visualized experiments: JoVE*(59).
- Alberts, B., & Bray, D. (2006). *Introducción a la biología celular*. Ed. Médica Panamericana.
- Aplas, E., Golachowska, M., & Kurpas, D. (2015). Thermography as a non-invasive, reliable diagnostic tool in medicine—examples.
- Arnaiz-Lastras, J., Fernández-Cuevas, I., & López-Díaz, C. (2014). Aplicación práctica de la termografía infrarroja en el fútbol profesional. *Revista de Preparación Física en el Fútbol. ISSN, 1889*, 6-15.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 36*(2), 278-285.

- Bagavathiappan, S., Saravanan, T., Philip, J., Jayakumar, T., Raj, B., Karunanithi, R., Jagadeesan, K. (2009). Infrared thermal imaging for detection of peripheral vascular disorders. *Journal of medical physics/Association of Medical Physicists of India*, 34(1), 43.
- Bandeira, F., Moura, M. A. M. d., Souza, M. A. d., Nohama, P., & Neves, E. B. (2012). Can thermography aid in the diagnosis of muscle injuries in soccer athletes? *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 18(4), 246-251.
- Baoge, L., Van Den Steen, E., Rimbaut, S., Philips, N., Witvrouw, E., Almqvist, K., . . . Vanden Bossche, L. (2012). Treatment of skeletal muscle injury: a review. *ISRN orthopedics*, 2012.
- Barnes, M. J., Mündel, T., & Stannard, S. R. (2010). Acute alcohol consumption aggravates the decline in muscle performance following strenuous eccentric exercise. *Journal of science and medicine in sport*, 13(1), 189-193.
- Barraza, F., Yáñez, R., Báez, E., & Rosales, G. (2015). Características antropométricas por posición de juego en mujeres futbolistas chilenas de la región de Valparaíso, Chile. *International Journal of Morphology*, 33(4), 1225-1230.
- Bartuzi, P., Roman-Liu, D., & Wiśniewski, T. (2012). The influence of fatigue on muscle temperature. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 18(2), 233-243.
- Benz-Woerner, J., Delodder, F., Benz, R., Cueni-Villoz, N., Feihl, F., Rossetti, A. O., Oddo, M. (2012). Body temperature regulation and outcome after cardiac arrest and therapeutic hypothermia. *Resuscitation*, 83(3), 338-342.
- Beulens, J. W., van Loon, L. J., Kok, F. J., Pelsers, M., Bobbert, T., Spranger, J., & Hendriks, H. F. (2007). The effect of moderate alcohol consumption on

- adiponectin oligomers and muscle oxidative capacity: a human intervention study. *Diabetologia*, 50(7), 1388-1392.
- Bezerra, L., Oliveira, M., Rolim, T., Conci, A., Santos, F., Lyra, P., & Lima, R. (2013). Estimation of breast tumor thermal properties using infrared images. *Signal Processing*, 93(10), 2851-2863.
- Bitá, C., & Gerats, T. (2013). Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in plant science*, 4, 273.
- Boisseau, N., Vermorel, M., Rance, M., Duché, P., & Patureau-Mirand, P. (2007). Protein requirements in male adolescent soccer players. *European journal of applied physiology*, 100(1), 27-33.
- Brown, E. M. (2013). Role of the calcium-sensing receptor in extracellular calcium homeostasis. *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*, 27(3), 333-343.
- Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T., & Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110(1), 113-140.
- Bruehl, S., Lubenow, T. R., Nath, H., & Ivankovich, O. (1996). Validation of thermography in the diagnosis of reflex sympathetic dystrophy. *The Clinical journal of pain*, 12(4), 316-325.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S17-S27.
- Burke, L. M., Loucks, A. B., & Broad, N. (2006). Energy and carbohydrate for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 675-685.
- Burnham, R. S., McKinley, R. S., & Vincent, D. D. (2006). Three types of skin-surface thermometers: a comparison of reliability, validity, and

- responsiveness. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 85(7), 553-558.
- Calin, M. A., Mologhianu, G., Savastru, R., Calin, M. R., & Brailescu, C. M. (2015). A review of the effectiveness of thermal infrared imaging in the diagnosis and monitoring of knee diseases. *Infrared Physics & Technology*, 69, 19-25.
- Campbell, S. C., & Wisniewski, P. J. (2017). Nutritional Recommendations for Athletes *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease (Fourth Edition)* (pp. 255-271): Elsevier.
- Cardozo, L. A., Cuervo Guzman, Y. A., & Murcia Torres, J. A. (2016). Porcentaje de grasa corporal y prevalencia de sobrepeso-obesidad en estudiantes universitarios de rendimiento deportivo de Bogotá, Colombia. *Nutr Clín Diet Hosp*, 36(3), 68-75.
- Carter, J. L. (1970). The somatotypes of athletes—a review. *Human Biology*, 535-569.
- Carter, J. L., & Yuhasz, M. S. (1984). 8. Skinfolds and Body Composition of Olympic Athletes *Physical Structure of Olympic Athletes* (Vol. 18, pp. 144-182): Karger Publishers.
- Casajús, J., & Aragonés, M. (1991). Estudio morfológico del futbolista de alto nivel. Composición corporal y somatotipo (Parte 1). *Arch. Med. Deporte*, 8(30), 147-151.
- Cervantes, T. J. M., Martínez, L. d. J. M., Martínez, T. J. M., Suárez, R. M. G. H., Gámez, C. E. B., Garza, J. A., & Fraire, O. S. (2018). Relationship between left ventricular hypertrophy and somtotype of high performance athletes using structural equations modeling. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*(183), 29-34.

- Clark, K. (1994). Nutritional guidance to soccer players for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 12, S43-50.
- Clark, M., Reed, D. B., Crouse, S. F., & Armstrong, R. B. (2003). Pre-and post-season dietary intake, body composition, and performance indices of NCAA division I female soccer players. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 13(3), 303-319.
- Clavijo-Redondo, A. R., Vaquero-Cristóbal, R., López-Miñarro, P. A., & Esparza-Ros, F. (2016). Características cineantropométricas de los jugadores de béisbol de élite. *Nutricion hospitalaria*, 33(3), 629-636.
- Córdova, A. (2010). Los inmunomoduladores frente a la inflamación y daño muscular originados por el ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 265-270.
- Cos, F., Cos, M. À., Buenaventura, L., Pruna, R., & Ekstrand, J. (2010). Modelos de análisis para la prevención de lesiones en el deporte. Estudio epidemiológico de lesiones: el modelo Union of European Football Associations en el fútbol. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(166), 95-102.
- Choi, E., Lee, P. B., & Nahm, F. S. (2013). Interexaminer reliability of infrared thermography for the diagnosis of complex regional pain syndrome. *Skin Research and Technology*, 19(2), 189-193.
- Chudecka, M., & Lubkowska, A. (2015). Thermal maps of young women and men. *Infrared Physics & Technology*, 69, 81-87.
- Chudecka, M., Lubkowska, A., Leźnicka, K., & Krupecki, K. (2015). The use of thermal imaging in the evaluation of the symmetry of muscle activity in various types of exercises (symmetrical and asymmetrical). *Journal of human kinetics*, 49(1), 141-147.

- Cunningham, J. J. (1991). Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American journal of clinical nutrition*, 54(6), 963-969.
- de Andrade Fernandes, A., Pimenta, E. M., Moreira, D. G., Sillero-Quintana, M., Marins, J. C. B., Morandi, R. F., . . . Garcia, E. S. (2017). Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. *Journal of exercise rehabilitation*, 13(3), 330.
- De Rose, E., & Guimaraes, A. (1980). A model for optimization of somatotype in young athletes. *Kinanthropometry II*, 222.
- del Estal, A., Brito, C.-J., Galindo, V.-E., de Durana, A. L. D., Franchini, E., & Sillero-Quintana, M. (2017). Thermal asymmetries in striking combat sports athletes measured by infrared thermography. *Science & Sports*, 32(2), e61-e67.
- Delextrat, A., Baker, J., Cohen, D., & Clarke, N. (2013). Effect of a simulated soccer match on the functional hamstrings-to-quadriceps ratio in amateur female players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(4), 478-486.
- Deng, F., Tang, Q., Zeng, G., Wu, H., Zhang, N., & Zhong, N. (2015). Effectiveness of digital infrared thermal imaging in detecting lower extremity deep venous thrombosis. *Medical physics*, 42(5), 2242-2248.
- Duc, S., Arfaoui, A., Polidori, G., & Bertucci, W. (2015). Efficiency and thermography in cycling during a graded exercise test. *J Exercise, Sports Orthop*, 2(2), 1-8.
- Durnin, J. V., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British journal of nutrition*, 32(1), 77-97.

- Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2004). A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. *British journal of sports medicine*, 38(4), 493-497.
- Etehad Tavakol, M., Lucas, C., Sadri, S., & Ng, E. (2010). Analysis of breast thermography using fractal dimension to establish possible difference between malignant and benign patterns. *Journal of Healthcare Engineering*, 1(1), 27-43.
- Falces, M., Revilla, R., Coca, A., & Martín, A. (2015). Revisión: ¿es la composición corporal un buen predictor de rendimiento y salud en fútbol? *Futbolpf: Revista de Preparacion física en el Futbol* (18), 56-68.
- Faust, O., Acharya, U. R., Ng, E., Hong, T. J., & Yu, W. (2014). Application of infrared thermography in computer aided diagnosis. *Infrared Physics & Technology*, 66, 160-175.
- Fernández-Cuevas, I., Marins, J. C. B., Lastras, J. A., Carmona, P. M. G., Cano, S. P., García-Concepción, M. Á., & Sillero-Quintana, M. (2015). Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 71, 28-55.
- Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B., & Jendritzky, G. (2012). UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *International journal of biometeorology*, 56(3), 429-441.
- Formenti, D., Ludwig, N., Gargano, M., Gondola, M., Dellerma, N., Caumo, A., & Alberti, G. (2013). Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Annals of biomedical engineering*, 41(4), 863-871.

- Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., . . . Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(2), 83-92.
- García-Rovés, P. M., García-Zapico, P., Patterson, Á. M., & Iglesias-Gutiérrez, E. (2014). Nutrient intake and food habits of soccer players: analyzing the correlates of eating practice. *Nutrients*, 6(7), 2697-2717.
- García, J. M. V., Badía, R. A., & Cagigas, E. V. (2012). Diagnóstico ecográfico de las rupturas musculares traumáticas en deportistas de alto rendimiento. *Investigaciones Medicoquirúrgicas*, 4(1), 31-43.
- George, J., Bensafi, A., Schmitt, A., Black, D., Dahan, S., Loche, F., & Lagarde, J. (2008). Validation of a non-contact technique for local skin temperature measurements. *Skin Research and Technology*, 14(4), 381-384.
- González-Neira, M., Mauro-Martín, S., García-Angulo, B., Fajardo, D., & Garicano-Vilar, E. (2015). Valoración nutricional, evaluación de la composición corporal y su relación con el rendimiento deportivo en un equipo de fútbol femenino. *Revista española de nutrición humana y dietética*, 19(1), 36-48.
- Goodman, P. H., Heaslet, M. W., Pagliano, J. W., & Rubin, B. D. (1985). Stress fracture diagnosis by computer-assisted thermography. *The Physician and sportsmedicine*, 13(4), 114-132.
- Gravina, L., Ruiz, F., Diaz, E., Lekue, J. A., Badiola, A., Irazusta, J., & Gil, S. M. (2012). Influence of nutrient intake on antioxidant capacity, muscle damage and white blood cell count in female soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 32.
- Gris, G. M. (2001). Componentes del somatotipo y ecuaciones antropométricas. *Apunts*.

Medicina de l'Esport, 36(137), 5-16.

- Guillén Rivas, L., Mielgo-Ayuso, J., Norte-Navarro, A., Cejuela, R., Cabañas, M. D., & Martínez-Sanz, J. M. (2015). Composición corporal y somatotipo en triatletas universitarios. *Nutricion hospitalaria*, 32(2), 799-807.
- Hadžić, V., Širok, B., Malneršič, A., & Čoh, M. (2015). Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. *Journal of Sport and Health Science*.
- Hargreaves, M. (1994). Carbohydrate and lipid requirements of soccer. *Journal of Sports Sciences*, 12, S13-16.
- Harvey, L. J., Armah, C. N., Dainty, J. R., Foxall, R. J., Lewis, D. J., Langford, N. J., & Fairweather-Tait, S. J. (2005). Impact of menstrual blood loss and diet on iron deficiency among women in the UK. *British journal of nutrition*, 94(4), 557-564.
- Hasegawa, N., & Kuzuhara, K. (2015). Physical characteristics of collegiate women's football players. *Football Science*, 12, 51-57.
- Hawley, J. A., Tipton, K. D., & Millard-Stafford, M. L. (2006). Promoting training adaptations through nutritional interventions. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 709-721.
- Hernandez-Contreras, D., Peregrina-Barreto, H., Rangel-Magdaleno, J., Ramirez-Cortes, J., & Renero-Carrillo, F. (2015). Automatic classification of thermal patterns in diabetic foot based on morphological pattern spectrum. *Infrared Physics & Technology*, 73, 149-157.
- Hernández-Corvo, R. (1989). Morfología funcional deportiva: sistema locomotor. *Badalona, España: Paidotribo*.
- Herrero de Lucas, A., Armesilla, C., & Maestre López, I. (2004). Morfotipo del futbolista profesional de la Comunidad Autónoma de Madrid. Composición corporal.

- Heymsfield, S. B., Peterson, C. M., Thomas, D. M., Heo, M., & Schuna Jr, J. M. (2016). Why are there race/ethnic differences in adult body mass index–adiposity relationships? A quantitative critical review. *Obesity reviews*, 17(3), 262-275.
- Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., Wang, Z., & Going, S. B. (2007). *Composición corporal* (M. G. Hill Ed. 2a ed.).
- Hildebrandt, C., Raschner, C., & Ammer, K. (2010). An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors*, 10(5), 4700-4715.
- Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, E. F. J., & Raschner, C. (2012). The application of medical infrared thermography in sports medicine *An international perspective on topics in sports medicine and sports injury*: InTech.
- Holick, M. F. (2004). Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *The American journal of clinical nutrition*, 80(6), 1678S-1688S.
- Holway, F. (2005). Datos de Referencia Antropométricos para el Trabajo en Ciencias de la Salud: Tablas “Argo-Ref”. *Club Atlético River plate, Argentina*.
- Huizenga, C., Hui, Z., & Arens, E. (2001). A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments. *Building and environment*, 36(6), 691-699.
- Hurme, T., Kalimo, H., Lehto, M., & Järvinen, M. (1991). Healing of skeletal muscle injury: an ultrastructural and immunohistochemical study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(7), 801-810.

- Ibnziaten, A., Poblador, M., Leiva, A., Gómez, J., Viana, B., Nogueras, F., & Lancho, J. (2019). Body composition in 10 to 14-year-old handball players. *European Journal of Anatomy*, 6(3), 153-160.
- Iglesias-Gutiérrez, E., García, Á., García-Zapico, P., Pérez-Landaluce, J., Patterson, Á. M., & García-Rovés, P. M. (2012). Is there a relationship between the playing position of soccer players and their food and macronutrient intake? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(2), 225-232.
- Ismail, E., Capo, A., Amerio, P., & Merla, A. (2014). Functional-thermoregulatory model for the differential diagnosis of psoriatic arthritis. *Biomedical engineering online*, 13(1), 162.
- Järvinen, T. A., Järvinen, M., & Kalimo, H. (2013). Regeneration of injured skeletal muscle after the injury. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 3(4), 337.
- Järvinen, T. A., Järvinen, T. L., Kääriäinen, M., Äärimaa, V., Vaittinen, S., Kalimo, H., & Järvinen, M. (2007). Muscle injuries: optimising recovery. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21(2), 317-331.
- Järvinen, T. A., Järvinen, T. L., Kääriäinen, M., Kalimo, H., & Järvinen, M. (2005). Muscle injuries: biology and treatment. *The American journal of sports medicine*, 33(5), 745-764.
- Jette, M., Sidney, K., & Blümchen, G. (1990). Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clinical cardiology*, 13(8), 555-565.
- Jon Schoenfeld, B., Albert Aragon, A., & Krieger, J. W. (2015). Effects of meal frequency on weight loss and body composition: a meta-analysis. *Nutrition reviews*, 73(2), 69-82.
- Kapoor, P., & Prasad, S. (2010). *Image processing for early diagnosis of breast cancer using infrared images*. Paper presented at the Computer and

Automation Engineering (ICCAE), 2010 The 2nd International Conference on.

- Keane, K. M., Salicki, R., Goodall, S., Thomas, K., & Howatson, G. (2015). Muscle damage response in female collegiate athletes after repeated sprint activity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2802-2807.
- Kemper, G., Van der Sluis, A., Brink, M., Visscher, C., Frencken, W., & Elferink-Gemser, M. (2015). Anthropometric injury risk factors in elite-standard youth soccer. *International journal of sports medicine*, 36(13), 1112-1117.
- Koay, J., Herry, C., & Frize, M. (2004). *Analysis of breast thermography with an artificial neural network*. Paper presented at the Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., KjÆr, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1165-1174.
- Lahiri, B., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T., & Philip, J. (2012). Medical applications of infrared thermography: a review. *Infrared Physics & Technology*, 55(4), 221-235.
- Lahiri, B., Bagavathiappan, S., Raj, B., & Philip, J. (2017). Infrared thermography for detection of diabetic neuropathy and vascular disorder *Application of Infrared to Biomedical Sciences* (pp. 217-247): Springer.
- Lawson, R. (1956). Implications of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer. *Canadian Medical Association Journal*, 75(4), 309.
- Lee, N. (2017). A Review of Magnesium, Iron, and Zinc Supplementation Effects on Athletic Performance. *한국체육학회지 제*, 56(1).

- Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch, H. A., Howard, B. (2006). Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, 114(1), 82-96.
- Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudaira, P., Baltimore, D., & Darnell, J. (1995). *Molecular cell biology* (Vol. 3): WH Freeman New York.
- Ludwig, N., Trecroci, A., Gargano, M., Formenti, D., Bosio, A., Rampinini, E., & Alberti, G. (2016). Thermography for skin temperature evaluation during dynamic exercise: a case study on an incremental maximal test in elite male cyclists. *Applied optics*, 55(34), D126-D130.
- Lukaski, H. C. (2004). Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, 20(7-8), 632-644.
- Macias, N., Alemán, M. H., Esparza, R. J & Valencia, M. E. (2007). Body fat measurement by bioelectrical impedance and air displacement plethysmography: a cross-validation study to design bioelectrical impedance equations in Mexican adults. *Nutrition Journal*, 6(1), 18.
- Maior, A. S., Leporace, G., Tannure, M., & Marocolo, M. (2017). Profile of infrared thermography in elite soccer players. *Motriz: Revista de Educação Física*, 23(2).
- Mann, C. J., Perdiguero, E., Kharraz, Y., Aguilar, S., Pessina, P., Serrano, A. L., & Muñoz-Cánoves, P. (2011). Aberrant repair and fibrosis development in skeletal muscle. *Skeletal muscle*, 1(1), 21.
- Manore, M. M. (2002). Dietary recommendations and athletic menstrual dysfunction. *Sports medicine*, 32(14), 887-901.
- Manso, J. M. G., Valdivielso, M. N., Caballero, J. A. R., & Ojeda, E. B. (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte: evaluación de la condición física: Gymnos*.

- Marins, de Andrade Fernandes, A., Moreira, G., Silva, F. S., Costa, C. M. A., Pimenta, E., & Sillero-Quintana, M. (2014). Thermographic profile of soccer players' lower limbs. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 7(1), 1-6.
- Marins, Fernández-Cuevas, I., Arnaiz Lastras, J., Fernandes, A., & Sillero Quintana, M. (2013). Applications of infrared thermography in sports. A review. *International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, in press, 15(60), 805-824.
- Marins, J. C. B., Fernández-Cuevas, I., Arnaiz-Lastras, J., Fernandes, A., & Sillero-Quintana, M. (2015). Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 15(60).
- Martin, L., Lambeth, A., & Scott, D. (2006). Nutritional practices of national female soccer players: Analysis and recommendations. *Journal of sports science & medicine*, 5(1), 130.
- Martínez, E. M., Canudas, M. V. R., Idáñez, Á. M., Rebollo, J. M., Ripol, P. M., Custardoy, A. C., & Gozalo, M. P. (2012). Síndrome de dolor regional complejo. *Seminarios de la Fundación Española de Reumatología*, 13(1), 31-36.
- Martini, G., Murray, K., Howell, K., Harper, J., Atherton, D., Woo, P., . . . Black, C. (2002). Juvenile-onset localized scleroderma activity detection by infrared thermography. *Rheumatology*, 41(10), 1178-1182.
- Matiegka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *American journal of physical anthropology*, 4(3), 223-230.

- Matković, B. R., Mišigoj-Duraković, M., Matković, B., Janković, S., Ružić, L., Leko, G., & Kondrič, M. (2003). Morphological differences of elite Croatian soccer players according to the team position. *Collegium antropologicum*, 27(1), 167-174.
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2007). Nutrition for soccer players. *Current sports medicine reports*, 6(5), 279-280.
- McClung, J. P. (2012). Iron status and the female athlete. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26(2-3), 124-126.
- McClung, J. P., Gaffney-Stomberg, E., & Lee, J. J. (2014). Female athletes: a population at risk of vitamin and mineral deficiencies affecting health and performance. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28(4), 388-392.
- McGill, C. R., & Devareddy, L. (2015). Ten-year trends in fiber and whole grain intakes and food sources for the United States population: National Health and Nutrition Examination Survey 2001–2010. *Nutrients*, 7(2), 1119-1130.
- Medicine, A. C. o. S., & Association, A. D. (2000). Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2130.
- Milanović, Z., Sporiš, G., James, N., Trajković, N., Ignjatović, A., Sarmiento, H., . . . Mendes, B. M. B. (2017). Physiological demands, morphological characteristics, physical abilities and injuries of female soccer players. *Journal of human kinetics*, 60(1), 77-83.
- Mladenović, I. (2005). Developing characteristics and functional abilities of top female football players. *Facta Univ Ser Med Biol*, 12(2), 97-99.
- Moreno-Eutimio, M. A., & Acosta-Altamirano, G. (2014). el inmunometabolismo del ejercicio físico y la vida sedentaria. *Cirugía y Cirujanos*, 82(3).

- Mullinix, M. C., Jonnalagadda, S. S., Rosenbloom, C. A., Thompson, W. R., & Kicklighter, J. R. (2003). Dietary intake of female US soccer players. *Nutrition Research, 23*(5), 585-593.
- Murakami, S., Kato, S., & Zeng, J. (2000). Combined simulation of airflow, radiation and moisture transport for heat release from a human body. *Building and environment, 35*(6), 489-500.
- Musselman, J. R., & Rutledge, P. C. (2010). The incongruous alcohol-activity association: Physical activity and alcohol consumption in college students. *Psychology of Sport and exercise, 11*(6), 609-618.
- Ng, E.-K. (2009). A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences, 48*(5), 849-859.
- Nieves, J. W., Melsop, K., Curtis, M., Kelsey, J. L., Bachrach, L. K., Greendale, G., Sainani, K. L. (2010). Nutritional factors that influence change in bone density and stress fracture risk among young female cross-country runners. *PM&R, 2*(8), 740-750.
- Nikolaidis, P. T. (2014). Physical fitness in female soccer players by player position: a focus on anaerobic power. *Human Movement, 15*(2), 74-79.
- Niu, H.-H., Lui, P.-W., Hu, J. S., Ting, C.-K., Yin, Y.-C., Lo, Y.-L., Lee, T.-Y. (2001). Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. *CHINESE MEDICAL JOURNAL-TAIPEI-, 64*(8), 459-468.
- Oliveira, J., Vardasca, R., Pimenta, M., Gabriel, J., & Torres, J. (2016). Use of infrared thermography for the diagnosis and grading of sprained ankle injuries. *Infrared Physics & Technology, 76*, 530-541.
- Pascual, C. M., Pérez, V. R., & Calvo, J. S. (2008). Epidemiología de las lesiones deportivas. *Fisioterapia, 30*(1), 40-48.

- Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2016). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 559-570.
- Peniche, C. (2011). *Nutrición aplicada al deporte*: McGraw Hill Mexico.
- peráčková, j. (2013). Anthropometric characteristics and indices of female national soccer players of the Slovak republic. *FIEP BULLETIN*, 83, 301-304.
- Polman, R., Walsh, D., Bloomfield, J., & Nesti, M. (2004). Effective conditioning of female soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 22(2), 191-203.
- Prisk, V., & Huard, J. (2003). Muscle injuries and repair: the role of prostaglandins and inflammation. *Histology and histopathology*, 18(4), 1243-1256.
- Ramírez, E., Valencia, M. E., Moya-Camarena, S. Y., Alemán-Mateo, H., & Méndez, R. O. (2009). Four-compartment model and validation of deuterium dilution technique to estimate fat-free mass in Mexican youth. *Nutrition*, 25(2), 194-199.
- Ramírez, E., Valencia, M. E., Moya, S. C., Alemán-Mateo, H., & Méndez, R. O. (2010). Estimation of body fat by DXA and the four compartment model in Mexican youth. *Archivos latinoamericanos de nutricion*, 60(3), 240-246.
- Ramírez, M. d. C. P. (2002). Caracterización del entrenador de alto rendimiento deportivo. *Cuadernos de psicología del deporte*, 2(1).
- Rich, P. B., Dulabon, G. R., Douillet, C. D., Listwa, T. M., Robinson, W. P., Zarzaur, B. L., Katz, L. M. (2004). Infrared thermography: a rapid, portable, and accurate technique to detect experimental pneumothorax¹. *Journal of Surgical Research*, 120(2), 163-170.
- Ring, E. (1990). Quantitative thermal imaging. *Clinical Physics and Physiological Measurement*, 11(4A), 87.

- Ring, E., & Ammer, K. (2000). The technique of infrared imaging in medicine. *Thermology international*, 10(1), 7-14.
- Ring, E., & Ammer, K. (2012). Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological measurement*, 33(3), R33.
- Robi, K., Jakob, N., Matevz, K., & Matjaz, V. (2013). The physiology of sports injuries and repair processes *Current issues in sports and exercise medicine*: InTech.
- Rocha, M. (1975). Peso ósseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a 25 años. *Arquivos de anatomía e antropología*, 1, 445-451.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527.
- Ross, W., De Rose, E., & Ward, R. (1988). Antropometría aplicada a la Medicina del Deporte. *Libro Olímpico de la Medicina Deportiva*, 233-276.
- Rubin, E., Katz, A. M., Lieber, C. S., Stein, E. P., & Puszkin, S. (1976). Muscle damage produced by chronic alcohol consumption. *The American journal of pathology*, 83(3), 499.
- Russell, M., & Pennock, A. (2011). Dietary analysis of young professional soccer players for 1 week during the competitive season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1816-1823.
- Ryan-Stewart, H., Faulkner, J., & Jobson, S. (2018). The influence of somatotype on anaerobic performance. *PloS one*, 13(5), e0197761.
- Sagawa, T., & Ueda, M. (2008). Second law of thermodynamics with discrete quantum feedback control. *Physical review letters*, 100(8), 080403.

- Sampedro, J., Piñonosa, S., & Fernandez, I. (2012). Thermography as a new assessment tool in basketball. Pilot study carried out with a professional player in the ACB. *Cuadernos de psicología del deporte*, 12(Suppl. 1), 51-56.
- Sanchis-Sánchez, E., Vergara-Hernández, C., Cibrián, R. M., Salvador, R., Sanchis, E., & Codoñer-Franch, P. (2014). Infrared thermal imaging in the diagnosis of musculoskeletal injuries: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Roentgenology*, 203(4), 875-882.
- Santos, D. d., Silveira, J. Q. d., & Cesar, T. B. (2016). Nutritional intake and overall diet quality of female soccer players before the competition period. *Revista de Nutrição*, 29(4), 555-565.
- Schlader, Z. J., Simmons, S. E., Stannard, S. R., & Mündel, T. (2011). The independent roles of temperature and thermal perception in the control of human thermoregulatory behavior. *Physiology & behavior*, 103(2), 217-224.
- Sedano, S., Cuadrado, G., Redondo, J., & De Benito, A. (2009). Perfil antropométrico de las mujeres futbolistas españolas. *Análisis en función del nivel competitivo y de la posición ocupada habitualmente en el terreno de juego*.
- Sherman, R. A., Woerman, A. L., & Karstetter, K. W. (1996). Comparative effectiveness of videothermography, contact thermography, and infrared beam thermography for scanning relative skin temperature. *Journal of rehabilitation research and development*, 33, 377-386.
- Sivanandam, S., Anburajan, M., Venkatraman, B., Menaka, M., & Sharath, D. (2012). Medical thermography: a diagnostic approach for type 2 diabetes based on non-contact infrared thermal imaging. *Endocrine*, 42(2), 343-351.

- Sloan, A., Burt, J., & Blyth, C. (1962). Estimation of body fat in young women. *Journal of Applied Physiology*, 17(6), 967-970.
- Söderman, K., Bergström, E., Lorentzon, R., & Alfredson, H. (2000). Bone mass and muscle strength in young female soccer players. *Calcified tissue international*, 67(4), 297-303.
- Solon-Biet, S. M., McMahon, A. C., Ballard, J. W. O., Ruohonen, K., Wu, L. E., Cogger, V. C., Melvin, R. G. (2014). The ratio of macronutrients, not caloric intake, dictates cardiometabolic health, aging, and longevity in ad libitum-fed mice. *Cell metabolism*, 19(3), 418-430.
- Song, S. K., & Rubin, E. (1972). Ethanol produces muscle damage in human volunteers. *Science*, 175(4019), 327-328.
- Sun, P.-C., Lin, H.-D., Jao, S.-H. E., Ku, Y.-C., Chan, R.-C., & Cheng, C.-K. (2006). Relationship of skin temperature to sympathetic dysfunction in diabetic at-risk feet. *Diabetes research and clinical practice*, 73(1), 41-46.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of canada, and the american college of sports medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501-528.
- Thompson, J., & Manore, M. M. (1996). Predicted and measured resting metabolic rate of male and female endurance athletes. *Journal of the American Dietetic Association*, 96(1), 30-34.
- Tipton, K. D. (2015). Nutritional support for exercise-induced injuries. *Sports Medicine*, 45(1), 93-104.
- Tresguerres, J. A. F., Aguilar Benítez de Lugo, E., Cachofeiro Ramos, V., Cardinali, D. P., Gil-Lozaga, P., Lahera Juliá, V., . . . Romano Pardo, M. (1999). *Fisiología humana*: McGraw-Hill Interamericana.

- Valencia, M. E., & Villegas-Valle, E. C. (2012). Body fat measurement by air displacement plethysmography: Theory, Practice, Procedures, and Applications. In *Handbook of Anthropometry* (397-413). Springer, New York, NY.
- Wells, E. K., Avery, M. L., Catanzarito, B. R., Wilson, B. N., & Bunn, J. A. (2016). Assessment of breakfast and physical activity habits in college students at a rural private institution. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(3), 770.
- Wendt, D., Van Loon, L. J., & Lichtenbelt, W. D. M. (2007). Thermoregulation during exercise in the heat. *Sports medicine*, 37(8), 669-682.
- Williams, M. H. (2004). Dietary supplements and sports performance: introduction and vitamins. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(2), 1.
- Woodson, R. D., Wills, R. E., & Lenfant, C. (1978). Effect of acute and established anemia on O₂ transport at rest, submaximal and maximal work. *Journal of Applied Physiology*, 44(1), 36-43.
- Yao, X., Wei, W., Li, J., Wang, L., Xu, Z., Wan, Y., Sun, S. (2014). A comparison of mammography, ultrasonography, and far-infrared thermography with pathological results in screening and early diagnosis of breast cancer. *Asian Biomedicine*, 8(1), 11-19.
- Zhu, Y. I., & Haas, J. D. (1998). Altered metabolic response of iron-depleted nonanemic women during a 15-km time trial. *Journal of Applied Physiology*, 84(5), 1768-1775.

APENDICE

Apéndices 1.



UNIVERSIDAD DE SONORA

Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Sonora

Hermosillo, Sonora. 14 de noviembre de 2017.
Oficio No. CEI-UNISON 9/2017

Dra. Aracely Angulo Molina
Departamento de Ciencias Químico Biológicas
Presente

ASUNTO: Dictamen CEI-UNISON

Por este medio, nos permitimos informarle que el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Sonora (CEI-UNISON) ha concluido la revisión del proyecto de investigación **"Implementación de un Protocolo de Termografía Digital Infrarroja para la Evaluación de Lesiones Deportivas en Atletas de Alto Rendimiento de la Universidad de Sonora"**, recibido en Junio de 2017, que usted envió solicitando la valoración ética correspondiente. En respuesta a su solicitud, el CEI-UNISON emite el siguiente:

DICTAMEN APROBADO

El CEI-UNISON considera que en la investigación propuesta hay riesgos mínimos para los participantes y que puede ejecutarse en los tiempos programados. Le solicitamos que informe al CEI-UNISON, en un plazo que no supere los 12 meses desde el comienzo del estudio, un resumen de los avances del proyecto, particularmente de los aspectos éticos correspondientes. Le solicitamos que cualquier adición al proyecto que involucre aspectos éticos sea informado a este Comité antes de proceder a su eventual implementación. Finalmente, le comunicamos que los datos de este proyecto no podrán ser utilizados para otro proyecto, a menos que el segundo proyecto sea evaluado y aprobado por la Comisión.

Sin otro particular, aprovecho el medio para hacerle llegar un cordial saludo.

Atentamente

Dra. Marcela Sotomayor Peterson
Presidenta del Comité de Ética
en Investigación de la Universidad de Sonora

Apéndice 2.

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

- 1. Título del proyecto:** Implementación de un protocolo de termografía digital infrarroja para la evaluación de lesiones deportivas en atletas de alto rendimiento de la universidad de sonora.
- 2. Equipo de investigadores:** Investigador responsable - Dra. Aracely Angulo Molina; Asesor y Sinodal – Dr. Fernando Bernal Reyes; Sinodales – Dr. Marcelino Barboza Flores y Dr. Mauro E. Valencia; Asesor externo – cDr. Fernando Ferreyro Bravo; Médico Ortopedista – Dr. Gustavo Azcona Arteaga.
- 3. Introducción/propósitos:** La termografía digital infrarroja (TDI), permite detectar los cambios del calor natural que emite el cuerpo y que es específica para cada parte del cuerpo. Los atletas de alto rendimiento son susceptibles a sufrir lesiones, y las lesiones son características de originar cambios metabólicos en la zona afectada y ocasionar inflamación. Con la TDI se logra observar que la inflamación es una zona más caliente en comparación con las zonas no lesionadas. Conocer las zonas donde presentan más lesiones los deportistas puede ser fundamental para trabajar en la prevención, el tratamiento y la recuperación.
- 4. Objetivo:** Este proyecto tiene como objetivo implementar y evaluar un protocolo de TDI para la detección oportuna de lesiones en los atletas de alto rendimiento de la Universidad de Sonora. Este proyecto tendrá como sede el Centro de Biotérmica, ubicado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora.

A usted se le invita a participar en este estudio de investigación exploratoria. Antes de decidir si participar o no, deberá leer y comprender cada uno de los apartados que aquí se muestran. Usted está en absoluta libertad para preguntar sobre cualquier duda que tenga respecto al estudio, con gusto las responderemos. Una vez que haya comprendido todo lo aquí establecido y si decide participar, se le pedirá que firme este consentimiento informado, del cual se le entregará una copia firmada y con fecha.

5. Procedimientos/intervenciones que se llevaran a cabo:

Este consentimiento permitirá realizar las siguientes evaluaciones:

1. Evaluación antropométrica
2. Evaluación por Termografía Digital Infrarroja
3. Evaluación por ultrasonido de alta resolución
4. Evaluación dietética
5. Evaluación médica

· Para la evaluación Antropométrica se realizarán las siguientes mediciones:

- Peso y Estatura. Lo deseable es que esta medición se realice con la menor cantidad posible de prendas. Para la estatura se le solicitará que esté descalzad(a) y sin chongo (o cola de caballo en el peinado).
- Circunferencias de: cintura, cadera, brazos y piernas. Para realizar la medición de la cintura debe descubrirse la cintura hasta donde se encuentra localizada la cicatriz umbilical.
- Pliegues cutáneos de: brazos, piernas, muslos, abdomen, cresta iliaca, supraespinal y subescapular. Para tomar la medida del pliegue es necesario realizar una ligera presión en la piel para colocar el plicometro que da la sensación de un pellizco. La región donde se aplique la plicometría debe estar descubierta, incluye descubrir la espalda y la cintura a nivel de los costados y zona alta de la cadera.
- Diámetros del: codo y rodilla

· Para la evaluación por Termografía Digital Infrarroja (TDI) se le pedirá de favor que cumpla con los siguientes requisitos:

Requisitos para ser evaluados por TDI:

- § No fumar un día anterior ni el día de su cita.
- § No ingerir alimentos y/o bebidas calientes o frías (café, té, caldos, etc.) el día de su cita.
- § Sí debe comer, no ayune.
- § No consuma productos con cafeína.
- § No bañarse con agua muy caliente o fría 3 horas antes de su cita.
- § Acudir a su cita con ropa y zapatos ligeros. Pelo agarrado para descubrir su cara y cuello
- § Si está amamantando, por favor hágalo dos horas antes de asistir a su cita.

- § En caso de tomar medicamentos, continúe su uso pero repórtelos al termógrafo.
- § No usar lociones (ni en piel o ropa), desodorante, talco, maquillaje, bloqueadores solares o cremas en el cuerpo, incluyendo cara y pies, antes de su cita. Tampoco usar spray y/o gel en el pelo así como artefactos que puedan calentar su cuero cabelludo como secadoras, pinzas, etc. No es válido lavarse la cara minutos u horas antes de su cita para quitarse los químicos antes mencionados.
- § Evadir la exposición prolongada al sol un día anterior a la cita y el día de la cita. En caso de laborar en exteriores, favor de comunicarse con nosotros para saber la condición de su piel.
- § No rasurarse ninguna parte del cuerpo a menos que hayan transcurrido 24 horas antes de su cita.
- § No depilarse con cera caliente o fría ninguna parte del cuerpo a menos que haya transcurrido una semana antes de su cita. En el caso de depilaciones láser, favor de llamarnos antes de hacer la cita para saber la condición de su piel.
- § No asistir a terapia física, quiropráctica y acupuntura un día anterior a su cita y antes de ella.
- § No ejercitar 24 horas antes de su cita. Si es atleta, entrenador o deportista, favor de llamarnos antes de su cita.
- § En caso de baños solares naturales o artificiales, tiene que transcurrir una semana como mínimo para asistir a su cita, por favor llámenos para orientarle.
- § En caso de tatuajes en su piel, estos deberán ser de por lo menos tres meses de antigüedad.
- § Al momento de hacer la cita, reporte a su termógrafo si ha tenido lesiones, biopsias o cirugías recientes en su cuerpo.
- § Si está bajo un tratamiento que involucre cualquier tipo de energía, favor de decirnos antes de su cita.
- § Si tiene diagnósticos de estudios recientes (mamografía, ultrasonidos, rayos X, tomografías, etc.) favor de traer una copia para anexarla a su expediente o bien enviarla al correo electrónico.
- § No asistir a la cita si está enfermo: asma, resfriado, tos, calentura, alergia, golpes, fracturas, entre otros.
- § En caso de cancelación por favor avise de dos a tres días antes.
- § Si su salud lo requiere, puede traer a una persona de su confianza para que lo acompañe y ayude durante el estudio.

Para realizar la termografía se utiliza una cámara que detecta el calor que emite el cuerpo, por lo que es necesario descubrir las zonas del cuerpo que serán evaluadas, por lo que se le pedirá que utilice un short corto deportivo (o cualquier prenda que permita descubrir los muslos). La evaluación por TDI no tarda más 20 min. si se siguen correctamente las indicaciones del especialista que lo(la) evalúa. Previo a la evaluación por TDI se le realizará una entrevista por parte del especialista.

- Para la evaluación por Ultrasonido de Alta Resolución (USAR) se le pedirá, al igual que con la TDI que utilice un short corto deportivo (o cualquier prenda que permita descubrir los muslos), esto con la finalidad de que el especialista realice un diagnóstico óptimo. El USAR, es un método no invasivo, de referencia, con el cuál se puede detectar la presencia de algunas lesiones deportivas, requiere contacto con la piel y no daña la salud.
- Para la evaluación Dietética se le realizará una entrevista por un Nutriólogo, necesaria para conocer su patrón alimentario así como también, su historial clínico y de hidratación.
- Para la evaluación Médica se le realizará una valoración física y se completará el historial de lesiones por parte de un médico especialista en deportes y/o certificado en lesiones.

NOTA: *Todas las evaluaciones se realizarán 3 veces a lo largo de 1 año.*

Declaración.

Entiendo que el estudio requerirá de mi participación activa durante un periodo de 2 a 3 horas para cumplir con todas las evaluaciones, las cuales pueden ser efectuadas en forma consecutiva, o bien, distribuidas en diferentes días de la semana.

6. Riesgos/incomodidades que puede experimentar el sujeto

- Para el TDI y el ultrasonido se requiere el uso de ropa mínima (short, camisa de tirantes, etc.) puede producir incomodidad en algunas personas.
- La medición de los pliegues cutáneos pueden producir una ligera incomodidad en algunas personas e inclusive dejar enrojecimiento en la piel por el ligero pellizco necesario para tomar la medición con el plicómetro.

- Todas las pruebas que se utilizarán para este estudio, incluyendo TDI y ultrasonido ya han sido utilizadas en otras investigaciones de talla internacional e incluso en el área clínica. No existen contraindicaciones para su uso.
- Ninguna de las mediciones representa un riesgo de salud para los participantes más allá de lo previamente explicado.

7. Beneficios previsibles

Individuales: Los deportistas participantes en este proyecto obtendrán todos sus respectivos resultados: perfil de antropometría, análisis de la dieta, análisis urinario, perfil termográfico y ultrasonido. Además cualquier otro dato individual que el participante solicite, como por ejemplo, peso, talla, circunferencias, etc.

Colectivos: Mayor conocimiento en el área del deporte y en el ámbito nutricional los deportistas que representan a la Universidad de Sonora. Llevando este proyecto a cabo, puede contribuir en la preparación del deportista, lo que se espera obtener además del perfil nutricional y termográfico del atleta, es un protocolo de atención al deportista para el tratamiento y la prevención de lesiones.

- 8. Compensación:** Los resultados serán entregados a nivel individual y sin ningún costo para los participantes. Actualmente el programa no cuenta con algún tipo de retribución a los participantes que deseen ser parte del estudio, es decir, no recibirán pago por su participación.
- 9. Confidencialidad de la información:** Los datos proporcionados por usted, así como sus resultados serán guardados en la más estricta confidencialidad, y sólo podrán utilizarse en análisis futuros en combinación con los de otros estudios y en lugar del nombre se usará una clave numérica. En ningún momento, se utilizarán ni serán proporcionados a terceras personas con fines diferentes a los especificados. Nunca perderán su carácter de confidencialidad.

10. Problemas o preguntas

Usted tiene el derecho a preguntar sobre cualquier aspecto de la investigación, así como a retirarse de esta investigación en cualquier momento, si así lo desea. Para cualquier duda o pregunta que usted tenga, puede comunicarse a los siguientes teléfonos:

Investigador	Teléfono oficina	Teléfono celular
Investigador responsable: Dra. Aracely Angulo Molina	2592100	22 21 40 00 03
Dr. Marcelino Barboza Flores	2592100	66 21 22 87 48
LCN. Humberto J. Martínez Martínez	-	66 24 60 78 40

11. Consentimiento/participación voluntaria

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por medio de esta forma de consentimiento yo _____ declaro que se me han explicado claramente los objetivos y mediciones de esta investigación, así como los beneficios e incomodidades que pueda presentar durante la participación.

Entiendo que los procedimientos a utilizar no comprometen mi salud y no va más allá de lo previamente explicado

Así mismo, acepto voluntariamente y me doy por enterado (a) de los procedimientos y análisis que se realizarán en este estudio.

- Aplicación de entrevistas nutricional, hidratación y médica
- Mediciones antropométricas
- Evaluación térmica del cuerpo por medio de TDI
- Evaluación de lesiones por medio de ultrasonido.

Reconozco que los procedimientos a utilizar no representan riesgo alguno y que tengo el derecho a retirarme del estudio en cualquier momento, si así lo deseo.

Fecha de aceptación: _____ / _____ / _____

Nombre y firma del voluntario:

Firma de autorización: _____

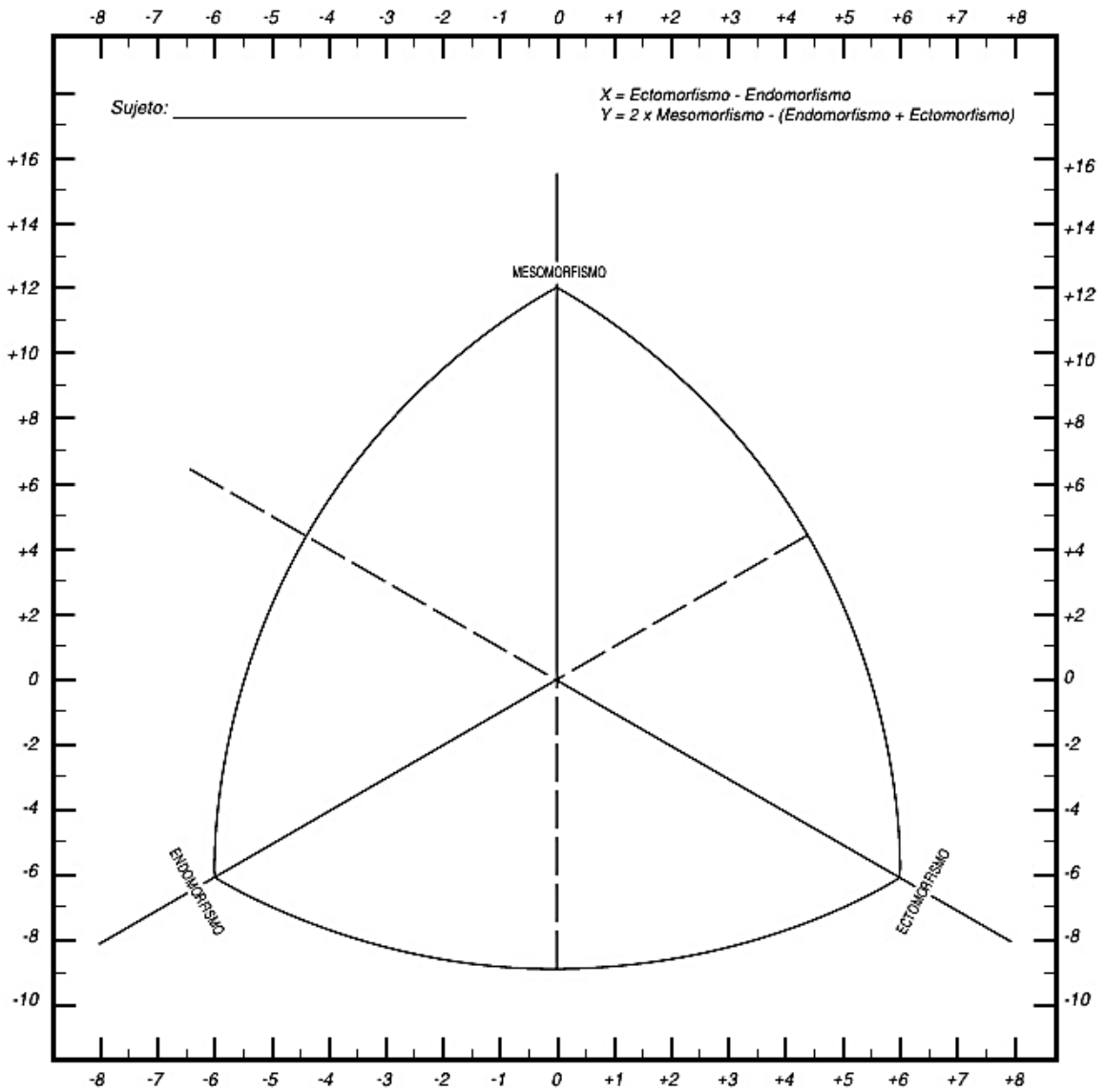
Testigo (Nombre y firma) _____

Apéndice 3.

PROFORMA Nivel 1 ISAK																																																																																																																													
Apellido:	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Nombre:	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Medición N° <input style="width: 20px;" type="text"/>																																																																																																																									
Número:	<input style="width: 20px;" type="text"/>	Sexo:	<input style="width: 20px;" type="text"/>	Fecha nacimiento:																																																																																																																									
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;"><small>Día</small></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><small>Mes</small></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><small>Año</small></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> </tr> </table>			<small>Día</small>	<small>Mes</small>	<small>Año</small>					<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																																																																											
<small>Día</small>	<small>Mes</small>	<small>Año</small>																																																																																																																											
<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																																																																																							
		Fecha de la prueba:																																																																																																																											
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;"><small>Día</small></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><small>Mes</small></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><small>Año</small></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> <td><input style="width: 20px;" type="text"/></td> </tr> </table>			<small>Día</small>	<small>Mes</small>	<small>Año</small>					<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																																																																											
<small>Día</small>	<small>Mes</small>	<small>Año</small>																																																																																																																											
<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																																																																																							
Evaluador:	<input style="width: 95%;" type="text"/>		Anotador:	<input style="width: 95%;" type="text"/>																																																																																																																									
Básicos																																																																																																																													
1	Peso (kg)	<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																															
2	Talla (cm)	<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																															
Pliegues cutáneos																																																																																																																													
3	Tríceps	<table border="1" style="width: 40px; height: 60px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																															<table border="1" style="width: 40px; height: 60px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																															<table border="1" style="width: 40px; height: 60px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																															<table border="1" style="width: 40px; height: 60px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																														
4	Subescapular																																																																																																																												
5	Bíceps																																																																																																																												
6	Cresta Iliaca																																																																																																																												
7	Supraespinal																																																																																																																												
8	Abdominal																																																																																																																												
9	Muslo medial (Opción:)																																																																																																																												
10	Pantorrilla medial																																																																																																																												
Perímetros																																																																																																																													
11	Brazo relajado	<table border="1" style="width: 40px; height: 40px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																<table border="1" style="width: 40px; height: 40px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																<table border="1" style="width: 40px; height: 40px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																<table border="1" style="width: 40px; height: 40px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																											
12	Brazo flexionado																																																																																																																												
13	Cintura	<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																															
14	Cadera máxima	<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																															
15	Pantorrilla máxima	<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																															
Diámetros																																																																																																																													
16	Humeral	<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																															
17	Femoral	<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>				<table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																																																																																																															

Apéndice 4.

Somatocarta



Apéndice 5.

Historial Clínico Deportivo Universitario

Encuesta		Fecha	
Nombre de evaluador		Carrera	Edad
Nombre deportista		Posición de juego	Estado civil
Fecha de nacimiento		Etapa	Sexo
Dirección		Teléfono	
Ocupación		correo	
Antecedentes Clínicos		Hogar	
Problemas de salud actuales personales	Familiares directos que padecen (¿Quién?)	Horas de sueño:	
Si / No		¿A qué hora?	
		Te levantas:	_____ _AM
		Te duermes:	_____ _AM
			_____ _AM
			_____ _AM
Presión alta/baja		¿Tomas siestas?	
Colesterol		¿A qué hora la toma?	
Diabetes		¿Cuántas horas?	
Triglicéridos		¿En qué días? (L, M, M,J,V,S,D)	
Ácido úrico			
Cáncer (tipo)			
Estreñimiento			
		Deporte	
Diarrea		Ejercicio/deporte (s)	
Colitis			
Gastritis			
Nauseas			
Vómito		Días que lo practica	
¿Alguna otra enfermedad o tratamiento?		¿Desde cuándo?	
	Si/No		
¿Sufre falta de energía o mareos?		¿Cuándo?, ¿A qué hora del día?	

¿Toma algún medicamento actualmente?		¿Cuáles y para qué? _____	

¿Tomas suplementos, energizantes o vitaminas?		¿Cuáles y a qué tiempo? _____	

		Horario de ejercicio (AM o PM)	

ALIMENTACIÓN				
Consumo de Frecuencia de Alimentos		EJEMPLOS: 3 veces a la semana = 3/7 ó 3 veces al día = 3/1 ó una vez cada 15 días = 1/15 ó diario = 7/7		
Leche o yogurt (240 ml)		Carne de Cerdo (100 gr)		Azúcar libre (1 C.da)
Queso (40 gr)		Leguminosas (frijoles, lentejas) (1 tza)		Aceite, mantequilla (1 cedita)
Carnes res (100 gr)		Frutas frescas (1 pza o 1 tza)		Aguacate (1/4 pza)
Carne de Pollo/pavo (100 g)		Frutos secos (nuez, almendras) (1 puño)		Miel, mermelada (1 cedita)
Pescado / Mariscos / camarones (100 gr)		Verduras (1 tza)		Comida rápida (pizza, hamburguesa, hot dog)
Huevo (1 pza)		Tortilla / pan (1 pza)		Frituras, golosinas, pastelitos
Embutidos (1 reb, jamón; 1 pza salchicha)		Cereales (arroz, pasta, cereal para desayuno) (1 tza)		Alcohol (cerveza / vino)
DIETA HABITUAL (la dieta que normalmente consume o con más frecuencia)				
Tiempos de alimentos	HORA	Alimentos y cantidad		
Desayuno				
Colación matutina				
Comida				
Colación Vespertina				
Cena				
Misceláneo				
HABITOS				
¿Fumas? _____ ¿Cuánto?		¿Quién prepara sus alimentos?		
¿Cuántos vasos de agua tomas al día? (En TOTAL)		Alimentos que le desagradan y el Motivo: _____		
¿Cuánta agua tomas en el entrenamiento o juego?		Alimentos que le causen alergia		
¿Cuándo tienes <u>preocupación</u> , comes más o comes menos?		¿Te malpasas?	¿Cuándo?	
¿Cuándo tienes <u>ansiedad</u> , comes más o comes menos?		Hora en qué tiene más hambre:	¿Cómo considera su apetito?	Bueno (_), Malo (_), Regular (_)
a) ¿Cuántas veces come al día entre semana?		¿De esas veces cuántas son en casa?	¿Cuántas veces son en la calle?	
b) ¿Cuántas veces come al día en fin de semana?		¿De esas veces cuántas son en casa?	¿Cuántas veces son en la calle?	
c) ¿Come entre comidas?		¿Qué come?		
d) ¿Ha llevado alguna dieta especial?		¿Cuál?		
		¿Hace cuánto??		
		¿Por cuánto tiempo?		
		¿Obtuvo los resultados esperados? ¿Cuáles?		
e) ¿Ha utilizado medicamentos para bajar de peso?		¿Qué medicamentos?		
ASPECTOS GINECOLOGICOS				
Fecha de ÚLTIMA menstruación: _____	¿Regular o irregular? _____		¿Embarazo actual? _____	¿Hijos? _____ ¿Cuántos? _____
			¿Anticonceptivos orales? _____ ¿Cuáles? _____ • DOSIS: _____	
¿Terapia de reemplazo hormonal?	¿Cuál?		DOSIS:	
NOTAS Y/O COMENTARIOS				

Apéndice 6.

Encuesta Alimentaria de Recordatorio de 24 h.

Nombre del encuestado _____ No. Identificación _____ Fecha actual _____

Nombre del encuestador _____ Día recordado _____

Hora	Alimento	Ingredientes	Cantidad o peso (g)	Observaciones, marca, etc.

Apéndice 7.

Sistema de registro de historia médica y lesiones del deportista

ESTE FORMULARIO DEBE SER CUMPLIMENTADO POR EL DEPORTISTA

APELLIDOS	NOMBRE	FECHA
DEPORTE	MODALIDAD	
HOMBRE / MUJER / FECHA DE NACIMIENTO:	DÍA	MES AÑO
DIRECCIÓN: CALLE, N° Y COLONIA () ()	CÓDIGO POSTAL	MUNICIPIO ESTADO
TELÉFONO CELULAR TELEFONO CASA	ESCUELA Y REGISTRO ESCOLAR	NÚMERO DE PASAPORTE
NÚMERO DE SEGURO MÉDICO (IMSS, ISSTE, ISSTESON, ETC)		()
NOMBRE DEL MÉDICO FAMILIAR	DIRECCIÓN DEL MÉDICO FAMILIAR	TELÉFONO
		()
NOMBRE DEL DENTISTA	DIRECCIÓN	TELÉFONO
FECHA: ÚLTIMA REVISIÓN MÉDICA	FECHA: ÚLTIMA REVISIÓN BUCAL	ALÉRGICAS MEDICAMENTOS

EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTAR CON

NOMBRE	RELACIÓN	() TELÉFONO
DIRECCIÓN: CALLE, N° Y COLONIA	CÓDIGO POSTAL	MUNICIPIO ESTADO

HISTORIA FAMILIAR

MARCA TODOS LOS PROBLEMAS DE SALUD QUE HAYAN TENIDO LOS MIEMBROS PRÓXIMOS DE TU FAMILIA

MARCA "SÍ" O "NO"	PROBLEMA DE SALUD		MARCA "SÍ" O "NO"	PROBLEMA DE SALUD
	¿HA MUERTO ALGÚN MIEMBRO DE TU FAMILIA (CON UNA EDAD INFERIOR A 50 AÑOS) DE FORMA REPENTINA?			ALERGIA O ASMA
				ANEMIA
	TENSIÓN ARTERIAL ALTA			DIABETES
	PROBLEMAS CARDIACOS			EPILEPSIA
	CÁNCER O TUMOR			DOLENCIAS DE RIÑÓN O VEJIGA
	DOLORES DE CABEZA Y MIGRAÑAS			DOLENCIAS ESTOMACALES
	PROBLEMAS EMOCIONALES			ANOMALIAS GENÉTICAS

PROBLEMAS DE SALUD HOY EN DÍA

MARCA "SÍ" O "NO"	PROBLEMA(S) DE SALUD
	DIFICULTAD DE VISIÓN
	DIFICULTADES CON LA NARIZ O LA GARGANTA
	PROBLEMAS DE OÍDO
	DOLORES DE CABEZA, MAREOS, DEBILIDAD, PROBLEMAS DE COORDINACIÓN O EQUILIBRIO
	ENTUMECIMIENTO EN ALGUNA PARTE DEL CUERPO
	TENDENCIAS A TEMBLAR
	TOS, FALTA DE AIRE, DOLORES EN EL PECHO O PALPITACIONES
	FALTA DE APETITO, VÓMITOS, DOLORES EN EL ABDOMEN, TRASTORNOS DIGESTIVOS ANÓMALOS
	SÍNTOMAS QUE HAGAN REFERENCIA A LOS MUSCULOS, HUESOS O ARTICULACIONES (RIGIDEZ, HINCHAZÓN, DOLORES)
	PROBLEMAS CON LA PIEL COMO ULCERAS, ERUPCIONES, ETC
	OTROS SÍNTOMAS ESPECIFIQUE:

¿HAS CONSULTADO O TE HAN ACONSEJADO QUE VISITARAS A UN ESPECIALISTA DEBIDO A ALGUNO DE LOS SIGUIENTES PROBLEMAS?

MARCA "SÍ" O "NO"	PROBLEMA(S) DE SALUD
	DIABETES, BOCIO U OTRAS TRASTORNOS GLANDULARES
	EPILEPSIA
	NERVIOS O DOLENCIAS CEREBRALES O DEL SISTEMA NERVIOSO
	DOLENCIAS CARDIACAS O FIEBRE REUMATICA
	VENAS VARICOSAS, FLEBITIS, HEMORROIDES
	DOLENCIAS RELACIONADAS CON LA SANGRE, PRESENCIA DE MORETONES O TENDENCIA A LAS HEMORRAGIAS
	TUBERCULOSIS, ASMA, DOLENCIAS PULMONARES O ANOMALIAS RESPIRATORIAS
	TRASTORNOS ESTOMACALES, DE LOS INTESTINOS, EL HÍGADO O LA VESICULA BILIAR
	CUALQUIER TRASTORNO O DOLENCIA DE LOS RIÑONES Y RESTO DE LOS ÓRGANOS GENITOURINARIOS (EJ. AZÚCAR EN ORINA)
	ARTRITIS, REUMATISMO O CUALQUIER TRASTORNO DE LOS HUESOS, ARTICULACIONES, ESPALDA O LA COLUMNA VERTEBRAL
	HERNA O CUALQUIER DOLENCIA DE LOS MUSCULOS O LA PIEL
	CÁNCER, O CUALQUIER TIPOI DE TUMOR
	MAREOS INTENSOS, PÉRDIDA DE MEMORIA, VÓMITOS, PÉRDIDA DE CONOCIMIENTO, QUEHAYAN REQUERIDO ATENCIÓN MÉDICA

TRASTORNOS DEBIDOS AL CALOR

MARCA "SÍ" O "NO"	PROBLEMA(S) DE SALUD
	¿HAS TENIDO PROBLEMAS DE DESHIDRATACIÓN (PÉRDIDA EXCESIVA DE SALES Y AGUA)?
	¿HAS SUFRIDO INSOLACIÓN (INCAPACIDAD DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL QUE TIENE COMO RESULTADO UNA TEMPERATURA CORPORAL SUPERIOR A 40.5°C)?
	EN CASO AFIRMATIVO. ¿FUISTE HOSPITALIZADO?
	¿HA CAMBIADO TU PESO EN EL ÚLTIMO AÑO? GANANCIA _____ KG O PERDIDA _____ KG
	¿TIENE ESTE CAMBIO DE PESO ALGUNA EXPLICACIÓN? ESPECIFICA:
	¿SUELES TENER MÁS SED DE LO HABITUAL?

SUPLEMENTOS MÉDICOS O ALIMENTARIOS Y OTROS AGENTES.

MARCA "SÍ" O "NO"	SITUACIÓN	ESPECIFIQUE
	¿ESTÁS BAJO MEDICACIÓN EN LA ACTUALIDAD?	
	¿ESTÁS TOMANDO VITAMINAS ACTUALMENTE?	
	¿ESTÁS TOMANDO ALGÚN TIPO DE ESTIMULANTES (BENZADRINA, ANFETAMINA, ETC.)?	
	¿ESTÁS TOMANDO AGENTES ANABOLICOS (ESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO)?	
	¿ESTÁS TOMANDO PASTILLAS PARA DORMIR?	
	¿BEBES ALCOHOL? EN CASO AFIRMATIVO, ¿QUÉ CANTIDAD SEMANAL?	
	¿TE HAN ACONSEJADO ALGUNA VEZ QUE NO PARTICIPES EN ALGÚN DEPORTE?	
	¿USA LENTES CUANDO PRACTICA DEPORTE?	

HISTORIA GINECOLÓGICA Y MENSTRUAL

¿A qué edad tuviste tu primera menstruación? _____

¿A qué edad empezaron a regularizarte tus periodos? _____

¿Con qué frecuencia tienes los periodos en la actualidad? _____

MARCA "SÍ" O "NO"	SITUACIÓN
	¿TIENES DOLORES MENSTRUALES DURANTE TUS PERIODOS?
	¿TIENES ALGUNA ANOMALÍA MENSTRUAL (EJEMPLO: HEMORRAGIAS ANÓMALAS)?
	¿TIENES FLUJOS VAGINALES?
	¿TIENES DOLORES O MASAS EN LOS PECHOS?
	¿HAS ESTADO O ESTÁS EMBARAZADA? N° DE NIÑOS: _____
	¿ALGÚN OTRO TIPO DE PROBLEMA GINECOLÓGICO?: _____
	INDICA LA FECHA DE TU ÚLTIMA PRUEBA DE PAPANICOLAU _____

TRAUMATISMOS

MARCA "SÍ" O "NO"	SITUACIÓN	ESPECIFIQUE
	¿HA SUFRIDO ALGUNA LESIÓN EN LOS HOMBROS, BRAZOS, CODOS, MUÑECAS O MANOS? EN CASO DE RESPUESTA AFIRMATIVA, ¿TE INCAPACITÓ LA LESIÓN DURANTE MÁS DE UNA SEMANA?	
	¿HA SUFRIDO ALGUNA LESIÓN EN LA CABEZA, LA COLUMNA VERTEBRAL, LA COLUMNA TORÁCICA, COSTILLAS, LA COLUMNA LUMBAR O LAS ARTICULACIONES SACROILIÁCAS?	
	¿TIENES DOLORES EN LA ESPALDA? EN CASO AFIRMATIVO, ¿Cuándo? <input type="checkbox"/> RARA VEZ, <input type="checkbox"/> FRECUENTEMENTE, <input type="checkbox"/> ALGUNA VEZ, <input type="checkbox"/> SÓLO DESPUES DEL EJERCICIO INTENSO	
	¿TE HAS LESIONADO ALGUNA VEZ LAS CADERAS, RODILLAS, TOBILLOS O PIES? EN CASO DE RESPUESTA AFIRMATIVA, ¿TE INCAPACITÓ LA LESIÓN POR MÁS DE UNA SEMANA?	
	¿TE HAN INFORMADO ALGUNA VEZ DE UNA LESIÓN EN EL CARTILAGO Y/O DE LOS MENISCOS DE CUALQUIERA DE LAS DOS RODILLAS?	
	¿LE HAN DIAGNOSTICADO O HA TENIDO ALGUNA VEZ PROBLEMAS EN LA ROTULA O CAPSULA ARTICULAR DE LAS RODILLAS?	
	¿TE HAS LESIONADO ALGUNA VEZ LOS LIGAMENTOS DE LA ARTICULACIÓN DE CUALQUIERA DE LAS DOS RODILLAS?	
	¿TIENES ALGÚN CLAVO, TORNILLO Y SISTEMA DE FIJACIÓN ÓSEA EN ALGUNA PARTE DE TU CUERPO COMO RESULTADO DE UNA INTERVENCIÓN QUIRURGICA?	
	¿HA TENIDO ALGUNA FRACTURA EN LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS? ESPECIFICA EN EL CUADRO MÉDICO	
	¿LE HAN SOMETIDO A ALGUNA INTERVENCIÓN QUIRURGICA?	
	¿ES ZURDO(A) PARA PATEAR?	

ANEXO DE CUADRO MEDICO.

DETALLES RELATIVOS A LAS RESPUESTAS AFIRMATIVAS

FECHA	NOMBRE Y DIRECCIÓN DEL MÉDICO, HOSPITAL, ETC.	TIPO DE LESIÓN / ENFERMEDAD

AUTORIZACIÓN-CONSENTIMIENTO PARA TRANSMITIR LA INFORMACIÓN

YO _____, DOY PERMISO PARA QUE LOS RESULTADOS (DEPORTISTA, O EN CASO DE SER MENOR DE EDAD, PADRE O TUTOR)

DE ESTA REVISIÓN MÉDICA SE TRANSMITAN AL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y AL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA, PARA FINES DE ESTUDIO Y PUBLICACIÓN CIENTÍFICA. MI(S) NOMBRE(S) Y APELLIDOS SERÁN OMITIDOS PARA ESTOS ACTOS.

FECHA _____

LUGAR _____

FIRMA _____

TESTIGO _____