

# Efectos agudos de la práctica del bádminton sobre la temperatura superficial de los miembros inferiores

Alfredo Bravo-Sánchez<sup>1</sup>, Javier Abián-Vicén<sup>1</sup>, Almudena Torrijos Montalbán<sup>2</sup>, Pablo Abián-Vicén<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla-La Mancha. <sup>2</sup>Hospital Nacional de Parapléjicos. Toledo. <sup>3</sup>Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Pontificia de Comillas. Cantabria.

**Recibido:** 08.01.2018  
**Aceptado:** 18.01.2018

## Resumen

**Introducción:** El objetivo fue evaluar el efecto de un entrenamiento de bádminton sobre la temperatura superficial de los miembros inferiores y las posibles asimetrías derivadas de la unilateralidad del deporte.

**Material y método:** 19 jugadores de bádminton participaron en el estudio (Edad: 34,4±14,1 años, Estatura: 168,1±7,8 cm, Masa corporal: 66,2±13,9 kg). Cada jugador fue analizado antes y después de realizar un entrenamiento de bádminton estandarizado de 2 horas. Para registrar la temperatura corporal se utilizó una cámara termográfica VARIOCAM® modelo HR. Se tomaron las imágenes de la parte anterior y posterior de los miembros inferiores divididos en tres zonas (muslo, rodilla y pierna).

**Resultados:** La temperatura media del miembro inferior dominante fue mayor después del entrenamiento en la zona anterior de la rodilla (pre=31,52±0,91 °C vs post=32,15±0,51 °C; p=0,003) y en la zona anterior de la pierna (pre=32,10±0,75 °C vs post=32,81±0,73 °C; p<0,001). En el miembro inferior no dominante se registró un incremento después del entrenamiento en la temperatura media en la zona anterior del muslo (pre=32,15±0,85 °C vs post=32,50±0,52 °C; p=0,018), en la zona anterior de la rodilla (pre=31,55±0,91 °C vs post=32,26±0,56 °C; p=0,001), en la zona anterior de la pierna (pre=32,22±0,76 °C vs post=32,80±0,74 °C; p<0,001) y en la zona posterior de la pierna (pre=32,13±0,69 °C vs post=32,50±0,65 °C; p=0,006). No se encontraron diferencias en la temperatura superficial entre el miembro inferior dominante y no dominante en ningún instante ni zona analizada.

**Conclusiones:** Los resultados muestran que las regiones anteriores de la rodilla y de la pierna en ambos miembros inferiores y la región anterior del muslo y posterior de la pierna en el miembro inferior no dominante son las que muestran un mayor incremento de temperatura tras un entrenamiento de bádminton debiendo ser en ellas donde recaiga mayor atención en el periodo de recuperación y en la vuelta a la calma después del entrenamiento.

## Palabras clave:

Extremidades inferiores.  
Termografía. Bádminton.

## Acute effects of badminton practice on the surface temperature of lower limbs

### Summary

**Introduction:** The objective was to evaluate the effect of badminton training on the skin temperature of lower limbs and the possible asymmetries derived from the one-sidedness of the sport.

**Material and method:** 19 badminton players participated in the study (Age: 34.4±14.1 years, Height: 168.1±7.8 cm, Body mass: 66.2±13.9 kg). Each player was tested before and after performing a 2-hour standardized badminton workout. To record body temperature, a VARIOCAM® HR model thermographic camera was used. The images of the anterior and posterior parts of the lower limbs were divided into three zones (thigh, knee and leg).

**Results:** The mean temperature of the dominant lower limb was higher after training in the anterior knee (pre=31.52±0.91°C vs post=32.15±0.51°C, P=0.003) and in the anterior leg=32.10±0.75 °C vs post=32.81±0.73 °C, P<0.001). In the non-dominant lower limb an increase after training was recorded in the medial temperature in the anterior thigh area (pre=32.15±0.85 °C vs post=32.50±0.52 °C, P=0.018), in the anterior area of the knee (pre=31.55±0.91°C vs post=32.26±0.56°C, P=0.001), in the anterior area of the leg (pre=32.22±0.76 °C vs post=32.80±0.74 °C, P<0.001) posterior of the leg (pre=32.13±0.69 °C vs post=32.50±0.65 °C, P=0.006). No differences were found in the surface temperature between the dominant and non-dominant lower limbs at any instant or in the analyzed area.

### Key words:

Lower Extremity.  
Thermography.  
Badminton.

**Conclusions:** The results show that the anterior regions of the knee and leg in both lower limbs and the anterior region of the thigh and posterior leg in the non-dominant lower limb are those that show a greater increase in temperature after a training of badminton should be where they focus more attention in the recovery period and in the return to calm after training.

Premio especial a Comunicación Oral de las VII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte. Zaragoza, 24-25 noviembre 2017

**Correspondencia:** Javier Abián-Vicén  
E-mail: javier.abian@uclm.es

## Introducción

El bádminton es uno de los deportes más practicados en el mundo con alrededor de 150 millones de jugadores según los datos aportados por la Federación Internacional de Bádminton. Este deporte se caracteriza por ser un deporte unilateral de movimientos cortos, continuos, acciones de salto, cambios de dirección y movimientos rápidos del brazo en una amplia gama de posturas corporales, con el objetivo de devolver un volante<sup>1</sup>. La unilateralidad que presenta el bádminton tanto en los miembros superiores como inferiores puede derivar en cambios en la arquitectura muscular y tendinosa que a la postre puede resultar lesiva<sup>2,3</sup>.

Las lesiones de bádminton representaron entre el 1% y el 5% de todas las lesiones deportivas<sup>4,6</sup>. El índice lesional en el bádminton se encuentra entre el 2,9 y el 5,0 por 1.000 horas de juego<sup>7</sup>, que es mucho menor que las tasas de incidencia de lesiones en deportes de contacto, como el fútbol<sup>8</sup>, el rugby<sup>9</sup> y el baloncesto<sup>10</sup>, cuyos índices superan las 10 lesiones por 1.000 horas de juego. En el bádminton, al contrario de lo que sucede en otras modalidades deportivas, la tasa de lesiones es mayor durante los entrenamientos que en los partidos<sup>11</sup>, siendo las lesiones leves las más frecuentes. De entre todas las lesiones, las originadas por sobreuso son aproximadamente tres veces más frecuentes que las lesiones traumáticas, tanto en los partidos como en la práctica<sup>12</sup>. Con respecto al índice lesional referido a la localización de la lesión, los índices para la columna lumbar, la articulación de la rodilla y la articulación del hombro del lado dominante son los más altos<sup>12</sup>.

La termografía es una técnica no invasiva que permite representar visualmente todo el proceso durante y después del ejercicio. Este dispositivo permite una evaluación cuantitativa y precisa de la distribución espacial y del tiempo de evolución de la temperatura cutánea, permitiendo una velocidad de registro de datos de hasta 100 Hz<sup>13</sup>. La termografía es ampliamente utilizada para el análisis de diagnóstico médico y se está utilizando cada vez más para registrar variaciones de la temperatura cutánea ligada al ejercicio físico<sup>13</sup>, siendo válida para detectar posibles lesiones deportivas mostrando alteraciones en la temperatura de los tejidos involucrados<sup>14</sup>. El tipo de alteración térmica dependerá de la intensidad del fenómeno biológico que esté ocurriendo y del tamaño y profundidad del tejido involucrado, ya que por ejemplo, en personas con un nivel elevado de adiposidad la poca capacidad de la grasa para transmitir la temperatura disminuye la temperatura media de la región estudiada<sup>15</sup>. Los usos más importantes dentro de la aplicación de la termografía en el campo deportivo son la prevención y seguimiento de lesiones; detección de desequilibrios musculares; cuantificación de la respuesta térmica a la carga de entrenamiento; detección de agujetas y del umbral de lactato; así como evaluación del *fitness* y el rendimiento<sup>16</sup>. Aunque, no hemos encontrado ningún estudio que aborde alguno de estos aspectos en relación con el bádminton.

Por último, considerando el concepto de proporcionalidad anatómica se espera que la respuesta térmica entre las partes contralaterales sea simétrica en condiciones basales<sup>16</sup>. La monitorización térmica que compara las partes del cuerpo bilaterales indica que las diferencias de hasta 0,25-0,62°C<sup>17,18</sup> son consideradas normales. Sin embargo, la diferencia por encima de estos valores puede indicar que la región de interés examinada con una temperatura más alta, en contraste con su configuración habitual del perfil térmico, podría presentar algún pro-

blema inflamatorio o, por el contrario degenerativo si la temperatura fuera inferior a lo normal<sup>19,20</sup>. Es importante conocer que la termografía será el indicativo de la existencia de alguna anomalía térmica en las características del tejido pero en ningún caso el descriptor anatómico de la misma<sup>20</sup>. Hasta el momento el estudio sobre posibles asimetrías musculares se han realizado con fines evaluativos sobre la condición física de los deportistas en deportes bilaterales como la natación<sup>21</sup>, pero no hemos encontrado ninguna investigación que se centre en deportes unilaterales como es el caso del bádminton.

Por todo ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un entrenamiento de bádminton sobre la temperatura superficial de los miembros inferiores y las posibles asimetrías derivadas de la unilateralidad del deporte.

## Material y método

### Participantes

Se realizó un estudio experimental en el que participaron voluntariamente 19 jugadores de bádminton amateur (Edad: 34,4 ± 14,1 años; Estatura: 168,1 ± 7,8 cm; Masa corporal: 66,2 ± 13,9 kg; Porcentaje de grasa: 14,1 ± 6,9%). Todos los participantes eran jugadores federados y tenían una experiencia mínima de 5 años dentro de este deporte, entrenando de manera regular 2 h·día<sup>-1</sup> 3 días·semana<sup>-1</sup>. Se registró la lateralidad de los jugadores para diferenciar entre miembro inferior dominante y miembro inferior no dominante. Fueron excluidos de la muestra aquellos jugadores presentaban una lesión o cualquier molestia que le impidiera realizar la práctica deportiva con normalidad.

Todos los jugadores fueron informados por escrito y de manera verbal del objetivo y el procedimiento de la investigación a través de un consentimiento informado. Todos los jugadores entregaron firmado su consentimiento antes del inicio del estudio. Los jugadores eran libres de abandonar la actividad sin la necesidad de dar ningún tipo de explicación y sin que su marcha le supusiera una sanción por parte de su club. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital Virgen de la Salud de acuerdo a los principios de la última versión de la declaración de Helsinki.

### Diseño experimental

En la presente investigación se desarrolló un estudio experimental. Todos los jugadores que participaron en la investigación formaban parte del mismo grupo de entrenamiento y fueron analizados el mismo día y en las mismas condiciones de práctica. Las mediciones se realizaron de manera individual y en dos momentos diferentes: antes y después de realizar un entrenamiento (pre-entrenamiento y post-entrenamiento) estandarizado de bádminton de una duración de dos horas.

El entrenamiento constó de cuatro partes diferenciadas: 1) un calentamiento estandarizado de 15 minutos que incluyó una parte aeróbica seguida de estiramientos dinámicos de las extremidades superiores e inferiores y de ejercicios específicos con volante en pista. 2) unas secuencias técnicas de golpeo y unos ejercicios de defensa y de ataque de 2 contra 1 en la pista de bádminton, con una duración de 40 minutos (cada jugador realizó 3 series de 4 minutos, haciendo de "feeder" con los compañeros cuando no estaba realizando el ejercicio).

3) partidos de bádminton de individual durante 40 minutos. 4) vuelta a la calma realizada con unos juegos en la pista de bádminton seguidos de unos estiramientos con una duración total de 20 minutos.

## Protocolo experimental

### Evaluación de los jugadores

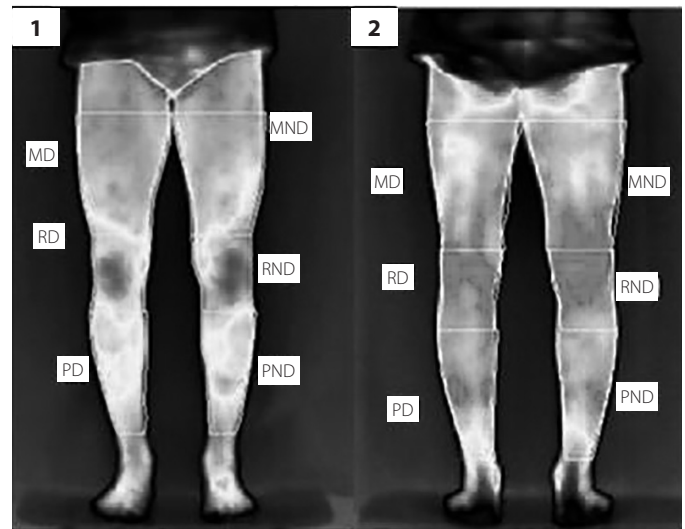
La composición corporal se midió a través de impedancia bioeléctrica con una Tanita TBF 300 (Tanita Corp., Tokio, Japón), con una precisión de 0,1 kg y una frecuencia de medición de 150 Hz. Los participantes se colocaron sobre las planchas de metal de la máquina en ropa interior. Todas las mediciones se realizaron después de un período de al menos 10 minutos de pie para minimizar los errores potenciales de los cambios agudos en la distribución de fluidos. También se anotó también la lateralidad de los jugadores.

Las variables relacionadas con la termografía infrarroja se evaluaron con una cámara VarioCAM Hr® (Infratec GmbH, Dresden, Alemania). El rango medio de temperatura que es capaz de registrar VarioCam Hr® está entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $1.200^{\circ}\text{C}$  con una precisión de medida del 2%. Las variables de influencia (actividad física o tratamiento físico más reciente, ducha o crema-gel-spray previo, ingesta de alimentos, cafeína y fármacos, consumo de tabaco o alcohol) fueron registradas en un cuestionario previo a la evaluación para asegurarnos de que no hubo ningún factor de interferencia. Los valores de temperatura ( $21^{\circ}\text{C}$ ), presión atmosférica ( $954\text{hPa}$ ) y humedad (49%) de la sala permanecieron estables y comprendidos entre el rango ideal para la realización de estudios termográficos en humanos<sup>20,22</sup>. La cámara se colocó a tres metros de distancia del participante, siendo elegida esta distancia porque en ella se observaban por completo los miembros inferiores<sup>23</sup>. En la evaluación se tomaron 4 imágenes (una anterior y otra posterior de los miembros inferiores, tanto pre-entrenamiento como post-entrenamiento). Para el análisis de las imágenes se utilizó el software IRBIS3® (Infratec GmbH, Dresden, Alemania). De cada pierna, dominante y no dominante, se analizaron 6 regiones de interés, 3 en la vista posterior y 3 en la vista anterior que corresponden a la zona del muslo, rodilla y pierna (Figura 1) y de las cuáles se anotó la temperatura media y la temperatura máxima<sup>24</sup>.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado utilizando el software SPSS v 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Los valores son presentados como medias  $\pm$  desviación típica. Se evaluó la distribución normal de las variables dependientes con la prueba de Shapiro-Wilk, la cual mostró que todas las variables se distribuían de forma paramétrica. Se realizó un Anova de dos factores con medidas repetidas para calcular las diferencias significativas en las variables relacionadas con la temperatura; el primer factor correspondió al momento de la toma de datos (pre-entrenamiento o post-entrenamiento), el segundo factor correspondió al miembro medido (miembro dominante o miembro no dominante). Se empleó Bonferroni como prueba *post-hoc*. La magnitud del tamaño del efecto se interpretó utilizando la escala de Cohen<sup>25</sup>: un tamaño de efecto menor que 0,2 se consideró como pequeño, se consideró un tamaño de efecto alrededor de 0,5 como medio y se consideró un tamaño de efecto

Figura 1. Regiones de interés.



MD: muslo dominante; MND: muslo no dominante; RD: rodilla dominante; RND: rodilla no dominante; PD: pierna dominante; PND: pierna no dominante.

grande cuando el resultado era mayor de 0,8. El criterio de significación fue  $p < 0,05$  para todas las pruebas estadísticas.

## Resultados

### Región anterior

Los datos sobre la valoración termográfica de los miembros inferiores pre y post-entrenamiento de la región anterior se recogen en la Tabla 1. En la visión anterior de los miembros inferiores la temperatura media de la región del muslo del miembro no dominante se incrementó un  $1,08 \pm 2,06\%$  ( $p=0,018$ ;  $d=0,50$ ) tras el entrenamiento. También en la región anterior se vieron incrementadas la temperatura media para las regiones de la rodilla dominante un  $1,96 \pm 2,73\%$  ( $p=0,003$ ;  $d=0,85$ ), rodilla no dominante un  $2,19 \pm 2,60\%$  ( $p=0,001$ ;  $d=0,94$ ), pierna dominante un  $2,14 \pm 2,26\%$  ( $p<0,001$ ;  $d=0,96$ ) pierna no dominante un  $1,77 \pm 1,50\%$  ( $p<0,001$ ;  $d=0,77$ ). Todas las temperaturas máximas se vieron incrementadas en el post-entrenamiento. No se encontraron diferencias en la comparación entre miembro dominante y no dominante.

### Región posterior

Los datos sobre la valoración termográfica de los miembros inferiores pre y post-entrenamiento de la región posterior se recogen en la Tabla 2. En la región posterior de los miembros inferiores la temperatura media de la región de la pierna no dominante se vio incrementada un  $1,14 \pm 1,76\%$  ( $p=0,006$ ;  $d=0,55$ ). También en la región posterior se observó un incremento de la temperatura máxima en las regiones del muslo no dominante un  $0,93 \pm 2,26\%$  ( $p=0,045$ ;  $d=0,48$ ), la rodilla dominante en  $0,96 \pm 2,47\%$  ( $p=0,049$ ;  $d=0,46$ ), rodilla no dominante un  $1,31 \pm 2,53\%$  ( $p=0,018$ ;  $d=0,67$ ), pierna dominante un  $1,42 \pm 1,78\%$  ( $p=0,001$ ;  $d=0,81$ ) y pierna no dominante un  $1,50 \pm 1,55\%$  ( $p<0,001$ ;  $d=0,83$ ). No se encontraron diferencias en la comparación entre miembro dominante y no dominante.

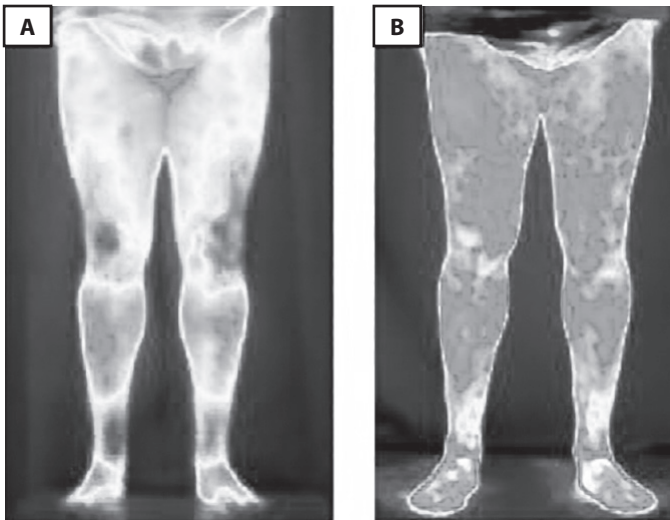
**Tabla 1. Variables termográficas de la parte anterior. Media y desviación típica de todas las variables termográficas de la parte anterior de los miembros inferiores en condiciones pre y post-entrenamiento.**

	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	Δ (95% CI)
<b>Temperatura media</b>			
MD	32,24 ± 0,84	32,50 ± 0,53	0,27 ± 0,77 (0,04 a -0,57)
MND	32,15 ± 0,85	32,50 ± 0,52	0,35 ± 0,67 (-0,08 a -0,62)
Δ (95% CI)	0,09 ± 0,18 (0,17 a 0,00)	0,00 ± 0,27 (-0,13 a 0,13)	- 0,08 ± 0,21 (-0,18 a 0,02)
RD	31,52 ± 0,91	32,15 ± 0,51	0,63 ± 0,87 (-0,27 a -0,98)
RND	31,55 ± 0,91	32,26 ± 0,55	0,71 ± 0,84 (-0,38 a -1,04)
Δ (95% CI)	-0,03 ± (-0,15 a 0,09)	-0,11 ± 0,39 (-0,29 a 0,09)	- 0,08 ± 0,38 (-0,26 a 0,11)
PD	32,10 ± 0,75	32,81 ± 0,73	0,71 ± 0,75 (-0,41 a -0,91)
PND	32,22 ± 0,76	32,80 ± 0,74	0,59 ± 0,49 (-0,39 a -0,78)
Δ (95% CI)	-0,12 ± 0,35 (-0,29 a 0,05)	0,01 ± 0,28 (0,14 a -0,13)	0,13 ± 0,35 (0,30 a -0,04)
<b>Temperatura máxima</b>			
MD	33,23 ± 0,82	33,79 ± 0,61	0,56 ± 0,84 (-0,23 a -0,89)
MND	33,27 ± 0,85	33,74 ± 0,56	0,47 ± 0,70 (-0,20 a -0,75)
Δ (95% CI)	-0,04 ± 0,32 (-0,19 a 0,12)	0,05 ± 0,35 (0,22 a -0,12)	0,08 ± 0,42 (0,29 a -0,12)
RD	32,98 ± 0,78	33,65 ± 0,59	0,67 ± 0,89 (-0,32 a -1,02)
RND	33,05 ± 0,69	33,69 ± 0,59	0,64 ± 0,71 (-0,36 a -0,93)
Δ (95% CI)	-0,07 ± 0,36 (-0,24 a 0,10)	-0,04 ± 0,59 (-0,29 a 0,79)	0,02 ± 0,69 (0,36 a -0,31)
PD	33,35 ± 0,62	34,00 ± 0,68	0,66 ± 0,52 (-0,45 a -0,86)
PND	33,36 ± 0,68	34,03 ± 0,80	0,67 ± 0,42 (-0,50 a -0,84)
Δ (95% CI)	-0,01 ± 0,32 (-0,17 a 0,14)	-0,02 ± 0,37 (-0,20 a 0,16)	- 0,01 ± 0,32 (-0,17 a 0,14)

**Tabla 2. Variables termográficas de la parte posterior. Media y desviación típica de todas las variables termográficas de la parte anterior de los miembros inferiores en condiciones pre y post-entrenamiento.**

	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	Δ (95% CI)
<b>Temperatura media</b>			
MD	32,14 ± 0,70	32,12 ± 0,64	0,27 ± 0,77 (-0,29 a 0,32)
MND	32,10 ± 0,72	32,09 ± 0,60	0,00 ± 0,78 (-0,31 a 0,31)
Δ (95% CI)	0,04 ± 0,16 (0,12 a -0,03)	0,03 ± 0,23 (0,14 a -0,08)	-0,01 ± 0,22 (-0,12 a 0,09)
RD	32,52 ± 0,75	32,52 ± 0,60	0,00 ± 0,87 (-0,35 a 0,35)
RND	32,43 ± 0,84	32,51 ± 0,55	0,08 ± 0,86 (0,26 a -0,42)
Δ (95% CI)	0,09 ± 0,23 (0,21 a -0,02)	0,01 ± 0,23 (0,12 a -0,10)	-0,08 ± 0,24 (-0,20 a 0,04)
PD	32,18 ± 0,71	32,44 ± 0,73	0,27 ± 0,71 (0,26 a -0,42)
PND	32,13 ± 0,69	32,50 ± 0,65	0,37 ± 0,58 (-0,14 a -0,60)
Δ (95% CI)	0,05 ± 0,17 (0,13 a -0,03)	-0,06 ± 0,25 (-0,18 a 0,06)	-0,11 ± 0,22 (-0,21 a 0,00)
<b>Temperatura máxima</b>			
MD	33,16 ± 0,73	33,41 ± 0,54	0,25 ± 0,77 (0,06 a -0,56)
MND	33,07 ± 0,70	33,38 ± 0,59	0,32 ± 0,77 (-0,01 a -0,62)
Δ (95% CI)	0,10 ± 0,26 (0,22 a -0,03)	0,03 ± 0,32 (0,18 a -0,12)	- 0,06 ± 0,26 (-0,19 a 0,06)
RD	33,50 ± 0,75	33,83 ± 0,67	0,33 ± 0,84 (0,00 a -0,67)
RND	33,46 ± 0,78	33,91 ± 0,55	0,45 ± 0,86 (0,26 a -0,42)
Δ (95% CI)	0,04 ± 0,29 (-0,12 a -0,84)	- 0,08 ± 0,43 (-0,29 a 0,13)	-0,12 ± 0,41 (-0,31 a 0,08)
PD	32,98 ± 0,53	33,47 ± 0,67	0,48 ± 0,60 (0,14 a -0,55)
PND	32,91 ± 0,64	33,42 ± 0,59	0,50 ± 0,52 (-0,30 a -0,71)
Δ (95% CI)	0,07 ± 0,31 (0,22 a -0,07)	0,05 ± 0,36 (0,22 a -0,12)	-0,02 ± 0,35 (-0,19 a 0,15)

**Figura 2. Termografía pre-entrenamiento y post-entrenamiento visión anterior.**



A. Vista anterior pre-entrenamiento; B. vista anterior post-entrenamiento.

## Discusión

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un entrenamiento de bádminton sobre la temperatura superficial de los miembros inferiores y las posibles asimetrías derivadas de la unilateralidad del deporte. Este es el primer estudio con jugadores de bádminton en evaluar los efectos agudos de la práctica de este deporte sobre la temperatura cutánea de los miembros inferiores, lo que es un buen indicador de la actividad muscular realizada<sup>26</sup>. Los principales resultados de este estudio fueron que en la vista anterior se incrementó la temperatura media de las regiones de muslo no dominante, rodilla dominante, rodilla no dominante, pierna dominante y pierna no dominante, además de todas las temperaturas máximas. Por su parte, en la vista posterior se vio aumentada la temperatura media de la región pierna no dominante y las temperaturas máximas de las regiones muslo no dominante, rodilla dominante, rodilla no dominante, pierna dominante y pierna no dominante. Atendiendo a los resultados, el bádminton implica una mayor actividad de la zona anterior de los miembros inferiores respecto a la posterior en ambas extremidades.

La temperatura media de la región anterior se vio incrementada en la medición post-entrenamiento, respecto a la pre-entrenamiento. El ejercicio está asociado con grandes cambios hemodinámicos que implican múltiples procesos regulatorios<sup>27</sup>. Dado que el ejercicio genera calor en el cuerpo e invoca procesos termoreguladores cutáneos, se provocan alteraciones en la temperatura de la piel<sup>26</sup>. Durante este mecanismo compensatorio, el flujo sanguíneo cutáneo puede variar ampliamente para proporcionar disipación o conservación del calor, lo que da lugar a variaciones marcadas de la temperatura corporal. Además, dependiendo del tipo de ejercicio y la intensidad del mismo serán unas zonas u otras las encargadas de la eliminación del calor<sup>28</sup>. En el caso del bádminton, un deporte explosivo e intermitente, los resultados esperados son el aumento de la temperatura corporal de manera continua

especialmente en la zona de los miembros inferiores debido a la mayor demanda fisiológica de los gestos como los “lunges”, movimiento de desplazamiento que supone un 15% del total de acciones realizadas durante un partido<sup>29</sup>. No hemos encontrado estudios que reporten el comportamiento térmico de los miembros superiores tras una actividad física unilateral, aunque sí hay investigaciones que describen el perfil térmico de los miembros superiores en situaciones precompetitivas<sup>24</sup> o post-entrenamiento de deportes cíclicos como la natación<sup>21</sup>. Otras investigaciones afirman que la temperatura de los miembros superiores disminuye cuando la actividad realizada implica un mayor uso de los miembros inferiores, como es en el caso del ciclismo<sup>28</sup>.

El bádminton se caracteriza por la ejecución de movimientos esporádicos de intensidad moderada y alta, relacionados con acciones repetitivas de corta duración pero de gran explosividad<sup>1</sup>. En nuestra investigación el aumento más alto de temperatura se da en la zona anterior de las rodillas dominante y no dominante (Figura 2). Esto es debido al aumento de estrés fisiológico en la zona provocado principalmente por los desplazamientos, y la continua posición semiflexionada de la articulación durante los periodos de pausa con el fin de mantener el centro de gravedad bajo y mejorar la velocidad de reacción<sup>29</sup>. Además, también se aprecia un aumento significativo de la temperatura media en la región de la pierna no dominante en la vista posterior. Este aumento de temperatura puede estar relacionado con los movimientos excéntricos unilaterales realizados con el miembro no dominante en la defensa de los remates<sup>30</sup>. Todas las regiones de la parte anterior excepto el muslo dominante, aumentaron su temperatura media, lo cual puede estar causado por la existencia de un predominio de los mecanismos vasodilatadores cutáneos que operan con el impulso simpático en esa zona durante el ejercicio e incluso después de la disminución gradual de la temperatura central después del ejercicio, lo que provoca que la temperatura superficial se mantenga elevada después del ejercicio<sup>27</sup>. Resultados similares se encontraron en estudiantes que realizaron saltos repetidos<sup>31</sup>.

Cabe destacar en nuestro estudio que no se han apreciado diferencias significativas entre lado dominante y lado no dominante, lo cual es un indicativo de ausencia de posibles lesiones en las zonas examinadas atendiendo a los estudios que citan la asimetría térmica excesiva entre miembros como factor clave en la detección de lesiones<sup>18-20</sup>. Por tanto, este hallazgo nos puede señalar que a pesar de la unilateralidad en la realización de los desplazamientos, ésta no es suficiente para provocar una mayor carga fisiológica sobre la extremidad dominante respecto a la no dominante, en cuanto a valores térmicos se refiere. La bibliografía nos indica que a partir de 0,5 °C de diferencia entre lado dominante y no dominante puede resultar un indicio de la existencia de lesiones<sup>19,20</sup>, sirvan de ejemplo el caso del jugador de baloncesto en el estudio de Sampedro *et al.*<sup>24</sup> que en el momento de la medición padecía una tendinopatía del tendón de Aquiles, pudiéndose observar una diferencia superior a 2 °C entre la extremidad afectada y la sana. Por el contrario, sin describirlo como patológico, la investigación con otros deportistas sí mostró ciertas asimetrías en grupos musculares derivadas de la práctica<sup>32</sup>, con lo que es necesario continuar esta línea de investigación para mejorar la cuantificación de la carga de entrenamiento y competición sobre los distintos grupos musculares y, dar mayor eficacia a las estrategias de recuperación.

## Aplicaciones prácticas

Proporcionar una herramienta que podría mejorar el diagnóstico de lesiones en los jugadores de bádminton y, ayudar con ello a estructurar la carga de entrenamiento y competición a fin de preservarlos de la tensión fisiológica excesiva y las sobrecargas derivadas de la práctica de este deporte. Se aconsejan fuertemente considerar metodologías de evaluación del estado muscular para orientar las líneas de recuperación. A pesar de que los aspectos fisiológicos estudiados demostraron una cierta idoneidad entre ambos miembros, los hallazgos subrayaron la necesidad de focalizar la atención en la región anterior de ambas piernas especialmente en la región de la rodilla. Los resultados del presente estudio parecen sugerir que hay un mayor estrés fisiológico en la región anterior de ambas rodillas lo que puede estar relacionado con las características del propio juego. Este estudio se puede utilizar para ayudar a los jugadores y su equipo a seleccionar la estrategia adecuada para favorecer la correcta recuperación tras los partidos y entrenamientos.

## Conclusión

En resumen, los jugadores que participaron en el entrenamiento experimentaron un aumento de la temperatura media de las regiones muslo no dominante, rodilla dominante, rodillas no dominante, pierna dominante y pierna no dominante en la vista anterior y, pierna no dominante en la zona posterior respecto al estado basal en la medición de pre-entrenamiento. Por lo tanto, recomendamos centrar las estrategias de recuperación en las regiones anteriores de ambas piernas, especialmente en la zona de las rodillas que son las que experimentan un mayor aumento de temperatura en el pos-entrenamiento.

## Bibliografía

- Cabello Manrique D, Gonzalez-Badillo JJ. Analysis of the characteristics of competitive badminton. *Br J Sports Med.* 2003;37:62-6.
- Bylak J, Hutchinson MR. Common sports injuries in young tennis players. *Sports Med.* 1998;26:119-32.
- Mersmann F, Bohm S, Schroll A, Boeth H, Duda G, Arampatzis A. Evidence of imbalanced adaptation between muscle and tendon in adolescent athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24:E283-9.
- Fahlstrom M, Bjornstig U, Lorentzon R. Acute badminton injuries. *Scand J Med Sci Sports.* 1998;8:145-8.
- Kroner K, Schmidt SA, Nielsen AB, Yde J, Jakobsen BW, Moller-Madsen B, et al. Badminton injuries. *Br J Sports Med.* 1990;24:169-72.
- Jorgensen U, Winge S. Epidemiology of badminton injuries. *Int J Sports Med.* 1987;8:379-82.
- Yung PS, Chan RH, Wong FC, Cheuk PW, Fong DT. Epidemiology of injuries in Hong Kong elite badminton athletes. *Res Sports Med.* 2007;15:133-46.
- Junge A, Dvorak J. Soccer injuries: a review on incidence and prevention. *Sports Med.* 2004;34:929-38.
- Best JP, McIntosh AS, Savage TN. Rugby World Cup 2003 injury surveillance project. *Br J Sports Med.* 2005;39:812-7.
- McKay GD, Goldie PA, Payne WR, Oakes BW, Watson LF. A prospective study of injuries in basketball: a total profile and comparison by gender and standard of competition. *J Sci Med Sport.* 2001;4:196-211.
- Jorgensen U, Winge S. Injuries in badminton. *Sports Med.* 1990;10:59-64.
- Miyake E, Yatsunami M, Kurabayashi J, Teruya K, Sekine Y, Endo T, et al. A Prospective Epidemiological Study of Injuries in Japanese National Tournament-Level Badminton Players From Junior High School to University. *Asian J Sports Med.* 2016;7:e29637.
- Formenti D, Ludwig N, Gargano M, Gondola M, Dellerma N, Caumo A, et al. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Ann Biomed Eng.* 2013;41:863-71.
- Keyl W, Lenhart P. Thermography in sport injuries and lesions of the locomotor system due to sport. *Fortschr Med.* 1975;93:124-6.
- Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. *Am J Clin Nutr.* 2009;90:1124-31.
- Marins JCB, Fernández-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión. *Rev Int Med y Cienc Act Fis Deporte.* 2015;15:805-24.
- Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, et al. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. *Chin Med J.* 2001;64:459-68.
- Chudecka M, Lubkowska A, Leźnicka K, Krupecki K. The Use of Thermal Imaging in the Evaluation of the Symmetry of Muscle Activity in Various Types of Exercises (Symmetrical and Asymmetrical). *J Hum Kinet.* 2015;49:141-7.
- Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors.* 2010;10:4700-15.
- Garagiola U, Giani E. Use of telethermography in the management of sports injuries. *Sports Med.* 1990;10:267-72.
- Novotny J, Rybarova S, Zacha D, Bernacikova M, Ramadan WA. The influence of breaststroke swimming on the muscle activity of young men in thermographic imaging. *Acta Bioengin Biomech.* 2015;17:121-9.
- Ring, EFJ, Ammer, K. The technique of infrared imaging in medicine. *Thermol Int.* 2000;10:7-14.
- Vellard M, Arfaoui A. Detection by Infrared Thermography of the Effect of Local Cryotherapy Exposure on Thermal Spread in Skin. *J Imaging.* 2016;2:20.
- Sampedro J, Piñonosa S, Fernandez I. La termografía como nueva herramienta de evaluación en baloncesto. Estudio piloto realizado a un jugador profesional de la ACB. *Cuadernos de Psicología del Deporte.* 2012;12:51-6.
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1988. p. 1-17.
- Fernandes AdA, Amorim PRDS, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Bouzas Marins JC. Regional Skin Temperature Response to Moderate Aerobic Exercise Measured by Infrared Thermography. *Asian J Sports Med.* 2016;7:e29243.
- Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng.* 2010;38:158-63.
- Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng.* 1998;26:988-93.
- Fu L, Ren F, Baker JS. Comparison of Joint Loading in Badminton Lunging between Professional and Amateur Badminton Players. *Appl Bionics Biomech.* 2017;2017:5397656.
- Sakurai S, Ohtsuki T. Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *J Sports Sci.* 2000;18:901-94.
- Siewierski M, Adamczyk JG, Boguszewski D. Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery. *Kinesiology.* 2014;46:186-93.
- de Andrade Fernandes A, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. *J Exerc Rehabil.* 2017;13:330-4.