



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA
MÁSTER EN FISIOLÓGIA

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA EN DEPORTISTAS
PROFESIONALES DE PELOTA VALENCIANA**



PRESENTADO POR:
MARÍA DEL CARMEN CALZADILLAS VALLES

TUTORES:

ROSA M^a CIBRIÁN ORTIZ DE ANDA
M^a ROSARIO SALVADOR PALMER
JOSE IGNACIO PRIEGO QUESADA

18 DE JULIO DE 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, ha sido un privilegio hacer este trabajo bajo su dirección. A Rosa, por transmitirme conocimientos desde las primeras clases de tratamiento de datos en el máster y después por apoyarme para completar este trabajo. A Rosario, por su amabilidad y atención, por facilitar la obtención de los materiales usados en el proyecto y por su dedicación. A Jose por presentarme el proyecto, por su paciencia y ayuda con la redacción de la memoria; y por hacerme sentir bienvenida en su laboratorio y con su equipo de investigación. Gracias por guiarme en cada paso de la elaboración de este trabajo.

A Robert Tejero Pastor por introducirme en el deporte de Pelota Valenciana, facilitarme la comunicación con los jugadores y el acceso a los lugares de los partidos. A todos los participantes, especialmente a los jugadores de Pelota Valenciana, por su buena disposición y energía.

A todos los docentes que me han impartido temas en este máster, cada una de sus presentaciones ha aportado conocimiento nuevo y valioso. A Carlos Galindo por las asesorías con los programas informáticos y por compartir su espacio de trabajo en el laboratorio conmigo. A mis amigos y compañeros del máster, compartir con ustedes me ha hecho sentir en como en casa. Especialmente agradezco a Adriana Farfán, Rebeca Ocas y Saúl Rodríguez, por escucharme siempre y ayudarme en este trabajo consiguiendo participantes.

A mis padres, Estela y Manuel, quienes aún a la distancia, sé que siempre se preocupan por mí; gracias por su apoyo en cada etapa de mi vida y por siempre buscar que tuviera los mejores estudios. A Clara, Julia y Manuel por ser ejemplo de perseverancia y por compartir su vida conmigo. A mis abuelitos y abuelitas, por su bondad y su devoción a Dios, reflejada en la unidad de nuestras familias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	III
RESUMEN	IV
ABREVIATURAS	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Pelota Valenciana	1
1.1.1 Características del juego de Pelota Valenciana	1
1.1.2 Pelota Valenciana Raspall	1
1.1.3 Posiciones de jugadores.....	2
1.1.4 Protecciones en mano utilizadas en Raspall	3
1.1.5 Patologías en mano de pelotari	3
1.2 Fisiología de circulación en manos	5
1.3 Termografía	6
1.3.1 Generalidades	6
1.3.2 Prueba de estrés frío en termografía	7
1.3.3 Aplicaciones actuales de termografía en deporte	8
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	9
3. MATERIAL Y MÉTODOS	10
3.1 Participantes	10
3.2 Procedimientos	11
3.3 Medición de temperatura de la piel	12
3.4 Percepción de dolor	14
3.6 Grabación de partidos y registro de golpes.....	14
3.7 Análisis Estadístico	14
4. RESULTADOS	15
4.1 Análisis de las asimetrías térmicas	15
4.2 Efecto del partido en pelotaris	17
4.2.1 Variación de temperatura.....	17

4.2.2 Relación de la temperatura de las manos con otras variables.....	18
4.2.3 Relación de temperatura de muñeca con las regiones de interés	19
4.3 Prueba de estrés frío	19
5. DISCUSIÓN	23
5.1 Análisis de las asimetrías térmicas	23
5.2 Efecto del partido en pelotaris	24
5.2.1 Variación de la temperatura.....	24
5.2.2 Relación de la temperatura de las manos con otras variables.....	25
5.2.3 Relación de temperatura de muñeca con las regiones de interés	27
5.3 Prueba de estrés frío	28
6. CONCLUSIONES.....	30
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
8. ANEXOS.....	38
Anexo 1. Certificado de aprobación del proyecto por el Comité de Ética	38
Anexo 2. Documento de registro de datos de pelotaris y control.....	39
Anexo 3. Lista de elementos a considerar para la evaluación termográfica... ..	43
Anexo 4. Características de los partidos de pelotaris y conteo de golpes	44
Anexo 5. Fotografía basal (A) y post partido (B) de dos de los pelotaris estudiados	45
Anexo 6. Fotografías en basal de un participante control (A) y un pelotari (B)	45
Anexo 7. Imágenes de recuperación de temperatura después de prueba de estrés frío en un control y dos pelotaris estudiados	46
Anexo 8. Resultados de las regresiones lineales en prueba de estrés frío.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características por grupo de los participantes en estudio.....	10
Tabla 2. Comparación de temperatura media en basal.....	16
Tabla 3. Correlación de muñeca con regiones en función de la variación de temperatura.....	19
Tabla 4. Comparación de intervalos de confianza al 95% en la pendiente y constante de patrones de recuperación entre grupos.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Seriación del golpeo de raspada realizado por un pelotari.....	2
Fig. 2. Distribución de los jugadores en Pelota Valenciana.....	3
Fig. 3 A. Posición para aclimatación previa a toma de la foto basal. B. Posición de manos durante la toma de fotografías infrarrojas. C. Posición de manos en prueba de estrés frío sobre placa metálica.....	12
Fig. 4. Regiones de interés analizadas.....	13
Fig. 5. Temperatura media basal por regiones en el grupo control.....	15
Fig. 6. A. Temperatura media basal por regiones en grupo pelotari. B. Temperatura media post partido por regiones en grupo pelotari.....	16
Fig. 7. Asimetrías por regiones en basal, diferencias entre pelotaris y control.....	17
Fig. 8. Variación de temperatura en pelotaris.....	18
Fig. 9. Recuperación de temperatura en pulgar dominante.....	19
Fig. 10. Recuperación de temperatura en regiones de interés 1-4.....	21
Fig. 11. Recuperación de temperatura en regiones de interés 5-8.....	22

RESUMEN

Introducción: Aunque se conoce la problemática lesiva de la Pelota Valenciana en las manos de los pelotaris, son escasos los estudios realizados para reducir su riesgo o mejorar la prevención. En otros deportes se ha utilizado la termografía infrarroja como método para detectar y prevenir lesiones.

Objetivos e hipótesis: El objetivo principal fue analizar la aplicabilidad de la termografía infrarroja en la detección de lesiones en jugadores de Pelota Valenciana. Para este estudio se planteó que este deporte conlleva cambios y/o adaptaciones fisiológicas en las manos, percibidos en las temperaturas basales o en la recuperación de temperatura tras un estrés térmico, registrados mediante termografía infrarroja.

Materiales y métodos: Se midió un grupo de 13 pelotaris profesionales de *Raspall* y un grupo control de 10 sujetos físicamente activos. Se tomaron imágenes infrarrojas en condiciones basales a ambos grupos, se les hizo una prueba de estrés térmico (haciendo presión durante 2 minutos con la palma de la mano sobre una placa metálica) y se tomaron imágenes de recuperación. En pelotaris se tomaron las imágenes también después de su competición.

Resultados y discusión: En pelotaris, en condiciones basales, se encontraron temperaturas menores ($p < 0,05$) en la mano dominante en comparación con la no dominante. Hubo asimetrías en todas las regiones después de su partido ($p < 0,05$). Tras la prueba de estrés frío se encontró una mayor tasa de recuperación después del partido. Las regiones con más diferencias significativas en variación, asimetrías y patrón de recuperación fueron dedo índice, medio, anular y palma de la mano dominante.

Conclusiones: Teniendo en cuenta que las temperaturas menores y la ausencia de variación en pelotaris puede ser consecuencia de una adaptación vascular, se puede utilizar la termografía como método para prevenir lesiones en deportistas de Pelota Valenciana.

Palabras clave: *Raspall*; temperatura de manos; imagen térmica; patrón de recuperación; deporte; termorregulación.

ABREVIATURAS

D: dominante

IRT: termografía infrarroja

ND: no dominante

ROI: región de interés

T: temperatura

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Pelota Valenciana

1.1.1 Características del juego de Pelota Valenciana

En la Comunidad Valenciana aparece el deporte de Pelota Valenciana con los caballeros de la conquista y el rey Jaime I (s.XIII) (1). Es un deporte fundamental de la cultura valenciana y el 5 de septiembre de 2014 fue declarado Bien de Interés Cultural Inmaterial (2). En 1985 la Federación de Pelota Valenciana se constituyó como tal; actualmente están afiliados 187 clubs ubicados en diferentes municipios de la Comunidad (2). Otra modalidad de pelota a mano que existe en España es la Pelota Vasca, jugada en el País Vasco, Iparralde, Navarra, Burgos y Soria (3).

Una partida de Pelota Valenciana o *Pilota* se juega entre dos equipos y consiste esencialmente en golpear una pelota con la mano con el objetivo de anotar más puntos que el equipo contrario (4). Hay diferentes tipos de pelotas: de *vaqueta*, de *badana*, de *tec* y de *drap*. La más usada y representativa es la de *vaqueta*; pesa entre 40 y 42 g (4) ,aunque puede llegar a 50 g en modalidad *Raspall* (5); y un diámetro aproximado de 42 mm (4,5). Las características de las pelotas (ej. peso, dureza) se relacionan proporcionalmente con la percepción de riesgo de lesión (6).

A nivel profesional existen dos modalidades autóctonas de Pelota Valenciana: *Raspall* y *Escala i Corda* (2,4). Los deportistas con los que realizamos este estudio juegan la modalidad de *Raspall*.

1.1.2 Pelota Valenciana *Raspall*

La modalidad *Raspall* es un juego directo con cancha compartida donde los jugadores golpean la pelota con la mano, pero la mayoría de las veces la pelota viene por el suelo y ellos deben de rasparla y de ahí su denominación (Fig. 1) (4). Está permitido golpear la pelota después de que haya realizado rebote en las paredes laterales (*muralles*), pared posterior (*rebot*) o en el suelo (4).



Figura 1. Seriación del golpeo de raspada realizado por un pelotari (5).

El objetivo del *Raspall* es ganar una cantidad de juegos o *jocs* determinada (suelen ser 5 o 6) consiguiendo cuatro *quinzes* (15, 30, *val* y *joc*), con dos de diferencia sobre el contrario, para ganar el *joc* (5). Los jugadores pueden obtener *quizes* si (2): hacen que la pelota golpee directamente el *tamborí* (parte baja de la pared) del equipo contrario; la pelota realiza dos botes en el suelo luego de golpear la pared opuesta; o un jugador del equipo contrario comete falta (golpeando la pelota en otra zona del cuerpo que no sea las manos, golpeando erróneamente la pelota haciendo que esta retroceda o lanzándola a la galería lateral). Además, el equipo que recibe, consigue *quinze* si encala o lleva la pelota hasta las galerías en el extremo opuesto del *trinquet*, sin que esta baje o salga. Si el equipo que realiza el saque encala la pelota en las galerías, comete falta.

1.1.3 Posiciones de jugadores

Usualmente cada equipo está formado por tres deportistas, llamados pelotaris, y hay partidas donde juegan dos contra dos o individuales (4). Los pelotaris pueden ocupar diferentes posiciones de juego: *resto*, *mitger* y *punter* (1) (Fig. 2).

El *resto* es el que más participa en los encuentros deportivos, debe dominar todos los movimientos técnicos y maneras de pegarle a la pelota pero sobre todo el *rebot*, (golpe que se da luego de que la pelota hace contacto con la pared posterior) (1). El *mitger* debe controlar principalmente el golpeo de *volea* y su misión fundamental es parar las pelotas con mucha potencia y evitar que lleguen al *resto* (4). El *punter* debe tener una capacidad de reacción muy alta pues tiene menos tiempo de prepararse a que llegue la pelota (4).



Figura 2. Distribución de los jugadores en Pelota Valenciana (4)

1.1.4 Protecciones en mano utilizadas en *Raspall*

Los pelotaris protegen su mano de diferentes maneras, la mayoría lo hacen de manera artesanal usando material blando (ej. Tesamoll®) o rígido (planchas metálicas o chapas) que adhieren por medio de cintas o bandas y que se adaptan a la forma y pliegues de la mano de manera que sea posible flexionar y extender de manera funcional (1,4,5).

En la modalidad *Raspall*, además de la protección con material rígido o blando, usan dedales en casi todos los dedos excepto los pulgares (4,5). Los dedales son piezas tubulares de piel de animal que se colocan en la punta de los dedos y cubren toda la falange distal; se utilizan con el objetivo de evitar que se produzcan heridas al raspar el suelo o las paredes (4).

Se han hecho estudios con el fin de diseñar un guante que sirva como protección y el pelotari tenga buen rendimiento y confort pero hasta ahora los jugadores prefieren preparar y colocar sus propias protecciones (1).

1.1.5 Patologías en mano de pelotari

Los traumatismos provienen esencialmente de los choques de la pelota con la mano aunque algunas lesiones son provocadas por la mala colocación de las protecciones (7). Cuando la pelota de *vaqueta* viene por el aire, la velocidad con la que se desplaza es alta por ello la fuerza del impacto es grande (4). Con el rebote la

velocidad de la pelota disminuye pero, a pesar de ello, el golpe que el pelotari realiza conlleva una fuerza y un impacto que puede producir lesiones agudas o por sobreuso (2,4). La incidencia de las lesiones en la mano se observa que es prácticamente la misma entre *Escala i Corda* y *Raspall* (66% y 65% respectivamente) (7).

En un estudio donde participaron jugadores de *Escala i Corda* y *Raspall*, se describió que las zonas de la mano que más se lesionan los jugadores son el quinto dedo y la palma, siendo el primer y el segundo dedo las zonas que menos se lesionan (5). Una lesión importante es la llamada “pelota asentada” provocada por jugar con una pelota de alta densidad que aún no está lo suficientemente caliente o por el golpeo continuo sin tener la mano convenientemente protegida (8). En esta lesión se produce un callo doloroso en un área específica de la palma (1). Los callos, la inflamación de las manos y las grietas, son las lesiones más frecuentes que se han registrado en la mano. Las lesiones interfieren con el rendimiento en entrenamiento y competiciones y, además, pueden provocar artrosis en las falanges de los dedos (5).

Se han hecho estudios en deportistas de pelota vasca y encontrado que los padecimientos en mano más frecuentes son el “dedo blanco” (una expresión de patología vascular), síndrome de Raynaud, los edemas, los hematomas y la desviación del dedo meñique hacia el eje central de la mano (1,9,10). En el estudio de Gámez *et al.* encontraron que las zonas con mayor incidencia lesiva fueron las cabezas del tercer y cuarto metacarpianos de las manos (9). Otra lesión que se ha estudiado en pelota vasca es el mal de la mano o “clavo” donde hay un dolor puntiforme penetrante que en el menor choque prohíbe la continuidad de la práctica de pelota (10).

La problemática lesiva de la Pelota Valenciana en las manos de sus deportistas es conocida pero, a pesar de ello, son pocos los estudios científicos realizados para mejorar la prevención y reducir su riesgo.

1.2 Fisiología de circulación en manos

El cuerpo humano autorregula sus niveles de temperatura (T) en relación al ambiente y a los procesos fisiológicos (11). En la región central del cuerpo humano la temperatura oscila alrededor de los 37°C (12). En la periferia del organismo las temperaturas cambian de acuerdo a la vasoconstricción o vasodilatación de los capilares que se lleva a cabo con el objetivo de conservar o aumentar la pérdida de calor (12).

En la mayoría de los tejidos, los capilares conectan la circulación arterial con la venosa, pero en regiones periféricas y partes de la piel glabra o sin pelo (como son manos, pies, mejillas, nariz y orejas) además de los capilares hay una conexión directa entre arterias y venas llamada anastomosis arteriovenosa (13). Las anastomosis arteriovenosas son estructuras termorreguladoras que se activan predominantemente para la conservación del calor (anulando los capilares nutricionales) (14). En un ambiente con temperatura normal (25–30°C), el flujo sanguíneo total de la piel en reposo es de aproximadamente 250 ml/min (13). Durante la eliminación de calor, el flujo sanguíneo de la piel puede alcanzar 7–8 L/min, y durante la conservación del calor el flujo se reduce y puede acercarse a cero (13). Las manos son vulnerables a la pérdida de calor y los dedos son particularmente sensibles al enfriamiento (13). Hay un gran radio volumen-superficie en las manos, lo cual es beneficioso para la radiación de calor (15,16). A una temperatura ambiente de 27°C cada mano es capaz de disipar 150 W*m² por medio de la radiación y convección; además, hay disipación de calor por la sudoración (17). En periodos de hipotermia, esa capacidad se ve reducida a menos de 2,5 W*m² debido a la vasoconstricción periférica (17).

La sangre que irriga la palma de las manos viene de las arterias ulnar y radial que forman dos arcos, el arco superficial y el arco profundo (13,18). La circulación de la sangre se ve reflejada en la temperatura de la mano (14). Una reducción de la perfusión periférica puede llevar a una disminución de temperatura de la piel (13).

Teniendo esto en cuenta, podemos usar la técnica de termografía para evaluar si hay cambios en los procesos fisiológicos.

1.3 Termografía

1.3.1 Generalidades

La termografía infrarroja (IRT por sus siglas en inglés “*infrared thermography*”) es una técnica de imagen no invasiva, no lesiva, no radioactiva, que no interfiere con la termorregulación, que puede ser usada a distancia y que permite obtener la temperatura de la piel usando una cámara infrarroja (19,20). Al ser una técnica donde no es necesaria la interacción directa con el sujeto, no supone cambios en su temperatura (19–21).

La técnica de IRT supone muchas ventajas, pero también tiene sus limitaciones. Algunas de las ventajas son la gran sensibilidad, exactitud y reproducibilidad, la posibilidad de medir durante el ejercicio y la capacidad de enfocarse en el cuerpo entero o en una región específica (19,21). La posibilidad de determinar las regiones de interés (ROIs por sus siglas en inglés “*region of interest*”) supone también una ventaja, pero a la vez es una desventaja pues cada investigador hace sus propias regiones en su estudio, lo que lleva en muchas ocasiones a una dificultad a la hora de comparar los diferentes estudios (19).

Algunas de las limitaciones son que las cámaras de alta calidad son de mayor precio por lo que las cámaras de bajo coste tienen menor resolución (19). Es necesario que el personal que use la cámara sea entrenado en el protocolo de utilización para que los datos sean exactos y fiables (21). Los programas utilizados para analizar las imágenes y definir las ROIs en humanos no suelen estar automatizados, sino que el análisis debe ser hecho de forma manual, por lo que se necesita tiempo para obtener los resultados (21). Por último, la IRT es usada para calcular la temperatura superficial y discutir los procesos de disipación del calor por parte del ser humano, por lo que es importante tener conocimiento de la

transferencia de calor y fisiología térmica para interpretar los resultados de manera adecuada (22).

1.3.2 Prueba de estrés frío en termografía

Para mejorar el diagnóstico con termografía de la condición vascular de algunas enfermedades (por ejemplo la enfermedad de Raynaud (23) o el pie diabético (24)), algunos estudios han usado una prueba de estrés frío. En este sentido, la prueba más utilizada ha sido sumergir las manos en agua fría (25). Los tiempos y temperaturas para esta prueba varían entre estudios, estando el tiempo de sumersión entre 30 segundos (26,27) y 3 minutos (15) y la temperatura del agua entre 0°C (15) y 20°C (28). La principal limitación de la prueba por sumersión de las manos en agua fría es que es indispensable controlar y mantener la temperatura del agua, manteniéndola fría usualmente con hielo (29).

Existen otros métodos para bajar la temperatura global o localmente. Para provocación de frío en todo el cuerpo se puede envolver al sujeto con mantas de enfriamiento (30) o se puede mantener la sala de medición a temperatura baja teniendo al sujeto ligeramente vestido (31). Para enfriamiento local se ha utilizado un ventilador mecánico (32) y se ha realizado contacto con un material de alta conductividad (33). En este estudio se utilizó el enfriamiento a partir del contacto con un material de alta conductividad basado en la ley de Fourier, en la que el flujo de calor, por conducción a través de un cuerpo por unidad de área de sección transversal, es proporcional al gradiente de temperatura existente entre los cuerpos y a la conductividad del material (22).

Un material adecuado de alta conductividad para este propósito es el aluminio ya que estudios demostraron que enfriaban la piel de los dedos más rápidamente que otros materiales como el acero, la madera y el nylon (34,35). Además, en 1994 se estudiaron los cambios de temperatura en los dedos al estar en contacto con una superficie de aluminio y se determinó que un factor a considerar es el nivel de la fuerza durante el contacto con el material (33). En este sentido, se ha observado

que la fuerza de contacto influye en la variación de temperatura siendo inversamente proporcional a ella (33,35). Otro factor a tomar en cuenta es el tamaño del material, es decir, lo ancho de la superficie de aluminio usada (33). Se ha observado que aquellas superficies más grandes reducen más rápido la temperatura (33).

1.3.3 Aplicaciones actuales de termografía en deporte

Durante el ejercicio el área adyacente a los músculos involucrados puede experimentar una disminución o un aumento de la temperatura de la piel, debido a una combinación de factores como el metabolismo, la contracción muscular, la sudoración y el flujo sanguíneo de la piel (36,37). Aunque existe una correlación entre la activación muscular y la variación de temperatura de la piel hay factores que causan asimetrías térmicas como inflamación o disfunción nerviosa (36). Con la IRT se pueden captar esas asimetrías en las ROIs y proporcionar información relacionada con el riesgo de lesión (36,37).

La detección de lesiones es una de las aplicaciones de mayor interés en el ámbito deportivo. La carga de trabajo en el entrenamiento influye directamente en la incidencia de lesiones (36). La lesiones afectan no sólo a la salud del deportista sino también económicamente al atleta y al equipo (36). En 2018 se publicó un estudio hecho con futbolistas donde usaron IRT para detectar y prevenir lesiones musculares (38). Encontraron que en el año en que usaron IRT para monitorizar a los deportistas hubo un descenso del 63% en lesiones en comparación con el año anterior (38).

A pesar de los estudios hechos, la asociación entre los datos obtenidos mediante la termografía y las lesiones aún es debatible (36,38). Además, no existen estudios realizados con termografía infrarroja en la Pelota Valenciana, por lo que el análisis de su aplicabilidad en dicho deporte, con el objetivo de prevenir y detectar patologías en la mano, podría ser interesante para los profesionales y deportistas de este deporte.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Para este estudio se planteó la siguiente hipótesis:

- El deporte de Pelota Valenciana conlleva cambios y/o adaptaciones fisiológicas en las manos, que se perciben en las temperaturas basales o en la recuperación de temperatura tras un estrés térmico, registradas mediante termografía infrarroja.

Para resolver esta hipótesis se planteó como objetivo principal analizar la aplicabilidad de la termografía infrarroja en la detección de lesiones en jugadores profesionales de Pelota Valenciana. De este objetivo principal se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Establecer si hay diferencias en las temperaturas basales de la piel de las palmas de manos entre deportistas profesionales de Pelota Valenciana y un grupo control.
- Determinar el efecto de un partido en las temperaturas de las manos de los jugadores de Pelota Valenciana, así como demostrar si existe alguna relación entre las asimetrías y variación de temperatura con las características del partido y el deportista (duración del partido, número de golpes durante el partido, dolor percibido, experiencia y posición del jugador).
- Analizar si existe un patrón de recuperación tras una prueba de estrés frío y explorar las diferencias de dicho patrón entre el grupo de pelotaris y el grupo control.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Participantes

Se dispuso de un grupo de deportistas de Pelota Valenciana (13 hombres) y un grupo control de sujetos físicamente activos (10 hombres). Las características de los grupos, así como la comparación entre ambos, se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Características por grupo de los participantes en estudio.

	Edad (años)	Estatura (m)	Masa Corporal (kg)	IMC (kg/m ²)	Presión arterial (mmHg)	Grasa corporal (%)
Pelotaris	24 ± 4	1,80 ± 0,05	80,7 ± 6,9	24,91 ± 1,87	122/77 ± 9/7	13,1 ± 3,1
Control	26 ± 3	1,78 ± 0,04	75,2 ± 8,2	23,9 ± 2,4	120/75 ± 9/8	-
p-valor	0,27	0,15	0,95	0,25	0,61/0,83	-

Los pelotaris competían por 3 ± 1 horas a la semana, teniendo partida cada 3 o 4 días (frecuencia: 2 veces por semana). En cuanto a la preparación física, los deportistas entrenaban una media de 6 ± 2 horas a la semana. Casi todos los participantes tenían como mano dominante la derecha, a excepción de uno del grupo de pelotaris.

Los criterios de inclusión del grupo de pelotaris fueron que jugaran profesionalmente a la *Pilota* dentro de la Comunidad Valenciana (censados como tales por la Federación de Pelota Valenciana) y que fueran hombres. Los criterios de inclusión para el grupo control fueron que tuvieran un rango de edad similar al de los deportistas y que hicieran algún deporte diferente a *Pilota*. Los criterios de exclusión de ambos grupos fueron: que tuvieran diagnóstico de hipertensión arterial y/o que hubieran sufrido una lesión en las manos en los últimos tres meses; y, en el caso de los pelotaris que la lesión de las manos les hubiera impedido seguir con la práctica del deporte.

Los participantes leyeron y firmaron un consentimiento informado donde se les indicaba el objetivo y procedimiento del estudio, así como la confidencialidad con

la que se trataron sus datos. Este estudio cumple con los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki y obtuvo la aprobación del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universidad de Valencia (número de procedimiento H1550140204438; Anexo 1).

A los sujetos se les indicó que evitaran someterse a tratamiento con rayos UV, tomar el sol por un tiempo prolongado, fumar y consumir bebidas alcohólicas, energizantes y/o con cafeína en las 12 horas previas a las pruebas (39). El día de la prueba se verificó que hubieran cumplido dichas condiciones.

3.2 Procedimientos

Los deportistas y controles contestaron un cuestionario con el que obtuvimos información relativa a la medicación, el hábito de fumar, los hábitos deportivos, de entrenamiento y actividad física (Anexo 2). Para cuantificar la composición corporal de los participantes se les midió la estatura y se tomaron medidas antropométricas mediante un sistema de bioimpedancia eléctrica (BC-545N TANITA Corporation of America, Inc., Illinois, EEUU): masa corporal y porcentaje de grasa corporal (este último sólo en el caso de los pelotaris) (39). También se tomó la presión arterial con un esfigmomanómetro anerode (Riester 1312 minimus II, Alemania) para determinar si estaban en el rango normal.

El diseño experimental incluyó mediciones antes y después de una competición en participantes del grupo de pelotaris y medición sin competición en el grupo control. Los participantes estuvieron en la sala de medición durante al menos 10 minutos para aclimatarse a las condiciones ambientales (39). Para ello se les pidió que se sentaran con las manos sobre las piernas y con la palma hacia arriba. (Fig. 3.A) Para la toma de todas las imágenes, los participantes estuvieron sentados en una silla con una tabla de madera sobre sus piernas, esta fue utilizada como indicador de la posición en que debían tener sus manos y para uniformizar el fondo (Fig. 3.B). Se tomó la imagen basal de las palmas y luego se hizo la prueba de estrés frío. Para esta se les indicó a los participantes que hicieran presión con las palmas

sobre una placa metálica de aluminio durante 2 minutos (Fig. 3.C). La placa estuvo posicionada en la misma sala para la correcta estabilización de su temperatura desde antes que llegaran los participantes. Después se tomaron las imágenes de la recuperación de las palmas de las manos cada minuto durante 5 minutos. Se les indicó que mantuvieran la misma posición de las manos durante el tiempo de toma de imágenes. Hasta este paso se realizó el mismo protocolo a ambos grupos.



Figura 3. A. Posición para aclimatación previa a toma de la foto basal. B. Posición de manos durante la toma de fotografías infrarrojas. C. Posición de manos en prueba de estrés frío sobre placa metálica.

Los pelotaris tuvieron su competición de manera habitual, protegiendo sus manos como lo hacen regularmente. Al terminar el partido se quitaron las protecciones de las manos y el gel residual. Posteriormente se realizó una toma de imagen de las palmas de las manos, luego la prueba de estrés frío con el mismo protocolo (presión en placa metálica durante dos minutos) y finalmente se tomaron imágenes de recuperación de la temperatura de las palmas cada minuto durante 5 minutos.

3.3 Medición de temperatura de la piel

La temperatura de la piel se midió con una cámara infrarroja (FLIR E-60, Flir Systems Inc., Wilsonville, Oregon, EEUU) con resolución de 320×240 píxeles, una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$ o $\pm 2\%$ de lectura y una sensibilidad térmica de $<0,045^\circ\text{C}$ a 30°C . Antes de comenzar las pruebas, se comprobó la correcta calibración de la cámara con un cuerpo negro (BX-500 IR Infrared Calibrator, Shenzhen, China). Se siguieron las guías de TISEM (Termografía en Deporte y Medicina Deportiva) para

asegurarnos de la calidad de las mediciones termográficas (39) (Anexo 3). La cámara termográfica se encendió 10 minutos antes de la toma de la primera foto infrarroja y fue colocada a una distancia de $0,95 \pm 0,04$ m de distancia del participante, perpendicular a la región de interés (las manos) (39). Todas las imágenes fueron tomadas por la misma persona.

Se midieron la temperatura y humedad en las salas con un termohigrómetro digital (TFA Dostmann, Wertheim-Reicholzheim, Alemania). Las condiciones ambientales fueron de $23,6 \pm 3,6^{\circ}\text{C}$ y $53 \pm 11\%$ de humedad relativa. En las salas no había corriente de aire ni objetos fuente de radiación infrarroja (ej. equipos electrónicos) (39).

Para el análisis de imágenes de las manos se utilizó el programa Thermacam Researcher Pro 2.10 (software, FLIR, Wilsonville, Oregon, USA), se cambiaron los parámetros de temperatura reflejada, temperatura atmosférica, humedad relativa y se consideró una emisividad de 0.98 (11) Se definieron ocho ROIs en cada mano y de cada una de estas se obtuvo la temperatura media (Fig. 4).

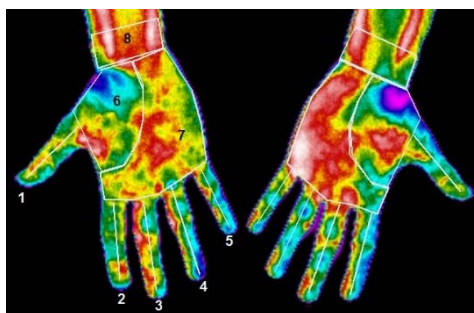


Figura 4. Regiones de interés analizadas: 1. Pulgar; 2. Dedo índice; 3. Dedo medio; 4. Dedo anular; 5. Dedo meñique; 6. Eminencia tenar; 7. Palma sin eminencia tenar; 8. Muñeca.

Se calcularon dos variables:

- Asimetría: Diferencia de temperatura media de cada ROI entre mano no dominante y mano dominante.
- Variación: Diferencia de temperatura media de cada ROI entre las imágenes post partido y las basales de pelotaris.

3.4 Percepción de dolor

La percepción de dolor en las manos de los pelotaris fue evaluada mediante una escala visual analógica que consiste en una línea horizontal de 150mm (40). Se hizo una escala para cada una de las siguientes cuatro regiones: palma derecha, dedos de mano derecha, palma izquierda y dedos de mano izquierda. El extremo izquierdo de la escala estaba etiquetado como “nada de dolor” y el extremo derecho como “máximo dolor imaginable”. Los deportistas marcaron con una línea azul su percepción de dolor previo al partido y con una línea roja su percepción de dolor posterior al partido.

3.6 Grabación de partidos y registro de golpes

Se grabaron cuatro partidos con cámara de video y después se analizaron con la aplicación Dartfish EasyTag-Note (versión 2.0.11212.0, Suiza) para contar el número de golpes que cada pelotari realizó con mano dominante y no dominante (Anexo 4). Durante el partido se registraron las características, teniendo estos una duración de 70 ± 11 minutos y unas condiciones ambientales (registradas cada 30 minutos) en el *trinquet* de $26.9 \pm 5,3^{\circ}\text{C}$ y $47 \pm 12\%$ de humedad relativa (Anexo 4).

3.7 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS Statistics (versión 24.0, IBM Corp., Armonk, NY). Para todas las pruebas el nivel de significación fue establecido en $p < 0,05$. La normalidad de los datos se revisó con la prueba de Shapiro-Wilk. Se aplicó la prueba T para muestras relacionadas para calcular asimetrías en grupo control y para calcular asimetrías en pelotaris se utilizó un ANOVA de medidas repetidas. Se usó prueba T para muestras independientes para comparar la variación en control y pelotaris. Para evaluar la relación entre los valores térmicos y otras variables (duración del partido, golpes efectuados durante el partido y dolor percibido en manos) se utilizó un análisis de coeficiente de correlación de Pearson. Para el análisis del dolor percibido se calculó la diferencia de dolor entre antes y después del partido; y se compararon cinco de las ROIs

(1.pulgar, 2.índice, 3.medio, 4.anular y 5.meñique) con el dolor percibido en dedos de la mano y dos ROIs (6.tenar y 7.palma) con dolor percibido en palma de la mano. La muñeca no se utilizó en esta correlación.

Se hizo una prueba T para muestras independientes para comparar variación y asimetrías en función de la posición de los jugadores. Se hicieron dos grupos siendo el grupo 1 formado por *punter* (1 jugador) y *mitgers* (6 jugadores) y el grupo 2 por *restos* (6 jugadores). Se utilizó un análisis de coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación entre la variación de temperatura de unas ROIs con las otras de la misma mano. Para determinar el patrón de recuperación de temperatura después de la prueba de estrés frío se hicieron tres grupos: *pelotari pre*, *pelotari post* y *control*. Se hizo un ajuste logarítmico de la diferencia de la temperatura basal o post partido y la temperatura en función del momento luego de la prueba de estrés frío. Se realizó una linealización de la función obtenida ($y=ax+b$) donde la “x” en lugar del “Momento” cuando se tomó la imagen fue calculada con el logaritmo neperiano del tiempo “ $=\ln(\text{Momento})$ ”.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de las asimetrías térmicas

No se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas medias basales de mano dominante y no dominante de los participantes del grupo control en ninguna de las ROIs ($p>0,05$), (Fig. 5).

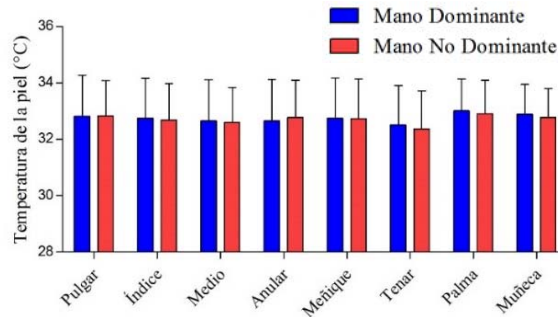


Figura 5. Temperatura media basal por ROIs en el grupo Control. No se observaron diferencias entre mano dominante y no dominante ($p>0,05$).

En basal, se encontraron menores temperaturas en cinco de las ROIs en la mano dominante respecto a la no dominante de los participantes del grupo pelotari ($p < 0,05$) (Fig. 6 A). En cuanto a las asimetrías en las manos de los pelotaris después del partido, se encontraron diferencias significativas en todas las ROI (Fig. 6 B). En la comparación de temperatura media post partido con basal se encontraron diferencias significativas en casi todas las ROIs excepto en índice de mano dominante. En general, las temperaturas post partido fueron mayores que las basales (Fig. 7 B) (Anexo 5).

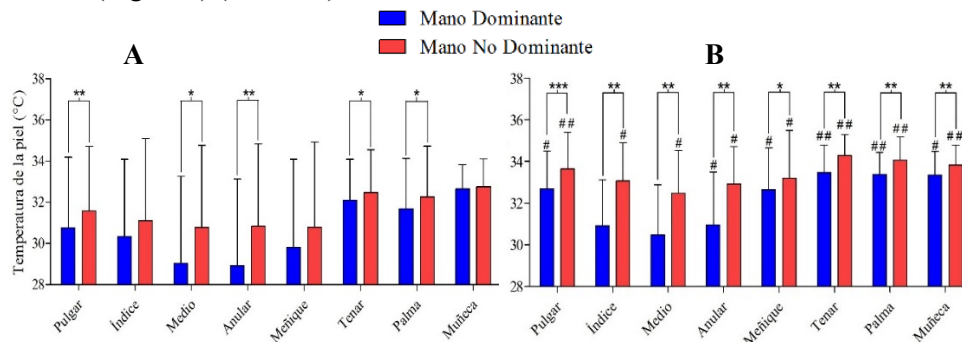


Figura 6. A. Temperatura media basal por ROIs en grupo pelotari. **B.** Temperatura media postpartido por ROIs en grupo pelotari. Se analizaron las diferencias entre mano dominante y mano no dominante (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$) y entre el momento pre y el postpartido (# $p < 0,05$, ## $p < 0,01$).

Al comparar la temperatura media en basal de control con pelotari (Anexo 6) se encontró que en los deportistas eran significativamente menores en cuatro ROIs de la mano dominante (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de temperatura media en basal.

	Pelotaris		Control		Sig.
	Media	SD	Media	SD	
Pulgar D	30,76	3,43	32,82	1,45	0,68
Índice D*	30,34	3,74	32,75	1,41	0,05
Medio D*	29,04	4,22	32,67	1,47	0,01
Anular D*	28,92	4,20	32,66	1,46	0,01
Meñique D*	29,81	4,27	32,75	1,42	0,03
Tenar D	32,11	1,97	32,51	1,40	0,59
Palma D	31,68	2,45	33,01	1,13	0,10
Muñeca D	32,65	1,17	32,89	1,06	0,62

Tabla 2. Comparación de temperatura media en basal (*continuación*).

	Pelotaris		Control		Sig.
	Media	SD	Media	SD	
Pulgar ND	31,58	3,12	32,83	1,25	0,25
Índice ND	31,09	4,00	32,68	1,29	0,20
Medio ND	30,77	3,99	32,60	1,24	0,14
Anular ND	30,83	4,01	32,77	1,32	0,12
Meñique ND	30,78	4,14	32,73	1,40	0,13
Tenar ND	32,47	2,08	32,37	1,35	0,89
Palma ND	32,26	2,46	32,91	1,19	0,45
Muñeca ND	32,75	1,35	32,72	0,97	0,95

D: Dominante; ND: No dominante. (* $p < 0,05$)

Se calcularon las asimetrías en basal de los grupos pelotari y control por ROI y se encontraron diferencias significativas en cinco de ellas (Fig. 7).

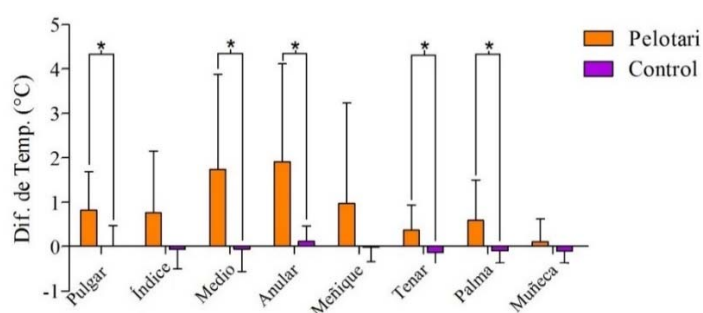


Figura 7. Asimetrías por ROIs en basal, diferencias entre pelotaris y grupo control (* $p < 0,05$).

4.2 Efecto del partido en pelotaris

4.2.1 Variación de temperatura

La variación de temperatura en las ROIs osciló entre 0,57 y 2,83°C, teniendo esta un valor aproximado de 2°C en la mayoría de las regiones (Fig. 8). La variación fue significativamente diferente entre mano dominante y no dominante en tres de las ROIs en pelotaris. No se encontraron diferencias significativas en la variación de temperatura comparando las ROIs de cada mano entre ellas ($p > 0,05$).

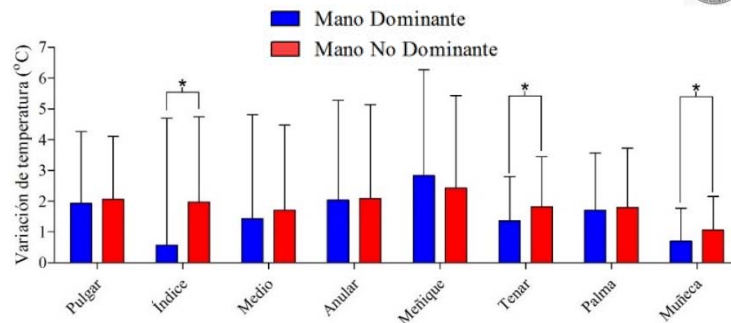


Figura 8. Variación de temperatura en pelotaris (Post partido-Basal). Diferencias entre mano dominante y no dominante (* $p < 0,05$).

4.2.2 Relación de la temperatura de las manos con otras variables

Evalutando la relación de la duración del partido con variación de temperatura se encontró un coeficiente significativo en mano dominante con las regiones anular ($r=0,47$, $p=0,04$), meñique ($r=0,62$, $p=0,03$) y palma ($r=0,58$, $p=0,04$). En mano no dominante no se encontró ninguna correlación significativa ($p > 0,08$). Se encontró una correlación en las asimetrías en el dedo medio en función de la duración del partido ($r=0,57$, $p=0,04$).

Al correlacionar la variación de temperatura y las asimetrías post partido en pelotaris con los golpes efectuados durante el partido, no se observó una correlación significativa en ninguna de las ROIs ($p > 0,09$). Calculando la correlación de la percepción del dolor de los jugadores con la variación de temperatura no se encontró ningún coeficiente significativo ($p > 0,17$). No se encontraron diferencias significativas en las asimetrías ni en la variación de temperatura en los jugadores en función de su posición (*punter y mitger*, o *resto*) ($p > 0,32$).

La experiencia del jugador, es decir, el tiempo desde que comenzó a jugar a Pelota Valenciana incluso no profesionalmente, no tuvo relación significativa con la variación de temperatura ($p > 0,09$) ni con asimetrías en basal ($p > 0,32$) ni post partido ($p > 0,08$).

4.2.3 Relación de temperatura de muñeca con las regiones de interés

Se encontró una correlación significativa en la variación de temperatura entre las ROIs 1-7 de la misma mano ($p < 0,05$) pero, al correlacionar la variación de temperatura en muñeca con las ROIs 1-7 encontramos que en la mano dominante es significativa sólo con pulgar y región tenar (Tabla 3). Por otro lado, en la mano no dominante si se encontró una correlación significativa en la variación de temperatura de la muñeca con la de todas las ROIs ($p < 0,05$) (Tabla 3).

Tabla 3. Correlación de muñeca con ROIs en función de la variación de temperatura.

		Pulgar	Índice	Medio	Anular	Meñique	Tenar	Palma
Mano Dominante	Correlación de Pearson	0,58*	0,49	0,40	0,36	0,19	0,82**	0,50
	Sig. (bilateral)	0,04	0,09	0,17	0,22	0,53	0,001	0,08
Mano No Dominante	Correlación de Pearson	0,75**	0,71**	0,72**	0,72**	0,68*	0,86***	0,71**
	Sig. (bilateral)	0,003	0,007	0,006	0,005	0,01	0,0001	0,006

(* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$)

4.3 Prueba de estrés frío

Del análisis de fotografías tras la prueba de estrés frío (Anexo 7) se obtuvieron los patrones de recuperación de la temperatura (Fig. 9-11). En la figura 9 se representa una de las ROIs (pulgar de la mano dominante) utilizando todos los valores de los participantes de los grupos.

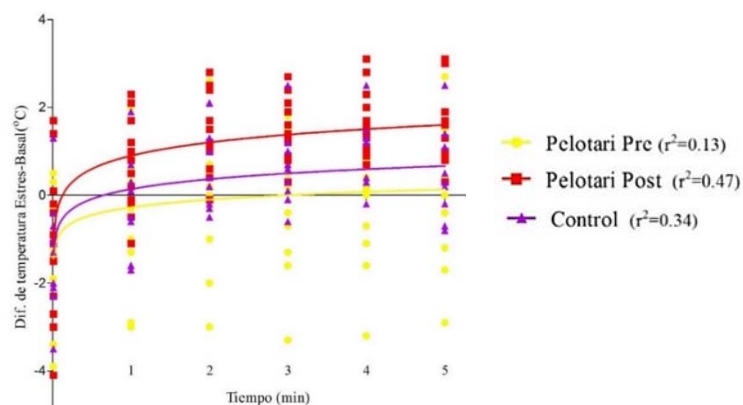


Figura 9. Recuperación de temperatura en Pulgar D

A la vista de la gráfica y de los r^2 obtenidos, se calculó la media de las diferencias de temperatura basal o post partido y cada momento después de la prueba de estrés, con el objetivo de aumentar la correlación de las regresiones del patrón de recuperación de temperatura de las ROIs (Fig.10 y 11).

Se encontró que el coeficiente de correlación (r^2) fue igual o mayor a 0,90 en todas las ROIs excepto en dedo medio D (0,85) y anular D (0,89) en pelotari pre; dedo medio D (0,87) y anular D (0,89) en pelotari post y en las regresiones de todos los grupos en muñeca de ambas manos (Anexo 8).

Teniendo en cuenta la fórmula $y=a*\ln(x)+b$ se obtuvieron los intervalos al 95% de confianza para la pendiente (a) y la constante (b) de cada una de las regresiones (Anexo 8). La constante es la diferencia inicial de temperatura es decir en el momento 0. La pendiente se interpreta como la tasa de variación de la temperatura o la velocidad de recuperación luego de la prueba de estrés térmico. El resumen de las comparaciones entre grupos se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación de intervalos de confianza al 95% en la pendiente y constante de patrones de recuperación entre grupos.

	Constante		Pendiente	
	Control vs Pelotari pre	Pelotari pre vs post	Control vs Pelotari pre	Pelotari pre vs post
Pulgar D	control > pelotari	pre>post	=	pre < post
Pulgar ND	control > pelotari	pre>post	=	=
Índice D	=	pre>post	=	=
Índice ND	=	pre>post	=	pre < post
Medio D	=	=	=	=
Medio ND	=	pre>post	=	=
Anular D	=	=	=	=
Anular ND	=	pre>post	=	pre < post
Meñique D	=	pre>post	control>pelotari	pre < post
Meñique ND	=	pre>post	control>pelotari	pre < post
Tenar D	=	pre>post	=	=
Tenar ND	=	pre>post	=	pre < post
Palma D	=	=	=	=
Palma ND	=	pre>post	=	=
Muñeca D	=	pre>post	=	=
Muñeca ND	=	pre>post	=	=

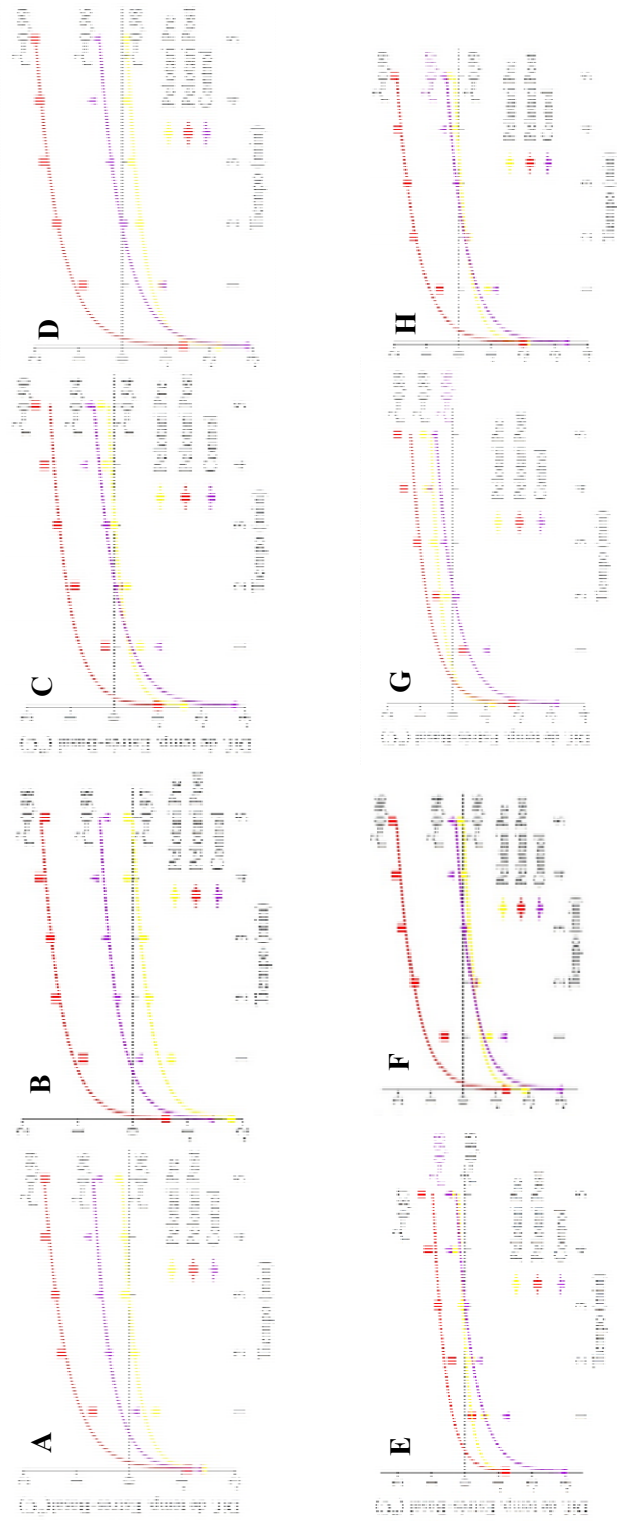


Figura 10. Recuperación de temperatura luego de estrés frío A. Pulgar D; B. Pulgar ND; C. Índice D; D. Índice ND; E. Medio D; F. Medio ND G. Anular D H. Anular ND

D: dominante; ND: no dominante

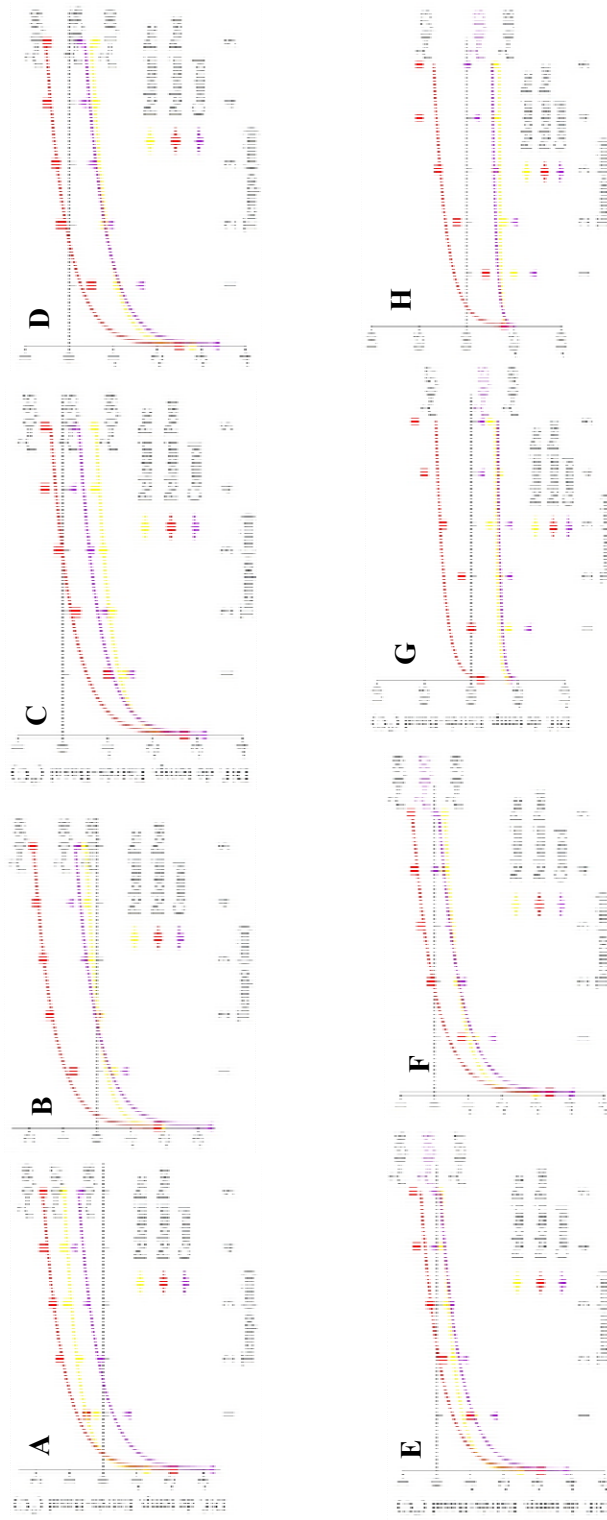


Figura 11. Recuperación de temperatura luego de estrés frío **A.** Menique D; **B.** Muñeca D; **C.** Tenar D; **D.** Tenar ND; **E.** Palma D; **F.** Palma ND **G.** Muñeca D **H.** Muñeca ND

D: dominante; ND: no dominante

5. DISCUSIÓN

El objetivo del estudio era analizar la aplicabilidad de la termografía infrarroja en la detección de lesiones en jugadores profesionales de Pelota Valenciana. Se planteó como hipótesis que el practicar este deporte conlleva adaptaciones y/o cambios fisiológicos en las manos, percibidos en las temperaturas basales o en la recuperación de temperatura después de una prueba de estrés frío. Los resultados de este estudio confirmaron la hipótesis, pues se observaron menores temperaturas basales en el grupo de pelotaris en ciertas regiones de la mano dominante respecto a un grupo control. Además, las asimetrías de los jugadores pelotaris aumentaron tras la competición. Por último, la prueba de estrés térmico mostró tasas de recuperación muy similares entre controles y pelotaris antes del partido y, tras la competición, estas tasas de recuperación aumentaron en la mayoría de regiones.

5.1 Análisis de las asimetrías térmicas

Al comparar temperaturas basales de controles con pelotaris, se encontró que en deportistas fueron significativamente menores en cuatro de las ROIs (índice, medio, anular y meñique) de mano dominante. Estos cuatro dedos son los que se utilizan en la técnica de *raspada*, son propensos a lesiones y por eso llevan dedales como protección. Laporte expone que la patología del “dedo blanco” en pelota vasca es muy común en estos cuatro dedos y que los patrones de recuperación de temperatura en jugadores que la padecen son comparables al síndrome de Raynaud (10). Sin embargo al comparar las temperaturas basales tenemos el factor de la T ambiental, que fue diferente entre mediciones y que influye en la temperatura de las manos, esto constituye una limitante para la fiabilidad de la comparación.

Las asimetrías en temperatura media de las ROIs se calcularon con la diferencia entre mano ND y mano D. En control no se encontraron asimetrías confirmando que la piel de ambas manos tiene la misma temperatura en condiciones no patológicas (12). Las asimetrías en condiciones basales en pelotaris se encontraron en pulgar, medio, anular, tenar y palma siendo las temperaturas menores en mano D que en ND.

En un estudio de 2013, Montaner *et al.* encontraron que el 76,5% de los pelotaris profesionales presentaban una lesión en mano dominante (7) apoyando nuestros resultados de que esta es la mano afectada y por ello tiene temperaturas menores. Es importante destacar que si estas asimetrías se han observado en las temperaturas basales es porque estas adaptaciones fisiológicas se pueden considerar ya como estables o asentadas en los deportistas. Dichas menores temperaturas pueden deberse a una reducción de los capilares vasculares debida a los microtraumatismos en el momento de raspar la pelota o golpearla cuando va por el aire. Esto lo apoya el estudio de Li *et al.*, donde se revisan las alteraciones en la microcirculación, como la disminución de angiogénesis, ocasionadas por heridas crónicas (41).

En temperaturas post partido se encontraron asimetrías en todas las ROIs con temperaturas menores en mano D. Ya existían en basal asimetrías en cinco regiones, sin embargo no había diferencia en índice, meñique y muñeca. Al calcular la variación media de T, es decir la diferencia entre la temperatura post partido y la basal de cada pelotari, se encontraron asimetrías en tres ROIs (índice, tenar y muñeca), siendo menor la temperatura en mano D que en ND. Estos resultados llevan a pensar que hay alguna afectación en las estructuras de mano dominante durante el partido y apoya que las asimetrías resultantes a nivel basal se producen por la práctica deportiva. Es interesante que también la muñeca presenta una temperatura menor en mano D con respecto a la ND pues no se produce ningún golpe directo de la pelota ni al suelo con la muñeca. Podría ser que, por haber un flujo menor de sangre hacia los dedos de esa mano, debido a alguna alteración o adaptación en palma o dedos, fluye en menor medida también la sangre por la muñeca.

5.2 Efecto del partido en pelotaris

5.2.1 Variación de la temperatura

Algunos de los efectos de la práctica de Pelota Valenciana son que aumenta la frecuencia y el gasto cardiaco y que además en situaciones de esfuerzo aumenta la perfusión sanguínea a los músculos que se trabajan (42). Durante el ejercicio

aumenta la T interna y se necesita disipar calor, por lo que el flujo a las extremidades aumenta (43). En la revisión de Kenny y McGinn exponen que luego del ejercicio continúa habiendo una T elevada en músculos, incluso hasta 90 minutos después de interrumpirlo (44). En este estudio encontramos que en general la T de la piel en las manos después del partido es mayor que en condiciones basales. Las altas temperaturas post partido pueden ser también reflejo de riesgo de las lesiones (11) más comunes en los pelotaris expuestas por Gámez *et al.* y Laporte como la inflamación, edemas, hematomas y mal de mano (9,10). Por otra parte, Keny y McGinn analizaron factores que afectan la termorregulación después del ejercicio como la deshidratación, la aclimatación y el perfil fenotípico (44). En *Pilota*, un factor importante que afecta la termorregulación es la protección en las manos que restringen la disipación del calor por radiación y evaporación del sudor.

Hubo dos ROIs de mano dominante (índice y medio) que no presentaron una diferencia significativa de T basal y post partido. En el estudio de Montaner *et al.* se midieron las presiones al golpear la pelota en diferentes áreas de la mano (cabeza de metacarpianos 2-4 y falanges proximales 2 y 3) y se observó que los sensores que mayor presión recibieron estuvieron en la cabeza de los metacarpianos 2 y 3 (5). Esto puede explicar que el dedo índice y medio haya alguna alteración en las estructuras vasculares de estas ROIs producidas por las altas presiones. También, el dedo índice y medio son dos de las regiones que más contacto tienen con el suelo en el momento de raspar la pelota durante el juego. Por otra parte, hay una incidencia alta de fenómeno de Raynaud (hasta 53%) en personas que trabajan con equipo industrial vibratorio (ej. taladros) lo que podría asemejarse a lo que pasa en *Pilota*: los jugadores tienen traumatismos continuos en sus manos (45) y esto podría ser la causa de la incidencia de fenómeno de Raynaud en pelotaris, aunque no hay muchos estudios de esto en *Pilota* (7,9).

5.2.2 Relación de la temperatura de las manos con otras variables

Durante el partido los deportistas realizan varios impactos con la mano a la pelota, además suelen golpear el suelo y las paredes. La duración del juego, los golpes

efectuados y la posición del jugador son variables que estudiamos para definir si había alguna relación significativa entre el efecto del partido, la variación de temperatura y las asimetrías. En la mano D se encontró una correlación significativa entre la duración del partido y la variación de temperatura en anular, meñique y palma. Se puede inferir que estas tres ROIs son las que se ven más afectadas si el partido dura un mayor tiempo. Este resultado coincide en dos regiones con los del estudio realizado por Montaner *et al.*, donde encontraron que las zonas de la mano que más se lesionan los jugadores son el quinto dedo y la palma (5). También se encontró una correlación entre la duración del partido y la asimetría post partido en el dedo medio, donde la temperatura en mano D fue menor que en ND. Como se estableció previamente, el dedo medio no tuvo variación de temperatura significativa y además tiene contacto constante con superficies duras como la pared y suelo. Se infiere que están afectadas las estructuras vasculares y por esto no hay aumento de temperatura en mano D a pesar del aumento de flujo sanguíneo por el ejercicio.

No hubo una correlación en ninguna de las ROIs entre los golpes efectuados durante el partido y la variación de temperatura. Esto puede ser debido a que los golpes se contaron de forma general y no se especificó de qué manera se realizó el golpeo (*raspada, volea o rebot*). La ROI que recibe el traumatismo depende de la manera en que se golpea la pelota, por lo que con este estudio no se pudo establecer una relación entre el número golpes y las ROIs más afectadas. En estudios posteriores se podría considerar el tipo de golpeo para analizar si existe una relación con la variación de temperatura. En cuanto a la percepción del dolor de los jugadores, no se encontró una relación significativa con la variación de temperatura. Esto es importante pues cada persona tiene un umbral del dolor y se ha comprobado que en atletas es superior a controles (46). A pesar de estar propenso a lesiones en las manos, el jugador podría no percibir el dolor debido a una reducción de los nociceptores consecuencia de los impactos continuos en la práctica deportiva (47) o por un aumento a la tolerancia modulada por factores

psicológicos (48), mientras que con la termografía se observa variación y diferencias en las regiones.

Aunque la participación activa, durante el partido, de los *restos* es diferente a la de los *mitgers* y *punters*, no hubo diferencias en las asimetrías ni en la variación de temperatura en los jugadores en función de su posición. Así mismo, en un estudio en *Pilota* no se encontraron diferencias entre las posiciones y la incidencia de lesión ($p=0,82$) y lo atribuyeron a las protecciones que usan (7). En un futuro se podría hacer un estudio termográfico donde los pelotaris unifiquen las protecciones que usan, aunque los pelotaris de este deporte se caracterizan por crear su “guante” personalizado de acuerdo a sus necesidades.

Otra variable que analizamos en relación con las asimetrías y variación de temperatura en manos fue la experiencia del jugador en el deporte de *Pilota*. En estudios previos, comparando jugadores profesionales con aficionados, se encontraron que había más lesiones en los profesionales ($p<0,05$) y lo atribuyeron a la intensidad del entrenamiento y las partidas, además de los años de práctica deportiva (7). Sin embargo en el presente estudio no se obtuvo ninguna correlación significativa que nos indicara que la variación o asimetrías en basal y post partido estaban relacionadas con la antigüedad del jugador profesional. Esto puede ser un indicativo o un signo de alerta de no esperar a que los jugadores hayan practicado el deporte por muchos años para tomar acción preventiva, pues las lesiones pueden suceder desde temprano.

5.2.3 Relación de temperatura de muñeca con las regiones de interés

Al analizar las imágenes de las manos, se incluyó la muñeca como una de las ROIs pues por ella pasan los vasos que llevan sangre a la mano. En mano ND encontramos lo que esperábamos, una correlación de la variación de temperatura de la muñeca con la del resto de ROIs. No obstante, en mano D la variación de temperatura sólo se relacionó significativamente con pulgar y región tenar. Esto hace pensar que hay una alteración la palma y dedos 2-5 de la mano dominante, es

posible que los arcos que irrigan estas regiones estén afectados a nivel central o superior de la palma. Esta no correlación entre la palma y las regiones mencionadas podría corroborar que los resultados térmicos obtenidos en los jugadores se deben a aspectos locales, como a la alteración de los capilares de dichas regiones, y no a una respuesta general del flujo sanguíneo.

5.3 Prueba de estrés frío

La prueba de estrés frío con placa metálica se utilizó con el objetivo de comparar los patrones de recuperación de temperatura en las manos de deportistas de Pelota Valenciana con los del grupo control. Una de las limitantes de la prueba fue que, aunque se dieron instrucciones y ejemplo de cómo realizar la presión sobre la placa, cada participante la realizó a su manera y no se tuvo control sobre la fuerza de presión aplicada.

Se analizó el r^2 de los patrones de recuperación, que explica la parte de la variabilidad observada en la diferencia de temperatura (estrés-basal) que se debe a la variación del tiempo; es decir, qué parte de la temperatura aumenta cuando aumenta el tiempo. A pesar de que se linealizó para poder hacer el análisis estadístico, los patrones de recuperación son ajustes no lineales; en las gráficas (Fig. 10 y 11) se observa que la diferencia de temperatura cambia hasta cierto momento y luego se estabiliza. Al menos en cinco de las ROIs la diferencia de T al minuto 3 está por encima del 0, esto se observa principalmente en el grupo de pelotaris post. Estos resultados concuerdan con los del estudio de Binzoni *et al.*, quienes describieron que tres minutos de reperusión son suficientes para regresar a condiciones basales luego de un estrés térmico (49). En la muñeca, como era de esperar, no hubo un patrón de recuperación con correlación alta pues no estuvo directamente en contacto con la placa metálica durante la prueba de estrés frío por lo que su temperatura no bajó ni varió significativamente en controles ni en pelotaris. En casi todos los patrones de las ROIs de la mano hubo una correlación alta ($r^2 > 0,90$) a excepción de cuatro patrones de pelotaris con una correlación poco menor que el resto. Esto significa que en promedio, la recuperación entre

sujetos del mismo grupo es muy similar, lo que nos es de utilidad al momento de usar como método preventivo de lesiones la IRT.

La diferencia inicial de temperatura entre condiciones basales o post partido y justo después del contacto con la placa metálica nos da una idea de la efectividad de la prueba pues nos indica cuánto enfrió. Por otra parte, la tasa de variación, es la velocidad de recuperación de la temperatura tras la prueba de estrés frío.

Comparación control y pelotari pre: La diferencia inicial es igual en casi todas las ROIs excepto en los pulgares de ambas manos donde la temperatura es menor en pelotari pre. En la mayoría de las ROIs la tasa de variación fue la misma excepto en meñique de ambas manos donde fue menor en grupo pelotari que en control. La temperatura en meñiques disminuyó menos en pelotari que en control con la prueba de estrés, por lo que al recuperar la temperatura se observó una tasa de variación menor. Se esperaba encontrar más diferencias al comparar estos grupos, pero es posible que las similitudes en los patrones de recuperación entre control y pelotaris se deban al tamaño de las muestras.

Comparación pelotari pre y post partido: La diferencia inicial es menor en pelotari antes que después del partido en casi todas las ROIs excepto en tres donde es igual (medio D, anular D, palma D). El tener la piel con una T más alta en post partido explica que en la prueba de estrés resultaron mayores temperaturas de inicio en comparación con previo al partido. La tasa de variación fue significativamente mayor en pelotaris post que antes de su partido en las siguientes ROIs: pulgar D, índice ND, anular ND, meñique D, meñique ND y tenar ND. Lim *et al.* exponen que el sistema nervioso depende de la hipertermia para proteger al cuerpo del sobrecalentamiento (50). A consecuencia del partido, el flujo sanguíneo está más activado para reducir el calor interno, lo que explica que la recuperación de temperatura sea más rápida post partido que en condiciones basales. Sin embargo no se vio una diferencia en cinco de las ROIs de mano D (índice, medio, anular, tenar y palma), lo que apoya la posibilidad de que haya alguna alteración en áreas de mano dominante.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio fueron las siguientes:

- La termografía es una técnica no invasiva que puede ser de utilidad en la prevención de lesiones en deportistas de Pelota Valenciana, teniendo en cuenta que las diferencias de temperatura pueden ser debido a adaptaciones en los deportistas.
- Las menores temperaturas basales en pelotaris que en controles se ubicaron en cuatro dedos de la mano dominante involucrados en el golpeo tipo *raspada*. Se debe tener en cuenta la posibilidad de que estas temperaturas basales sean reflejo de adaptaciones o cambios permanentes en la vascularización de las manos.
- La ausencia de variación de temperatura en dedo índice y medio de mano dominante puede indicar una afectación vascular en estas áreas provocado por los traumatismos.
- La duración del partido afectó a la variación de temperatura de dedo anular, meñique y palma en mano dominante, regiones que frecuentemente se lesionan los pelotaris. Además, la variación de temperatura y las asimetrías post partido fueron independientes de la experiencia del jugador, la posición y los golpes efectuados durante el partido.
- Los patrones de recuperación después de la prueba de estrés frío indicaron que hay una recuperación más rápida en seis de las ROIs post partido debido al aumento de flujo para disipar calor. Sin embargo en cinco regiones de mano dominante no se tuvo una recuperación diferente a la basal lo que puede indicar alguna afectación vascular.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Montaner, C., Llana, S., Gámez, J., Alcántara, E. Especificaciones para diseño de guante en pilota. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2011;12(47):405-29.
2. Pàgina web de la Federació de Pilota Valenciana. Disponible en: <https://fedpival.es/es/federacion/historia-de-la-pilota>
3. González-Alcaide G, Agulló-Calatayud V, Valderrama-Zurián JC, Aleixandre-Benavent R. El desenvolupament de la investigació sobre pilota valenciana: guia bibliogràfica i fonts d'informació. *Apunts Educació física i esports*. 2010;1(99):5-12-12.
4. Martínez Carbonell JAM. Anàlisi dels factors de rendiment en pilota valenciana: una proposta per a l'educació superior. [Alicante, España]: Universidad de Alicante; 2012.
5. Montaner Sesmero, Carlos. Diseño de un guante de protección para jugar a pilota valenciana en función de la opinión de los usuarios y de criterios epidemiológicos y biomecánicos. [Valencia, España]: Universidad de Valencia; 2011.
6. Gámez J, Rosa D, Alcántara E, Montaner A, Gutierrez JM, Comín M, et al. Analysis of the Relationship Between Mechanical Properties and Players' Perception of the Balls in a Spanish Traditional Sport: "La Pilota Valenciana". En: Moritz EF, Haake S, editores. *The Engineering of Sport 6*. Springer New York; 2006. p. 23-8.
7. Montaner Sesmero, A.M., Llana Belloch, S., Gámez Payá, J., Montaner Sesmero, Carlos. Estudio epidemiológico en Pelota Valenciana. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2013;13(50):235-55.

8. Marhuenda AM, Alcover EA. Contribución de la Biomecánica al desarrollo de la pelota valenciana. *Revista de biomecánica*. 2002;(35):19-21.
9. Gámez, J.; Montaner, A.; Astorgano, A. y Alcántara, E. (2004). Estudio epidemiológico en pelota vasca. En J. Campos (coord.), III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Hacia la convergencia europea. Valencia: Universitat de Valencia.
10. Laporte DG. Patología de la mano del pelotari. *Archivos de Medicina del Deporte*. 1972;3(9):12.
11. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological Measurement*. 1 de marzo de 2012;33(3):R33-46.
12. Gatt A, Formosa C, Cassar K, Camilleri KP, De Raffaele C, Mizzi A, et al. Thermographic Patterns of the Upper and Lower Limbs: Baseline Data. *International Journal of Vascular Medicine*. 2015;2015:1-9.
13. Leijon-Sundqvist KL. Evaluation of Hand Skin Temperature - Infrared Thermography in Combination with Cold Stress Tests. [Sweden]: Lulea University of Technology; 2017.
14. Wigley FM, Flavahan NA. Raynaud's Phenomenon. Campion EW, editor. *New England Journal of Medicine*. 11 de agosto de 2016;375(6):556-65.
15. Payne S, Macintosh A, Stock J. Body size and body composition effects on heat loss from the hands during severe cold exposure. *Am J Phys Anthropol*. 2018;166(2):313-22.
16. Cheung SS. Responses of the hands and feet to cold exposure. *Temperature (Austin)*. marzo de 2015;2(1):105-20.

17. Taylor NAS, Machado-Moreira CA, van den Heuvel AMJ, Caldwell JN. Hands and feet: physiological insulators, radiators and evaporators. *Eur J Appl Physiol.* octubre de 2014;114(10):2037-60.
18. Elizondo-Omaña RE, García-Rodríguez M de los A, Tijerina de la GO, Guzman LS, De la Garza CO, López SN, et al. Estudio Anatómico de los Arcos Palmares: Diámetro y Presentación. *International Journal of Morphology.* marzo de 2007;25(1):55-60.
19. Priego Quesada, Jose Ignacio, Kunzler MR, Carpes FP. Methodological Aspects of Infrared Thermography in Human Assessment. En: *Application of Infrared Thermography in Sports Science*. Cham: Springer International Publishing; 2017:49-79.
20. Tattersall GJ. Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. *Comp Biochem Physiol, Part A Mol Integr Physiol.* 2016;202:78-98.
21. Fernandes A de A, Amorim PR dos S, Brito CJ, de Moura AG, Moreira DG, Costa CMA, et al. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. *Physiol Meas.* febrero de 2014;35(2):189-203.
22. Priego Quesada JI, Salvador Palmer R, Cibrián Ortiz de Anda RM. Physics Principles of the Infrared Thermography and Human Thermoregulation. En: Priego Quesada JI, editor. *Application of Infrared Thermography in Sports Science*. Cham: Springer International Publishing; 2017:25-48.
23. Horikoshi M, Inokuma S, Kijima Y, Kobuna M, Miura Y, Okada R, et al. Thermal Disparity between Fingers after Cold-water Immersion of Hands: A Useful Indicator of Disturbed Peripheral Circulation in Raynaud Phenomenon Patients. *Internal Medicine.* 2016;55(5):461-6.

24. Balbinot LF, Robinson CC, Achaval M, Zaro MA, Brioschi ML. Repeatability of infrared plantar thermography in diabetes patients: a pilot study. *J Diabetes Sci Technol*. 1 de septiembre de 2013;7(5):1130-7.
25. Ammer K. The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. 2008;6.
26. Leijon-Sundqvist K, Lehto N, Juntti U, Karp K, Andersson S, Tegner Y. Thermal response after cold-water provocation of hands in healthy young men. 2015;7.
27. Leijon-Sundqvist K, Tegner Y, Juntti U, Karp K, Lehto N. Hand skin temperature - Are there warm and cold rewarming patterns after cold stress test? 2016;8.
28. Ammer, Kurt. Cold challenge to provoke a vasospastic reaction in fingers determined by temperature measurements; a systematic review. *Thermology International*. octubre de 2009;19(4):109-18.
29. Silverthorn DU, Michael J. Cold stress and the cold pressor test. *Adv Physiol Educ*. marzo de 2013;37(1):93-6.
30. Cherniack M, Brammer A, Meyer J, Morse T, Peterson D, Fu R. Skin temperature recovery from cold provocation in workers exposed to vibration: a longitudinal study. *Occupational and Environmental Medicine*. 1 de diciembre de 2003;60(12):962-8.
31. Vanggaard L, Kuklane K, Holmer I, Smolander J. Thermal responses to whole-body cooling in air with special reference to arteriovenous anastomoses in fingers. *Clin Physiol Funct Imaging*. noviembre de 2012;32(6):463-9.

32. Nielsen, Stig Pors, Mercer, James B. Dynamic Thermography In Vascular Finger Disease. A Methodological Study of Arteriovenous Anastomoses. *Thermology international*. 2010;20(3):93-9.
33. Chen F, Nilsson H, Holmér I. Finger cooling by contact with cold aluminium surfaces--effects of pressure, mass and whole body thermal balance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994;69(1):55-60.
34. Geng Q, Holmér I, Hartog DEA, Havenith G, Jay O, Malchaire J, et al. Temperature limit values for touching cold surfaces with the fingertip. *Ann Occup Hyg*. noviembre de 2006;50(8):851-62.
35. Jay O, Havenith G. Finger skin cooling on contact with cold materials: a comparison between male and female responses during short-term exposures. *Eur J Appl Physiol*. abril de 2004;91(4):373-81.
36. Fernández-Cuevas, Ismael, Arnáiz Lastras, Javier, Escamilla Galindo, Víctor, Gómez Carmona, Pedro. *Infrared Thermography for the Detection of Injury in Sports Medicine. Application of Infrared Thermography in Sport Science*. Springer, Cham; 2017
37. da Silva, Wilian, Machado, Alvaro S, Souza, Mauren A, Kunzler, Marcos R, Priego Quesada, Jose I, Carpes, Felipe P. Can exercise induced muscle damage be related to changes in skin temperature? *Physiological Measurement*. 2018;39.
38. Côte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, José Hernandez A. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 3 de enero de 2019;5(1).

39. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *Journal of Thermal Biology*. octubre de 2017;69:155-62.
40. Price DD, McGrath PA, Rafii A, Buckingham B. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain: *Pain*. septiembre de 1983;17(1):45-56.
41. Li WW, Carter MJ, Mashlach E, Guthrie SD. Vascular assessment of wound healing: a clinical review. *Int Wound J*. junio de 2017;14(3):460-9.
42. López Chicharro, J. Respuestas y adaptaciones cardiovasculares al ejercicio. En: *Fisiología del ejercicio*. 3a ed. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2006. p. 319-30.
43. Fernandes A de A, Amorim PR dos S, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Bouzas Marins JC. Regional Skin Temperature Response to Moderate Aerobic Exercise Measured by Infrared Thermography. *Asian J Sports Med*. 1 de marzo de 2016;7(1).
44. Kenny GP, McGinn R. Restoration of thermoregulation after exercise. *J Appl Physiol*. 1 de abril de 2017;122(4):933-44.
45. Nilsson T, Wahlström J, Burström L. Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases-A systematic review and meta-analysis.. 2017;12(7):e0180795.
46. Thornton C, Sheffield D, Baird A. A longitudinal exploration of pain tolerance and participation in contact sports. *Scand J Pain*. 2017;16:36-44.

47. O'Connor PJ, Cook DB. Exercise and pain: the neurobiology, measurement, and laboratory study of pain in relation to exercise in humans. *Exercise and sport sciences reviews*. 1999;27:119-66.
48. Tesarz J, Schuster AK, Hartmann M, Gerhardt A, Eich W. Pain perception in athletes compared to normally active controls: a systematic review with meta-analysis. *Pain*. junio de 2012;153(6):1253-62.
49. Binzoni T, Tchernin D, Richiardi J, Van De Ville D, Hyacinthe J-N. Haemodynamic responses to temperature changes of human skeletal muscle studied by laser-Doppler flowmetry. *Physiol Meas*. julio de 2012;33(7):1181-97.
50. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singap*. abril de 2008;37(4):347-53.

8. ANEXOS

Anexo 1. Certificado de aprobación del proyecto por el Comité de Ética

VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA Vicerectorat
d'Investigació

D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 7 de febrero de 2019, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

“Termografía aplicada a la valoración de adaptaciones estructurales y fisiológicas en las manos de deportistas de Pelota Valenciana”, número de procedimiento H1550140204438,

cuya responsable es Dña. María Rosario Salvador Palmer, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a catorce de febrero de dos mil diecinueve.

A handwritten signature in blue ink, written over the circular stamp.

Anexo 2. Documento de registro de datos de pelotaris y control

A. Documento de registro de datos de pelotaris



Universidad de Valencia
Facultad de Medicina y Odontología



Estudio de Termografía Aplicada en Pelota Valenciana Cuestionario para Pilotaris

Se realizará un estudio sobre la termografía aplicada a la pelota valenciana para valorar si hay adaptaciones estructurales o fisiológicas en las manos. La información es estrictamente confidencial, nadie fuera del equipo investigador conocerá sus respuestas. De antemano le damos las gracias por su participación.

Instrucciones de cumplimentación:

- Responder las preguntas en los espacios correspondientes.
- Redondear la respuesta correcta en los apartados 1, 2, 3, 9, 15, 16, 16.2, 17, 17.2., 18 y 20.
- Si tiene alguna duda puede consultar con la persona que le entrega el cuestionario.

Fecha: _____

Datos Personales

Nombre: _____

Edad: _____ años

1. Fumador: SI NO

1. 1 En caso de que la respuesta sea "sí", ¿cuánto tiempo (en años y meses) lleva fumando?

2. Toma algún medicamento: SI NO

2. 1 En caso de que la respuesta sea "sí", ¿cuál y con qué frecuencia?

3. ¿En las últimas 24 hrs. se ha sometido a alguno de los siguientes tratamientos? (Puede redondear más de uno.)

Fisioterapia Electroterapia Crioterapia Ultrasonido Masaje

3.1 ¿Por cuánto tiempo? _____

Datos antropométricos

4. Peso: _____ kgs 5. Estatura: _____ m 6. IMC: _____ kg/m²

7. Presión Arterial _____/_____ mmHg 8. Porcentaje de grasa: _____

Datos deportivos, de entrenamiento y actividad física

9. Modalidad de Pilota Valenciana que practica de manera habitual: Raspall Escala i Corda

10. Posición de jugador: _____

11. Tiempo de entrenamiento a la semana (en horas): _____

12. ¿Aproximadamente cada cuánto tiempo tiene competición? _____

13. Tiempo de competición a la semana (en horas): _____

14. Tiempo de experiencia en el deporte (en años y meses): _____

15. ¿Practica algún otro deporte?: SI NO

15.1 En caso de que la respuesta sea "SI", ¿cuál deporte?: _____

15.2 ¿Cuánto tiempo a la semana (en horas) practica dicho deporte? _____

16. ¿Realizó actividad física el día de ayer? SI NO

16.1 ¿De qué tipo? _____

16.2 ¿A qué intensidad? Baja Moderada Intensa

16.3 ¿Por cuánto tiempo? _____

17. ¿Ha realizado actividad física durante este día? SI NO

17.1 ¿De qué tipo? _____

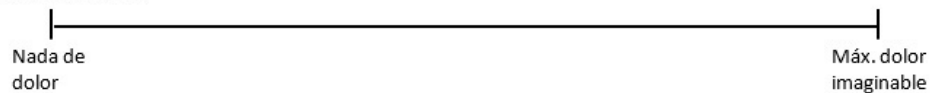
17.2 ¿A qué intensidad? Baja Moderada Intensa

17.3 ¿Por cuánto tiempo? _____

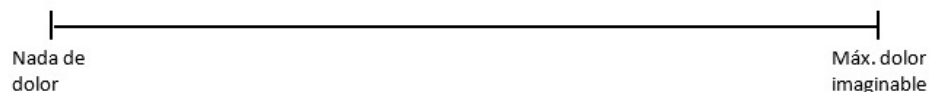
18. ¿Cuál es tu mano dominante al jugar Pilota? Derecha Izquierda

19. Marque su percepción de dolor en las zonas de la mano indicadas, con una línea azul para antes del partido y una línea roja para después del partido:

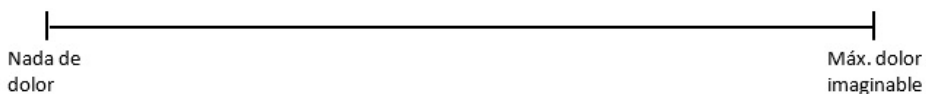
Palma derecha:



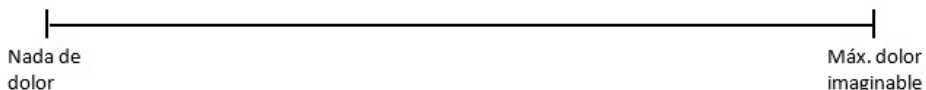
Dedos de mano derecha:



Palma izquierda:



Dedos de mano izquierda:



20. ¿Ha sufrido alguna lesión en manos en los últimos 3 meses que le haya impedido continuar con la práctica del deporte? SI NO

Observaciones: _____

Condiciones ambientales para toma termográfica: Temperatura: _____ Humedad: _____

Anexo 2.B. Documento de registro de datos de Controles



Universidad de Valencia
Facultad de Medicina y Odontología



Estudio de Termografía Aplicada en Pelota Valenciana Cuestionario para Controles

Se realizará un estudio sobre la termografía aplicada a la pelota valenciana para valorar si hay adaptaciones estructurales o fisiológicas en las manos. La información es estrictamente confidencial, nadie fuera del equipo investigador conocerá sus respuestas. De antemano le damos las gracias por su participación.

Instrucciones de cumplimentación:

- Responder las preguntas en los espacios correspondientes.
- Redondear la respuesta correcta en los apartados 1, 2, 3, 9, 10, 10.2, 11, 11.2., 12 y 14
- Si tiene alguna duda puede consultar con la persona que le entrega el cuestionario.

Fecha: _____

Datos Personales

Nombre: _____

Edad: _____ años

1. Fumador: SI NO

1. 1 En caso de que la respuesta sea "sí", ¿cuánto tiempo (en años y meses) lleva fumando?

2. Toma algún medicamento: SI NO

2. 1 En caso de que la respuesta sea "sí", ¿cuál y con qué frecuencia?

3. ¿En las últimas 24 hrs se ha sometido a alguno de los siguientes tratamientos? (Puede redondear más de uno.)

Fisioterapia

Electroterapia

Crioterapia

Ultrasonido

Masaje

3.1 ¿Por cuánto tiempo? _____

Datos antropométricos

4. Peso: _____ kgs

5. Estatura: _____ m

6. IMC: _____ kg/m²

7. Presión Arterial _____/_____ mmHg

Datos deportivos y de actividad física

9. ¿Practica algún deporte?: SI NO

9.1 En caso de que la respuesta sea "sí", ¿cuál(es) deporte (s)? _____

9.2 ¿Cuánto tiempo a la semana (en horas) practica dicho deporte (s)? _____

10. ¿Realizó actividad física el día de ayer? SI NO

10. 1 ¿De qué tipo? _____

10.2 ¿A qué intensidad? Baja Moderada Intensa

10.3 ¿Por cuánto tiempo? _____

11. ¿Ha realizado actividad física durante este día? SI NO

11.1 ¿De qué tipo? _____

11.2 ¿A qué intensidad? Baja Moderada Intensa

11.3 ¿Por cuánto tiempo? _____

12. ¿Cuál es tu mano dominante? Derecha Izquierda

13. ¿Presenta alguna molestia o dolor en alguna de sus manos? Si es así por favor describa:

14. ¿Ha sufrido alguna lesión en manos en los últimos 3 meses? SI NO

Observaciones: _____

Condiciones ambientales para toma termográfica: Temperatura: _____ Humedad: _____

Anexo 3. Lista de elementos a considerar para la evaluación termográfica.

Figura modificada de Moreira *et al.* (39)

1) Se debe proporcionar la información relevante de los participantes. Nota: Esto incluye, pero no se limita, edad, sexo, masa corporal, altura, índice de masa corporal, etnia, si son fumadores o no. Debe reportarse el perfil de actividad física (ej. Frecuencia, duración, intensidad y descripción de la actividad)
2) Se debe indicar a los participantes que eviten bebidas alcohólicas, fumar, la cafeína, comidas abundantes, ungüentos, cosméticos y ducharse cuatro horas antes de la evaluación. También se deben evitar los baños de sol (ej. Sesiones con rayos UV o tomar el sol directamente sin protección) antes de la evaluación. Nota: Se debe confirmar que cumplieron con las indicaciones antes de la evaluación. El uso de tratamientos médicos o fármacos debe ser registrado. Cualquier condición que no haya sido evitada debe ser reportada.
3) Se deben describir claramente los factores extrínsecos que afecten la temperatura de la piel (ej. Actividad física previa a la evaluación, masaje, electroterapia, ultrasonido, exposición al calor o al frío, crioterapia).
4) Se deben registrar y reportar la temperatura ambiente y la humedad relativa del lugar donde se realice la evaluación, como media \pm desviación estándar.
5) La evaluación se debe completar lejos de cualquier fuente de radiación infrarroja (ej. Aparatos electrónicos, rayos) o corriente de aire (ej. Bajo una unidad de aire acondicionado)
6) Se debe proporcionar el fabricante, modelo y precisión de la cámara. Nota: Cuando sea posible, se recomienda proporcionar la información sobre el mantenimiento del equipo (ej. Cuando y donde se calibró por última vez)
7) Se debe completar un periodo de aclimatación en la sala de examinación. Nota: Este elemento sólo aplica para las medidas basales o análisis basal.
8) Si es necesario, la cámara deberá encenderse por un tiempo antes de la evaluación para permitir la estabilización del sensor, siguiendo las guías del fabricante.
9) Se deben detallar las condiciones de grabación de las imágenes como la distancia media entre el objeto y la cámara y el porcentaje de región de interés dentro de la imagen.
10) La cámara debe posicionarse perpendicular a la región de interés.
11) Se debe reportar la configuración de emisividad en la cámara. Nota: se sugiere 0.98 de emisividad para una superficie de piel seca y limpia.
12) Se debe reportar la hora del día cuando se toman las imágenes.
13) Se debe describir bien y seleccionar apropiadamente la posición estándar del cuerpo del sujeto y las regiones de interés. Se recomienda un ejemplo visual (presentando la escala de temperatura y con una escala de colores configurada apropiadamente)
14) Si la piel es secada (ej. Para remover agua de su superficie) el método de secado debe ser descrito claramente.
15) La evaluación de termogramas y recolección de temperaturas del software deben ser descritas claramente.

Anexo 4. Características de los partidos de pelotarís y conteo de golpeos

A. Características de los partidos de pelotarís

Fecha	Duración	T media (°C)	Humedad media (%)	Sets jugados	Equipo ganador	Número de pelotarís registrados
03-may-19	1h 5 min	20,6	60	8	rojo	3
04-may-19	1h 17 min	22,0	48	10	azul	3
10-may-19	56 min	33,4	32	7	rojo	4
12-may-19	1h 20 min	25,7	57	10	azul	3

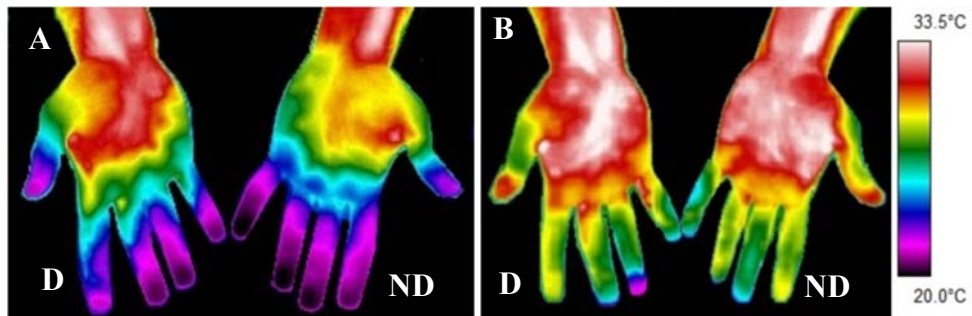
B. Conteo de golpes en mano dominante y no dominante durante los partidos

Posición	Total golpes (D+ND)	Golpes D	% D	Golpes ND	% ND	Duración grabada del partido	Golpes por min (D)	Golpes por min (ND)
1 <i>resto</i>	148	138	93%	10	7%	31min 27 s	4,45	0,32
2 <i>mitger</i>	108	98	91%	10	9%	31min 27 s	3,16	0,32
3 <i>mitger</i>	70	55	79%	15	21%	31min 27 s	1,77	0,48
4 <i>resto</i>	128	113	88%	15	12%	42min 17s	2,69	0,36
5 <i>mitger</i>	118	102	86%	16	14%	42min 17s	2,43	0,38
6 <i>punter</i>	42	36	86%	6	14%	42min 17s	0,86	0,14
7 <i>resto</i>	201	176	88%	25	12%	43min 54s	4,00	0,57
8 <i>mitger</i>	165	135	82%	30	18%	43min 54s	3,07	0,68
9 <i>resto</i>	152	139	91%	13	9%	43min 54s	3,16	0,30
10 <i>mitger</i>	111	83	75%	28	25%	43min 54s	1,89	0,64
11 <i>resto</i>	229	217	95%	12	5%	79min 10s	2,75	0,15
12 <i>resto</i>	202	183	91%	19	9%	79min 10s	2,32	0,24
13 <i>mitger</i>	165	137	83%	28	17%	79min 10s	1,73	0,35

D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

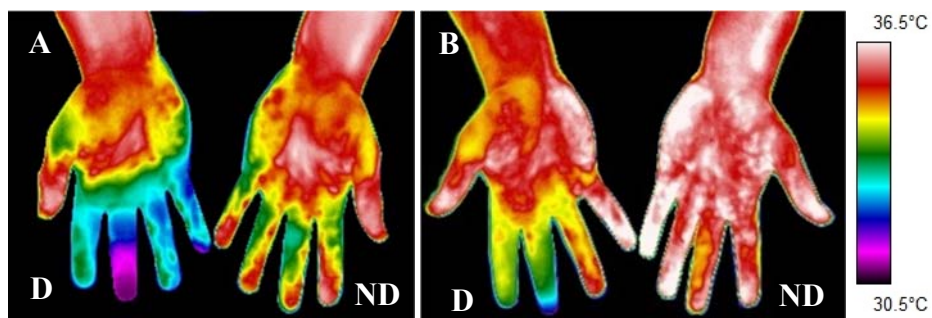
Anexo 5. Fotografía basal (A) y post partido (B) de dos de los pelotaris estudiados

Pelotari 1



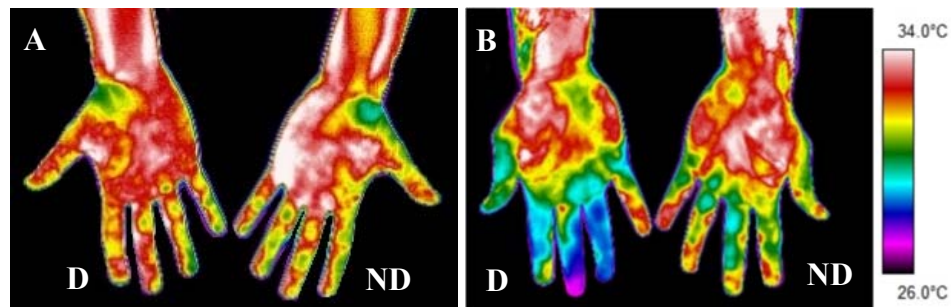
D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

Pelotari 2



D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

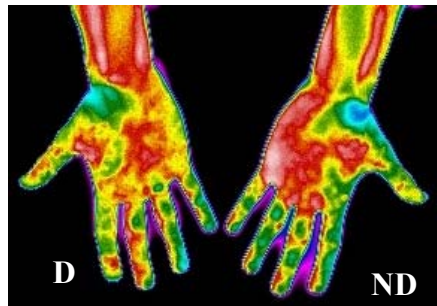
Anexo 6. Fotografías en basal de un participante control (A) y un pelotari (B)



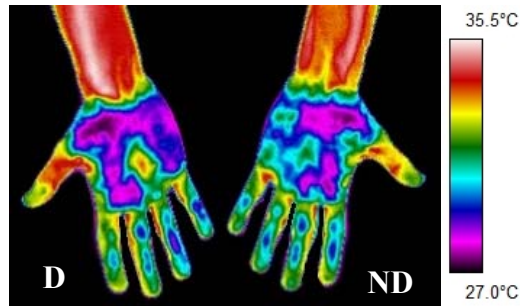
D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

Anexo 7. Imágenes de recuperación de temperatura después de prueba de estrés frío en un control y dos pelotaris estudiados

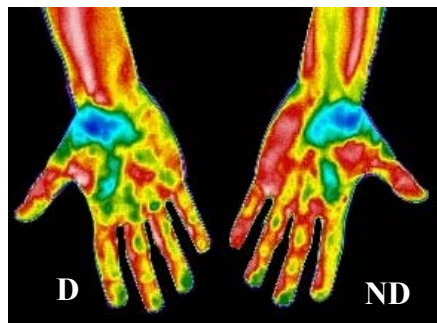
Control



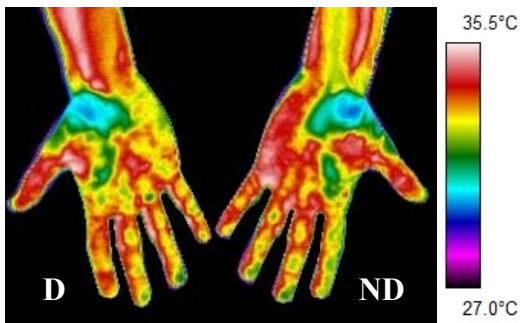
a. Imagen basal



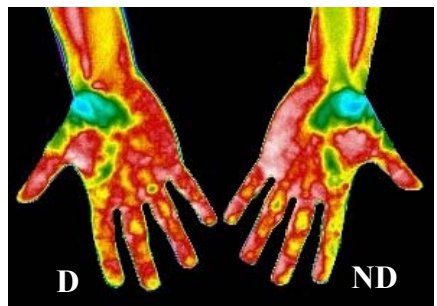
b. Imagen justo después de prueba, minuto 0



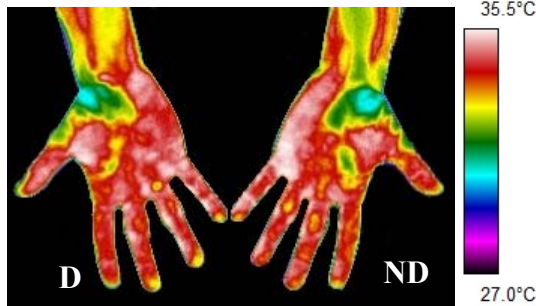
c. Imagen después de prueba, minuto 1



d. Imagen después de prueba, minuto 2



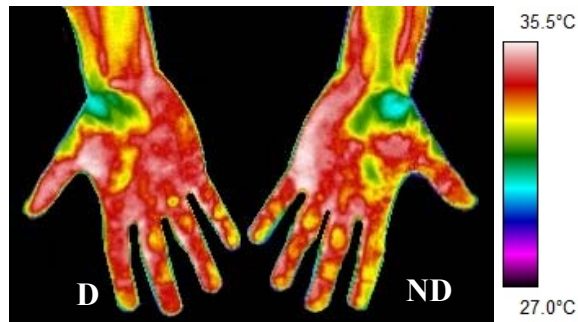
e. Imagen después de prueba, minuto 3



f. Imagen después de prueba, minuto

D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

Control (*continuación*)

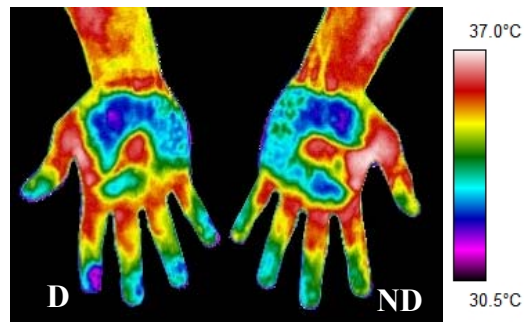


g. Imagen después de prueba, minuto 5

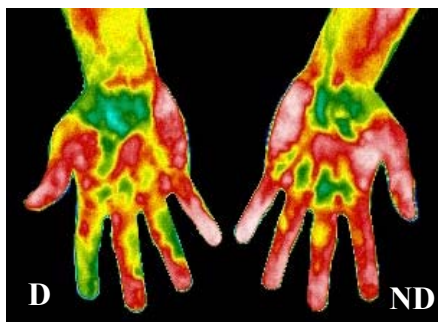
Pelotari pre



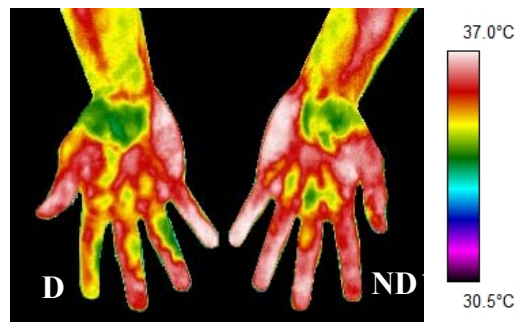
a. Imagen basal



b. Imagen justo después de prueba, minuto 0



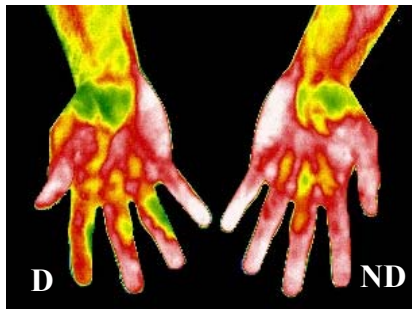
c. Imagen después de prueba, minuto 1



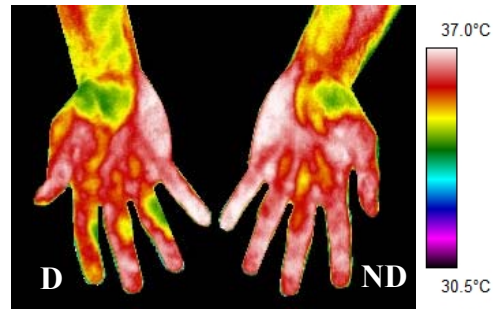
d. Imagen después de prueba, minuto 2

D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

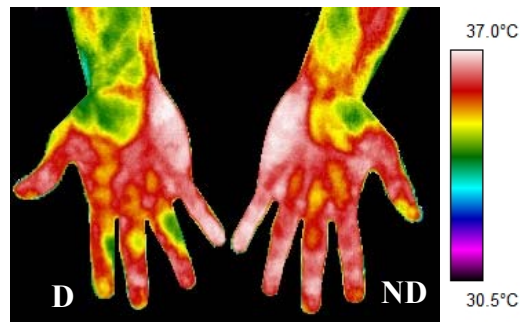
Pelotari Pre (continuación)



e. Imagen después de prueba, minuto 3

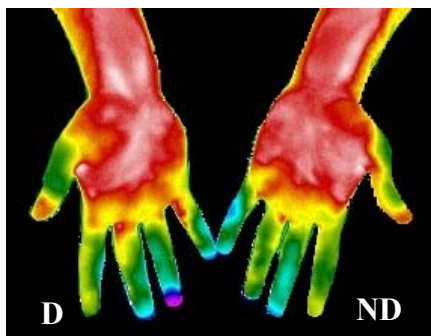


f. Imagen después de prueba, minuto 3

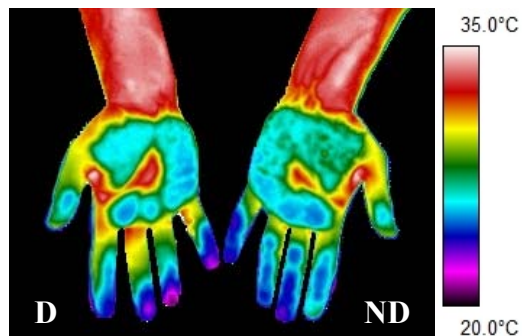


g. Imagen después de prueba, minuto 5

Pelotari post



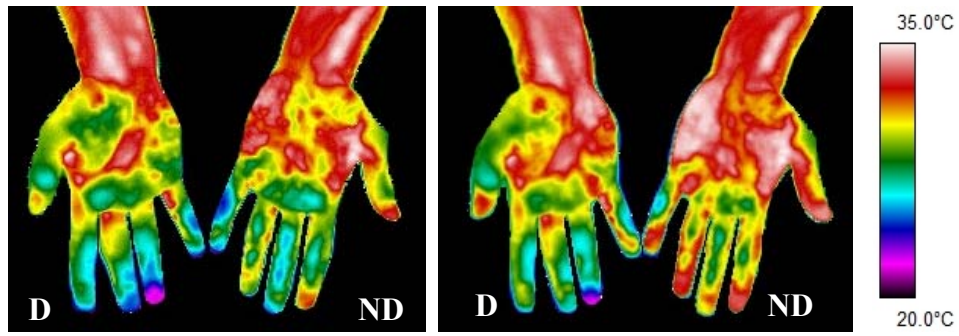
a. Imagen post partido



b. Imagen justo después de prueba, minuto 0

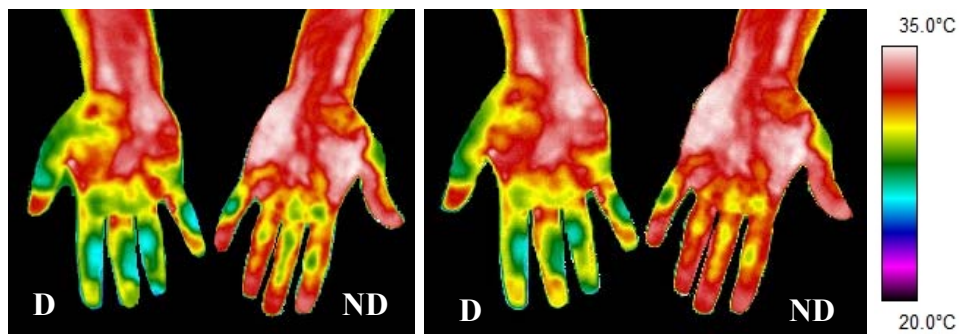
D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

Pelotari post (continuación)



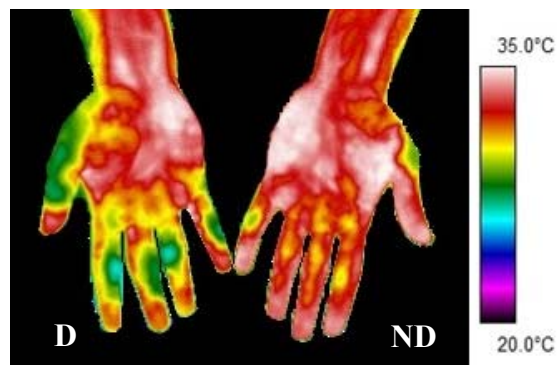
c. Imagen después de prueba, minuto 1

d. Imagen después de prueba, minuto 2



e. Imagen después de prueba, minuto 3

f. Imagen después de prueba, minuto 4



g. Imagen después de prueba, minuto 5

D: Mano dominante; ND: Mano no dominante

Anexo 8. Resultados de las regresiones lineales en prueba de estrés frío.

ROI	Grupo	IC 95%						IC 95%				
		r ²	r	Pendiente (°C)	Error a (°C)	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Constante (°C)	Error b (°C)	Lím. Inf.	Lím. Sup.	
PulgarD	0	0,96	0,98	0,26 ^a	0,02	0,19	0,32	-0,27 ^a	0,05	-0,42	-0,13	
	1	0,99	1,00	0,44 ^b	0,02	0,38	0,51	0,90 ^c	0,05	0,77	1,04	
	2	0,96	0,98	0,33 ^{ab}	0,03	0,24	0,42	0,16 ^b	0,07	-0,04	0,35	
PulgarND	0	0,97	0,98	0,30	0,03	0,22	0,38	-0,48 ^a	0,06	-0,65	-0,30	
	1	0,98	0,99	0,37	0,02	0,31	0,43	1,07 ^c	0,05	0,94	1,20	
	2	0,98	0,99	0,33	0,03	0,25	0,40	0,07 ^b	0,06	-0,08	0,23	
ÍndiceD	0	0,94	0,97	0,29	0,04	0,19	0,39	-0,34 ^a	0,08	-0,56	-0,12	
	1	0,90	0,95	0,42	0,07	0,22	0,62	0,79 ^b	0,15	0,36	1,21	
	2	0,94	0,97	0,53	0,07	0,34	0,73	-0,40 ^a	0,15	-0,82	0,02	
ÍndiceND	0	0,98	0,99	0,34 ^a	0,03	0,27	0,42	-0,66 ^a	0,06	-0,81	-0,51	
	1	0,99	1,00	0,55 ^b	0,02	0,49	0,61	1,10 ^b	0,05	0,97	1,23	
	2	0,96	0,98	0,56 ^{ab}	0,06	0,39	0,72	-0,37 ^a	0,13	-0,72	-0,01	
MedioD	0	0,85	0,92	0,24	0,05	0,10	0,38	-0,21 ^{ab}	0,11	-0,50	0,09	
	1	0,87	0,94	0,37	0,07	0,18	0,57	0,36 ^b	0,15	-0,07	0,78	
	2	0,93	0,96	0,54	0,07	0,33	0,74	-0,60 ^a	0,16	-1,04	-0,16	
MedioND	0	0,96	0,98	0,31	0,03	0,22	0,41	-0,53 ^a	0,07	-0,72	-0,33	
	1	0,96	0,98	0,56	0,06	0,39	0,73	1,15 ^b	0,13	0,80	1,50	
	2	0,94	0,97	0,53	0,07	0,34	0,71	-0,62 ^a	0,14	-1,01	-0,23	
AnularD	0	0,89	0,94	0,32	0,06	0,17	0,48	0,16	0,12	-0,18	0,49	
	1	0,89	0,94	0,53	0,09	0,27	0,79	0,43	0,20	-0,12	0,99	
	2	0,96	0,98	0,60	0,06	0,43	0,78	-0,45	0,13	-0,83	-0,08	
AnularND	0	0,94	0,97	0,38 ^a	0,05	0,24	0,51	-0,48 ^a	0,10	-0,76	-0,19	
	1	0,99	1,00	0,64 ^b	0,03	0,55	0,73	0,90 ^b	0,07	0,71	1,09	
	2	0,97	0,98	0,61 ^{ab}	0,06	0,46	0,77	-0,60 ^a	0,12	-0,93	-0,27	

a<b<c; D: dominante; ND: No dominante.

Grupos: 0: Pelotari pre partido; 1: Pelotari post partido; 2: Control

Anexo 8. Resultados de las regresiones lineales en prueba de estrés frío.

(continuación)

ROI	Grupo	r ²	r	Pendiente (°C)	Error a (°C)	IC 95%		Constante (°C)	Error b (°C)	IC 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.			Lím. Inf.	Lím. Sup.
MeñiqueD	0	0,97	0,98	0,41 ^a	0,04	0,31	0,51	0,50 ^b	0,08	0,29	0,72
	1	0,99	1,00	0,64 ^b	0,03	0,55	0,72	0,78 ^b	0,07	0,60	0,97
	2	0,98	0,99	0,65 ^b	0,05	0,51	0,79	-0,30 ^a	0,11	-0,60	-0,01
MeñiqueND	0	0,98	0,99	0,37 ^a	0,03	0,29	0,44	-0,28 ^a	0,06	-0,44	-0,12
	1	0,99	1,00	0,60 ^b	0,02	0,54	0,66	0,92 ^b	0,05	0,78	1,05
	2	0,98	0,99	0,65 ^b	0,05	0,51	0,79	-0,40 ^a	0,11	-0,70	-0,11
TenarD	0	0,99	0,99	0,32	0,02	0,27	0,37	-1,26 ^a	0,04	-1,37	-1,15
	1	0,95	0,98	0,50	0,05	0,34	0,65	-0,53 ^b	0,12	-0,86	-0,21
	2	0,95	0,98	0,46	0,05	0,32	0,60	-1,10 ^a	0,11	-1,40	-0,80
TenarND	0	1,00	1,00	0,37 ^a	0,01	0,33	0,41	-1,09 ^a	0,03	-1,17	-1,02
	1	0,99	0,99	0,49 ^b	0,03	0,42	0,57	-0,26 ^b	0,06	-0,42	-0,11
	2	0,96	0,98	0,49 ^a _b	0,05	0,35	0,64	-1,15 ^a	0,11	-1,45	-0,84
PalmaD	0	0,97	0,98	0,39	0,03	0,29	0,49	-0,78	0,07	-0,99	-0,57
	1	0,96	0,98	0,60	0,06	0,43	0,77	-0,48	0,13	-0,85	-0,12
	2	0,95	0,98	0,62	0,07	0,42	0,82	-1,10	0,15	-1,53	-0,68
PalmaND	0	0,99	1,00	0,44	0,02	0,38	0,50	-1,01 ^a	0,04	-1,14	-0,89
	1	0,99	0,99	0,66	0,04	0,55	0,77	-0,42 ^b	0,09	-0,66	-0,18
	2	0,97	0,98	0,64	0,06	0,48	0,81	-1,17 ^a	0,13	-1,53	-0,81
MuñecaD	0	0,49	0,70	0,03	0,01	-0,01	0,06	-0,30 ^a	0,03	-0,38	-0,22
	1	0,57	0,75	0,09	0,04	-0,02	0,20	0,23 ^b	0,08	0,00	0,46
	2	0,15	0,39	0,03	0,04	-0,08	0,14	-0,33 ^a	0,08	-0,56	-0,10
MuñecaND	0	0,18	0,42	0,02	0,02	-0,03	0,06	-0,37 ^a	0,03	-0,46	-0,27
	1	0,73	0,85	0,14	0,04	0,02	0,25	0,13 ^b	0,09	-0,12	0,38
	2	0,13	0,36	0,04	0,05	-0,10	0,18	-0,33 ^a	0,11	-0,64	-0,03

a<b<c; D: dominante; ND: No dominante.

Grupos: 0: Pelotari pre partido; 1: Pelotari post partido; 2: Control