

ORIGINAL

## Efectos de la electrolisis percutánea en el tendón rotuliano sobre la temperatura local y contralateral medida con termografía infrarroja

Óscar Carvajal Fernández<sup>a,\*</sup>, David Álvarez Prats<sup>a</sup>, Francesc Medina i Mirapeix<sup>b</sup> y Francisco Minaya Muñoz<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*Clinica Fisioterapia Océano, Madrid, España*

<sup>b</sup>*Departamento de Fisioterapia, Universidad de Murcia, Murcia, España*

<sup>c</sup>*MVclinic, Madrid, España; Facultad de Medicina, Universidad San Pablo CEU, Madrid, España*

### PALABRAS CLAVE

Electrolisis percutánea musculo-esquelética; Termografía infrarroja; Circulación cutánea

### Resumen

**Objetivos:** Valorar el efecto que tiene la aplicación de la técnica de electrolisis percutánea musculo-esquelética en el tendón rotuliano sobre la modificación del flujo sanguíneo cutáneo de la rodilla intervenida y su contralateral a lo largo de los 30 minutos posteriores a la aplicación.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio experimental no aleatorizado con dos grupos de sujetos voluntarios: grupo electrolisis (n = 19) y grupo control (n = 14). Se realizaron tomas de imágenes termográficas del área de ambas rodillas en cuatro tiempos diferentes (antes de la intervención, inmediatamente después de la intervención, a los 15 minutos y a los 30 minutos). También se valoró la sensación subjetiva de dolor percibido mediante la escala analógica visual y la actitud de miedo-aprehensión.

**Resultados:** Tras la aplicación del procedimiento en el tendón rotuliano, se observaron cambios térmicos en el grupo electrolisis con un patrón de comportamiento no homogéneo, también se observaron cambios en la rodilla contralateral a la intervenida de características similares a la rodilla sometida a intervención.

**Discusión:** Los cambios térmicos que se producen en el grupo electrolisis tanto en la rodilla intervenida como en la contralateral sólo pueden explicarse por mecanismos neurológicos periféricos y centrales.

**Conclusiones:** La técnica de la electrolisis percutánea musculo-esquelética en el tendón rotuliano produce cambios térmicos mediados por mecanismos centrales, tanto en el área cutánea de la rodilla de aplicación como en la contralateral. Los patrones de respuesta obtenidos, a pesar de ser heterogéneos, están condicionados por el estado patológico del tendón y la aprehensión mostrada durante la intervención.

© 2016 MVclinic. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo open access distribuido bajo los términos de la licencia CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [info@fisioterapiaoceano.es](mailto:info@fisioterapiaoceano.es) (O. Carvajal Fernández).

**KEYWORDS**

Percutaneous needle electrolysis;  
Infrared thermography;  
Cutaneous blood flow

## Effects of percutaneous needle electrolysis in patellar tendon on local and contralateral temperature measure with infrared thermography

**Abstract**

**Objectives:** Assess the effect of the application of the technique of percutaneous needle electrolysis in the patellar tendon on the modification of cutaneous blood flow of the intervention knee and contralateral over 30 minutes after application.

**Material and Methods:** An experimental study non-randomized was carried out, consisting of two groups: electrolysis group (n = 19) and control group (n = 14). The thermographic images were performed in the area of both knees in four different intervals of time: pre-intervention, immediate, fifteen minutes and thirty minutes post-intervention. The subjective feeling of perceived pain by visual analogue scale and the attitude of fear-apprehension are also assessed.

**Results:** After application of the procedure in the patellar tendon, thermal changes were observed in the electrolysis group with a pattern of no homogeneous behavior, changes were also observed in the contralateral knee similar to intervention knee.

**Discussion:** Thermal changes that occur in the electrolysis group in both knees, intervention and contralateral, only can be explained by peripheral and central neurological mechanisms.

**Conclusions:** Percutaneous needle electrolysis in the patellar tendon produces thermal changes through central mechanisms, both on the cutaneous area of the intervention knee and in the contralateral. Response patterns obtained, despite being heterogeneous, are conditioned by the pathological condition of the tendon and the apprehension shown during intervention.

© 2016 MVClinic. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

La electrolisis percutánea musculoesquelética (EPM) es una técnica de fisioterapia invasiva que consiste en la aplicación ecoguiada de una corriente galvánica a través de una aguja de punción que produce en el tejido blando neuromusculoesquelético un efecto analgésico y un proceso inflamatorio local, permitiendo la fagocitosis y la reparación del tejido afectado<sup>1,2</sup>. Actualmente existen trabajos que han demostrado buenos resultados clínicos de la electrolisis<sup>3-6</sup>, aunque, hay pocas publicaciones sobre los efectos fisiológicos de la técnica<sup>7-9</sup> y, en consecuencia, existe la necesidad de profundizar en este aspecto.

Un método para comprobar los efectos fisiológicos de las intervenciones conservadoras e invasivas es la medición de la temperatura cutánea<sup>10</sup>. La temperatura de la piel es un reflejo de la cantidad de flujo sanguíneo cutáneo<sup>11</sup> que está regulado por el sistema nervioso simpático y otros mecanismos locales, por este motivo el empleo de esta variable de medición proporcionará información sobre los efectos vasculares cutáneos que produce la electrolisis percutánea e indirectamente de su efecto sobre el sistema nervioso<sup>12</sup>.

La termografía infrarroja es una herramienta que permite medir y visualizar en tiempo real la temperatura cutánea<sup>13</sup>. Ha sido validada por diferentes autores para su aplicación musculoesquelética<sup>14</sup>. Calin et al., en una revisión realizada entre 2004 y 2014 de la efectividad de la termografía en el diagnóstico y monitorización de las patologías de rodilla (entre las que se incluyen osteoartritis, artritis reumatoide, patología ligamentaria, patología tendinosa y artroplastia de rodilla), concluyen que la termografía infrarroja tiene una especificidad del 89% y una

sensibilidad del 90%<sup>14</sup>. Por otro lado, Hildebrandt et al.<sup>13</sup> obtienen en un estudio un coeficiente de correlación intraclases (ICC) que indica una buena fiabilidad intraexaminador en mediciones de la región anterior de la rodilla en días consecutivos.

La termografía infrarroja ya ha sido empleada por otros autores con el objetivo de recoger cambios en la temperatura cutánea tras la aplicación de técnicas de fisioterapia invasiva, como la acupuntura o la punción seca de puntos gatillo miofasciales<sup>15-17</sup>. Sin embargo, no hay ningún estudio que relacione la aplicación de electrolisis percutánea con variaciones de la temperatura cutánea. Dichos cambios térmicos permitirían evaluar el efecto local y a distancia de la técnica, así como analizar el patrón de cambio térmico con el paso del tiempo que pudiera describir la respuesta fisiológica asociada a la intervención.

El objetivo principal de este estudio fue valorar el efecto que tiene la aplicación de la técnica de EPM en el tendón rotuliano sobre la modificación del flujo sanguíneo cutáneo de la rodilla intervenida y su contralateral a lo largo de los 30 minutos posteriores a la aplicación. En concreto, nuestras preguntas fueron las siguientes: a) ¿en algún momento de los 30 minutos se producen en la rodilla intervenida cambios en la temperatura cutánea diferentes a los normales producidos en rodillas de sujetos que no reciben EPM? b) ¿qué trayectorias de cambio térmico se producen en las rodillas intervenidas durante los 30 minutos? c) ¿cuál es el porcentaje de sujetos con cambio al final del periodo en la rodilla intervenida? d) ¿es dicho patrón de cambio homogéneo en los periodos intermedios más cortos (p. ej., entre 15 y 30 minutos)? y e) ¿difiere la cantidad y el patrón de cambio acontecido entre la rodilla intervenida y la contralateral a lo largo de los 30 minutos?

## Material y métodos

### Diseño y sujetos del estudio

Se realizó un estudio experimental no aleatorizado con dos grupos (experimental y control). El grupo experimental (GE) recibió EPM sobre el tendón rotuliano de una rodilla y el grupo control (GC) no recibió ninguna intervención. La medición de resultados se realizó igual en ambos grupos, en los mismos tiempos (antes de la intervención [PRE], después de la intervención [T0], a los 15 minutos de la intervención [T15] y los 30 minutos [T30]) y en las mismas posiciones. El Comité de Ética de Investigación (CEI) de la Universidad CEU San Pablo aprobó el estudio, el cual cumple con todos los principios establecidos en la Declaración de Helsinki.

Los sujetos del estudio fueron participantes voluntarios mayores de 18 años reclutados entre pacientes de la clínica de fisioterapia Océano (Móstoles-Madrid-España) por fisioterapeutas de la misma. Los criterios de exclusión fueron: *i*) presentar patologías sistémicas, y *ii*) estar tomando sustancias y fármacos que pudieran alterar el comportamiento fisiológico normal del sistema nervioso y/o vascular y por tanto pudieran ocasionar alteraciones en el flujo vascular cutáneo. Todos los sujetos firmaron el correspondiente consentimiento informado para participar en el estudio.

### Intervenciones de fisioterapia

Todos los sujetos (GE y GC) se sometieron a una esterilización del área de aplicación y a una aclimatación de 15 minutos de duración estando en bipedestación con las piernas descubiertas en una sala a 22-24 °C y cumpliendo así con los criterios para la realización de estudios termográficos, según lo establecido en la guía de la Academia Americana de Termografía Clínica<sup>18</sup>.

Posteriormente, los sujetos del GE se sometieron a un abordaje no ecoguiado (para evitar la presencia de artefactos en las imágenes térmicas) en posición de decúbito supino con flexión de 30° de la rodilla mantenida por un elemento semirrígido situado a un centímetro del pico de la rótula con una inclinación de 45°<sup>19</sup>. La rodilla seleccionada para la intervención fue preferentemente aquella con signos ecográficos de patología tendinosa, o en su defecto aquella en la que el paciente presentara más síntomas. En caso de ausencia de signos o síntomas en ambas rodillas se seleccionó una rodilla aleatoriamente. Se utilizaron agujas estériles y de un solo uso (aguja Physio Invasiva® 0,30 × 0,30 mm) y el equipo Physio Invasiva® (Grupo PRIM, Madrid, España) (fig. 1). Se aplicaron 3 impactos de 3 mA durante 3 segundos y a continuación se retiraba la aguja.

Los pacientes del GC no recibieron ninguna intervención, salvo adoptar y permanecer en las mismas posiciones y durante el mismo tiempo que los sujetos del GE: antes, durante y después de la aplicación de la EPM.

### Mediciones realizadas

La principal variable medida fue la temperatura media en grados centígrados, la cual se midió pre-intervención, en la post-intervención inmediata (T0) y al cabo de los 15 y 30 minutos. Esta variable se midió en ambas rodillas de los sujetos del GE (sometida o no a intervención) y en una rodilla



Figura 1 Equipo y agujas Physio Invasiva® (Grupo PRIM).

del GC. También se midió la intensidad subjetiva de dolor percibido por el sujeto tras la intervención (mediante la escala analógica visual, de 0 a 10, donde 0 indica ausencia de dolor y 10 el dolor máximo) y la actitud de miedo-aprehensión de forma cualitativa (Sí o No).

La medición se realizó mediante la toma de imágenes con una cámara termográfica Flir E60 (FLIR Systems, Inc; Wilsonville; USA; resolución 320 × 240; lente FOL18; número de serie 64509645099). Tras la aclimatación se recogió una primera toma de imágenes basales (previas a la intervención) del área de la cara anterior de ambas rodillas con el sujeto en bipedestación. Inmediatamente después se sometió al paciente a la intervención (electrolisis o no intervención) en posición supina. El tiempo durante el cual el sujeto permanecía en la camilla era de 2 minutos en todos los grupos. Se prosiguió el estudio realizando tres tomas más en bipedestación, en los tiempos 0-15-30 minutos. Durante todo el procedimiento se mantuvo un cuidado absoluto en las aclimataciones para que el sujeto no alterase sus imágenes por contacto o movimientos innecesarios, dado que el procedimiento dura aproximadamente 50 minutos.

Todas las series de imágenes (previas a la intervención y en los tiempos 0-15-30 minutos) se miden según marca el protocolo Glamorgan<sup>20</sup> para imágenes médicas haciendo para ello uso del *software* Flir tools plus (*Quick Report*) recogiendo las temperaturas medias de cada área estudiada en cada uno de los cuatro tiempos del estudio (fig. 2). Todas las mediciones y su interpretación fueron realizadas indistintamente por dos fisioterapeutas experimentados en termografía infrarroja.

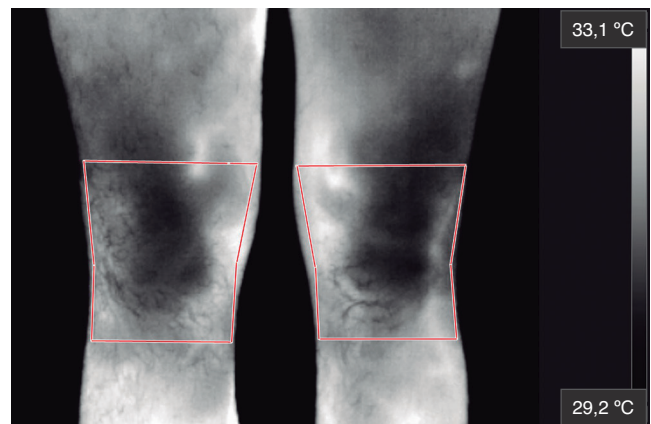


Figura 2 Regiones de interés en cara anterior de rodillas según protocolo Glamorgan.

## Análisis estadístico

Se establecieron tres patrones de cambio (aumento, descenso y sin cambios) y tanto para el periodo global (pre-T30) como para los periodos intermedios (pre-T0; T0-T15; T15-T30). Los patrones se determinaron en base a la magnitud de cambio de temperatura máxima y mínima alcanzada por los sujetos controles desde el inicio hasta el final de cada periodo. Así, cuando en un sujeto se alcanzó entre el inicio y el final del periodo un cambio de temperatura superior al valor máximo de los controles se clasificó como patrón de aumento; si fue inferior al valor mínimo de los controles se clasificó como patrón de descenso; y si no superó ninguno de los valores de referencia se clasificó como patrón de sin cambios.

Las rodillas intervenidas también fueron clasificadas en trayectorias basadas en cambios de temperatura entre el tiempo previo a la intervención (*baseline*) y los 30 minutos posteriores. Se establecieron tres modelos de trayectoria: aquellas rodillas en las que se observó un descenso inicial en el T0, aquellas en las que se produjo un aumento inicial y finalmente aquellas en las que no hubo cambios en T0. A partir de estos modelos, las rodillas de los sujetos se clasificaron en seis trayectorias diferentes en función de si a los 30 minutos se observaba un patrón de aumento, de descenso o sin cambios con respecto al momento previo a la intervención.

Se utilizaron estadísticos descriptivos para caracterizar los sujetos que eran intervenidos y los controles, así como sus límites de normalidad, patrones y trayectorias de cambio. Se utilizó la Ji cuadrado o distribución de Pearson para examinar si había diferencias entre los patrones de cambio de las rodillas intervenidas y contralaterales, y la t de Student para muestras apareadas (o la prueba de Wilcoxon si

aquella no era pertinente) para comparar las magnitudes de cambio en cada periodo analizado.

## Resultados

### Población de estudio

En el estudio participaron 33 sujetos voluntarios, 19 en el GE y 14 en el GC, con edades que estaban comprendidas entre los 20 y los 42 años, de los cuales 4 eran mujeres y 29 hombres. La tabla 1 muestra que los GE y GC fueron comparables respecto a estas características, así como en lo que respecta a la temperatura basal y la presencia de tendinopatía. Además, la tabla también muestra la intensidad del dolor experimentado por el GE en la rodilla intervenida (media 5,1; desviación típica 1,78), la frecuencia de aprehensión y los valores de cambio de temperatura mínimo y máximo experimentados por el grupo control en el periodo global y en cada uno de los subperiodos. Dichos valores sirvieron como límites de normalidad a partir de los cuales se consideró presencia de cambio en las rodillas del GE.

### Trayectorias y patrones de cambio de la temperatura en la rodilla sometida a EPM

Todas las rodillas intervenidas excepto una experimentaron un cambio de temperatura superior a los límites de variación experimentados por los participantes en el GC. En la figura 3 puede verse la trayectoria de cambio en esta rodilla (trayectoria 1) entre el momento previo a la intervención y el inmediatamente posterior a la misma (T0), así como entre éste y el T30. El resto de las 18 rodillas experimentaron cambio superior a la normalidad en alguno de esos periodos

**Tabla 1** Características básicas de los participantes en los grupos experimental y control

Características	Grupo experimental* (n = 19)	Grupo control* (n = 14)
• Edad (años)	37,0 (4,39)	34,9 (6,36)
• Sexo, n (%)	Hombre, n = 19 (100%) Mujer, n = 0 (0%)	Hombre, n = 10 (71,4%) Mujer, n = 4 (28,6%)
• Con tendinopatía en rodilla, n (%)		
- Intervenida o control	n = 6 (31,6%)	n = 3 (21,4%)
- Contralateral	n = 2 (10,5%)	-
• Temperatura basal en rodilla		
- Intervenida o control	30,3 (1,42)	30,7 (1,28)
- Contralateral	30,3 (1,47)	-
• Intensidad de dolor durante aplicación	5,1 (1,78)	-
• Con aprehensión a la aplicación, n (%)	n = 5 (26,3%)	-
• Cantidad de cambio de temperatura entre periodos, rango (mínimo; máximo)		
- Entre basal y T30	-	1,5 (-1,3; 0,2)
- Entre basal y T0	-	0,2 (0; 0,2)
- Entre T0 y T15	-	1,3 (-1,2; 0,1)
- Entre T15 y T30	-	0,8 (-0,6; 0,2)

\*Los valores indican media (desviación típica) salvo que se indique otro estadístico.

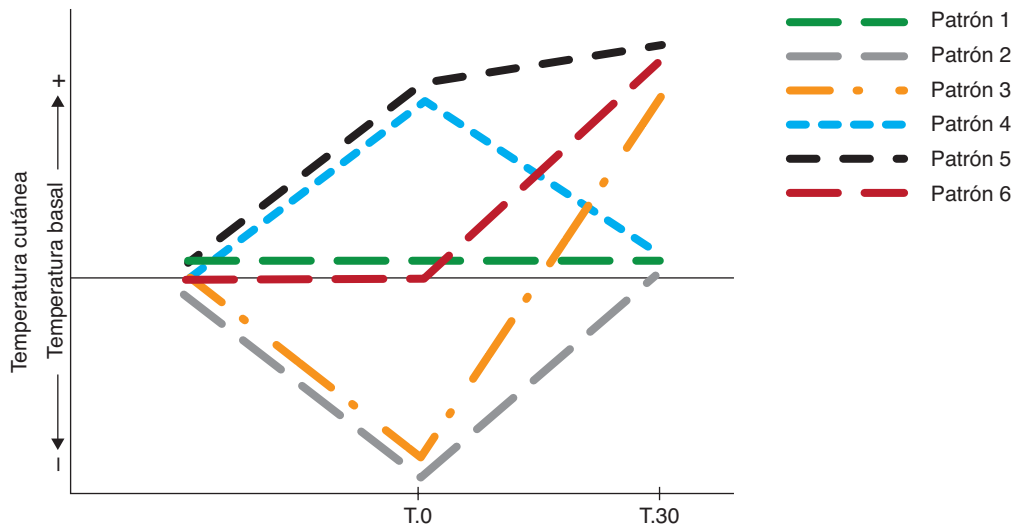


Figura 3 Descripción gráfica de las distintas trayectorias de las rodillas intervenidas en el grupo experimental.

intermedios. Se identificaron hasta 5 trayectorias adicionales entre las 18 rodillas:

- Hubo dos trayectorias en las que se produjo un descenso inicial de la temperatura en el tiempo 0: la trayectoria 2 (n = 5) en la que posteriormente en el T30 se produce una recuperación de los valores basales; la trayectoria 3 (n = 5) en la que se produce un aumento posterior de la temperatura que supera los valores basales más allá del límite de normalidad.
- Hubo dos trayectorias en las que se produjo un incremento inicial de la temperatura en el tiempo 0: la trayectoria 4 (n = 4) en la que posteriormente en el T30 se produce una recuperación de los valores basales; la trayectoria 5 (n = 1) en la que se mantiene ese incremento de la temperatura.
- En la trayectoria 6 (n = 3) no se produjo ningún cambio en el tiempo 0, al igual que en la trayectoria 1, sin embargo, sí hubo un aumento posterior en el T30.

La intensidad del dolor no varió entre los sujetos vinculados a uno u otro patrón, aunque sí hubo relación significativa entre la trayectoria 2 (descenso inicial seguido de una recuperación de los valores basales) y los sujetos que manifestaron aprehensión a la intervención n = 5 (26,3%).

Como consecuencia de todas esas trayectorias de cambio, al finalizar el periodo global (periodo pre-30), un 47,4% de los sujetos experimentaron en la rodilla intervenida un incremento de la temperatura cutánea más allá del intervalo de normalidad acontecido en el grupo control (fig. 4). Dicho patrón de cambio fue diferente al acontecido en los perio-

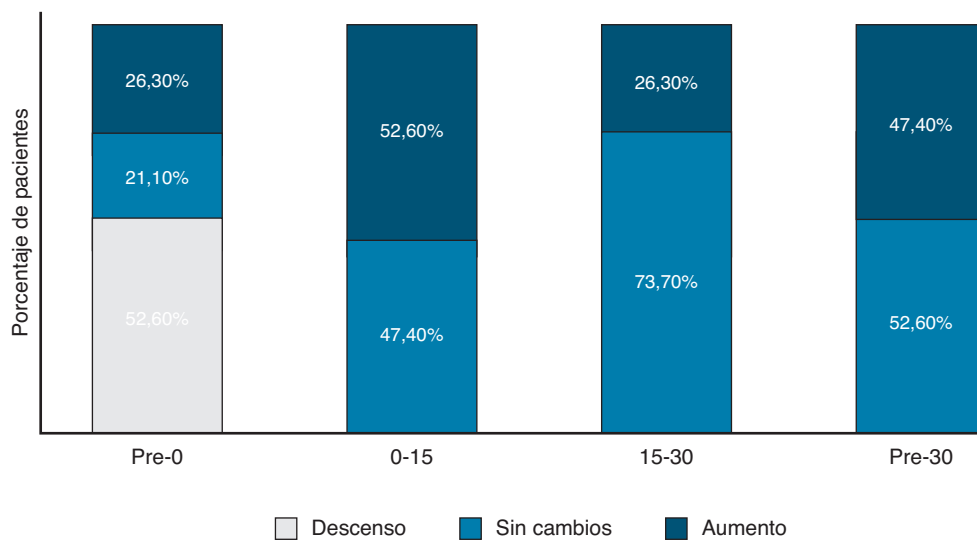


Figura 4 Descripción de patrones de cambio de la temperatura cutánea en el periodo global (pre-30) y en cada uno de los periodos intermedios. (La existencia o no de cambio en cada periodo se fijó respecto a los límites de normalidad acontecidos en los controles.)

dos intermedios. Asimismo, los periodos intermedios no mantuvieron entre sí un patrón homogéneo. Cabe destacar que el único periodo en el que se produce un patrón de descenso es en el periodo inicial (pre-0).

### Magnitud y patrones de cambio en la rodilla contralateral respecto a la intervenida

La tabla 2 muestra la cantidad de aumento o descenso de temperatura producido en la rodilla intervenida y la contralateral en aquellos sujetos que experimentaron un patrón decreciente o creciente en la rodilla intervenida en cada periodo estudiado (pre-30, pre-0, 0-15, 15-30). Puede observarse que entre ambas rodillas no hay diferencias estadísticamente significativas en los intervalos pre-0, 0-15, 15-30 ( $p > 0,05$ ), siendo así el comportamiento en estos periodos similar entre la rodilla intervenida y la contralateral. Sin embargo, en el periodo global pre-30 existen diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,034$ ).

La tabla 3 compara el porcentaje de sujetos del GE que han sufrido aumento, descenso o ausencia de cambio de la temperatura en la rodilla intervenida y la contralateral en cada uno de los periodos (pre-30, pre-0, 0-15, 15-30). No se

observan diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de ambos grupos ( $p > 0,05$ ), por lo que se puede afirmar que el patrón de cambio de ambas rodillas es similar.

### Discusión

Según nuestros conocimientos, este es el primer estudio en el que se valoran los cambios térmicos de la parte anterior de la rodilla tras la aplicación de EPM en el tendón rotuliano. Nuestro estudio evidenció que en algún momento de los primeros 30 minutos tras la aplicación de la EPM se producen cambios en la temperatura cutánea de la zona que son superiores a los que se producen en los sujetos del GC. Además, el estudio evidenció que la respuesta de cambio inicial y tardío durante los 30 minutos varía notablemente entre sujetos, habiéndose identificado hasta seis trayectorias diferentes que condujeron a un patrón de cambio no homogéneo entre periodos. Por último, nuestro estudio también aporta evidencia de que la magnitud y el patrón de cambio acontecidos en la rodilla contralateral son similares a los que muestra la rodilla intervenida.

**Tabla 2** Magnitud del cambio de temperatura producido en la rodilla intervenida y su contralateral entre los sujetos que experimentaron cambio en la rodilla intervenida en cada uno de los periodos del estudio

Sujetos y periodos	Rodilla intervenida*	Rodilla contralateral*	Valor p
<b>Sujetos con patrón creciente</b>			
• Entre pre-intervención y T30	0,53 (0,14)	0,31 (0,25)	0,034
• Entre pre-intervención y T0	0,36 (0,054)	0,26 (0,11)	0,059
• Entre T0 y T15	0,41 (0,24)	0,24 (0,37)	0,065
• Entre T15 y T30	0,4 (0,14)	0,24 (0,28)	0,461
<b>Sujetos con patrón decreciente</b>			
• Entre pre-intervención y T0	-0,28 (0,19)	-0,35 (0,25)	0,14

\*Los valores indican media (desviación típica) salvo que se indique otro estadístico.

**Tabla 3** Frecuencia en la que se producen patrones de cambio en la temperatura cutánea en los sujetos del grupo experimental, en el periodo global (pre-30) y en cada uno de los periodos intermedios

Patrones de cambio por periodos	Rodilla intervenida	Rodilla contralateral	Valor p
<i>Entre pre-intervención y T30</i>			
• Sin cambios	10 (52,6%)	10 (52,6%)	1
• Aumento	9 (47,4%)	9 (47,4%)	
<i>Entre pre-intervención y T0</i>			
• Descenso	10 (52,6%)	9 (47,4%)	0,754
• Sin cambios	4 (21,1%)	6 (31,6%)	
• Aumento	5 (26,3%)	4 (21,1%)	
<i>Entre T0 y T15</i>			
• Sin cambios	9 (47,4%)	11 (57,9%)	0,746
• Aumento	10 (52,6%)	8 (42,1%)	
<i>Entre T15 y T30</i>			
• Sin cambios	14 (73,7%)	13 (68,4%)	1
• Aumento	5 (26,3%)	6 (31,6%)	



Este estudio tiene fortalezas metodológicas que queremos resaltar. En primer lugar, se utilizaron como umbral de cambio los valores máximo y mínimo alcanzado por sujetos controles con características similares y del mismo ámbito geográfico. En segundo lugar, y puesto que la temperatura cutánea se relaciona con la cantidad de flujo sanguíneo cutáneo y éste está regulado por el sistema nervioso autónomo simpático y por el hipotálamo<sup>21</sup>, existen diferentes factores que pueden variar el flujo sanguíneo cutáneo, como los procesos de termorregulación para mantener la homeostasis térmica interna y otros procesos no termorreguladores relacionados con las variaciones de la presión arterial y/o el ejercicio<sup>22</sup>. Así, en el estudio se intentó controlar estos factores, tanto en el GC como en el GE, realizando un proceso de aclimatación en una sala con la temperatura ambiente controlada, lo cual minimiza el efecto de los mismos. La única diferencia entre ambos grupos fue que el GE recibió la intervención EPM.

En la rodilla intervenida se han establecido hasta seis trayectorias de comportamiento. Hay que destacar que todos los sujetos de la trayectoria 2, en la que se produce vasoconstricción inicial en el tiempo 0 y recuperación basal en el tiempo 30, mostraron aprehensión durante la intervención. Este hecho podría explicarse por una activación del sistema nervioso autónomo simpático (lucha-huida)<sup>23-26</sup> que mantenga esa vasoconstricción cutánea a lo largo de los 30 minutos que duran las mediciones<sup>27</sup>, desconociéndose si posteriormente se produjo el aumento térmico asociado a la vasodilatación cutánea. Asimismo, todos los sujetos de la trayectoria 3, en la que se produce un descenso de la temperatura en el tiempo 0 y luego un incremento, presentaban hallazgos estructurales patológicos en el tendón intervenido. De los seis sujetos con tendón patológico a los que se aplicó EPM sólo uno mostró aprehensión a la intervención, y en lugar de la trayectoria 3 siguió la trayectoria 2. Las trayectorias 4 (n = 4), 5 (n = 1) y 6 (n = 3) corresponden a sujetos en los que en algún momento de los periodos de medición se constata una disminución del tono simpático (vasodilatación), y no se observa aumento del tono simpático en todo el proceso de medición. Estos sujetos no mostraron ningún tipo de aprehensión a la técnica a diferencia de los pertenecientes a la trayectoria 2, y todos ellos tenían un tendón sano a diferencia de los sujetos pertenecientes a la trayectoria 3.

Como ya se ha dicho, el patrón de cambio de temperatura en la rodilla intervenida no fue homogéneo entre los distintos periodos, esto puede ser debido a la competencia que existe entre los efectos locales y los efectos centrales provocados por la intervención. El patrón de cambio de la rodilla contralateral fue similar al de la rodilla intervenida. De forma general, se observa que hay sujetos que tienen una respuesta de descenso de la temperatura cutánea de forma bilateral, lo que sugiere una activación autonómica simpática de origen central<sup>28-30</sup>. Por otro lado, en algunos sujetos se produce una elevación de temperatura en ambas rodillas<sup>31-33</sup>. En la rodilla de evaluación esta vasodilatación puede tener su origen en la respuesta local al daño tisular producido por la aguja y al propio efecto inflamatorio de la electrolisis percutánea en el tejido como ya han demostrado estudios anteriores<sup>8-9</sup>. La cascada inflamatoria producida por la intervención produce la liberación de sustancias vasoactivas que pueden ser el origen de la vasodilatación cutánea<sup>34-35</sup>.

La presencia de patrones de respuesta similares entre rodillas sólo puede explicarse como una respuesta consensuada autonómica simpática de tipo central, la cual ya ha sido demostrada por autores como Ying et al. en un estudio donde se registraba con láser Doppler el efecto vascular contralateral ante estímulos mecánicos<sup>31</sup>. Marshall et al. también demostraron el efecto central vasodilatador en su estudio del año 1991, donde mediante la estimulación térmica de una mano conseguían efectos vasculares en la otra<sup>32</sup>. Por último, en un estudio de acupuntura, Guangjun et al. produjeron efectos cutáneos vasculares contralaterales que explicaron por algún tipo de activación de mecanismos autonómicos e incluso del córtex somatosensorial<sup>33</sup>.

Respecto a la escala visual analógica, un aspecto llamativo es que no se observa ninguna relación entre la valoración del dolor expresada por el sujeto y el tipo de respuesta, pero sí entre la aprehensión y el patrón de vasoconstricción mantenido en el tiempo tras la aplicación como ya se ha comentado anteriormente. Cabe destacar también que tampoco existía ninguna correlación entre la escala visual analógica y el grado de aprehensión, la cual a veces no refleja la realidad que el paciente experimenta o el fisioterapeuta observa durante la aplicación de las técnicas invasivas en este caso<sup>24</sup>.

### Limitaciones del estudio

Una limitación importante del presente trabajo es que las muestras utilizadas en el GE y el GC eran heterogéneas con respecto a la presencia de patología tendinosa. Ello ha podido sesgar la respuesta, por lo que en un futuro puede ser necesario contar con un grupo de sujetos todos ellos con patología tendinosa. Otra limitación es que es posible que haya existido un sesgo de medición debido a la ausencia de enmascaramiento, es decir que los dos fisioterapeutas que participaron en el estudio conocían la naturaleza de la intervención y ambos realizaron indistintamente tanto las mediciones como las intervenciones, lo que pudo influir en los resultados obtenidos. Por último, la actitud de miedo-aprehensión se midió de forma cualitativa con un instrumento que no era sensible para detectar diferentes grados de aprehensión. En futuras investigaciones convendría utilizar la escala PPAS (*Personal Psychological Apprehension Scale*).

### Conclusiones

La técnica de EPM en el tendón rotuliano produce cambios térmicos mediados por mecanismos centrales, tanto en el área cutánea de la rodilla intervenida como en la contralateral. Los patrones de respuesta obtenidos, a pesar de ser heterogéneos, pueden estar condicionados por el estado patológico del tendón y la aprehensión mostrada durante la intervención. Futuras investigaciones deberían profundizar en este aspecto y validar los resultados preliminares obtenidos en el presente estudio.

### Agradecimientos

Queremos agradecer su colaboración a todos aquellos que han hecho posible este estudio.

## Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Valera F, Minaya F. Fisioterapia invasiva. Barcelona: Elsevier España, S.L.; 2013.
- Sánchez Ibáñez JM. Fisiopatología de la regeneración de los tejidos blandos. En: Fisioterapia del aparato locomotor. Barcelona: Mc Graw Hill; 2005.
- Valera F, Minaya FJ, Sánchez JM. Efectividad de la Electrólisis Percutánea Intratisular (EPI) en las tendinopatías crónicas del tendón rotuliano. *Trauma Fund MAPFRE* 2010;21(4):227-36.
- Valera-Garrido F, Minaya-Munoz F, Medina-Mirapeix F. Ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis in chronic lateral epicondylitis: short-term and long-term results. *Acupunct Med* 2014 Dec;32(6):446-54. [Citado 13 de agosto 2014]. Disponible en: doi: 10.1136/acupmed-2014-010619
- Sánchez-Ibáñez JM. Ultrasound guided percutaneous electrolysis (EPI®) in patients with chronic insertional patellar tendinopathy: a pilot study. 13th ESSKA 2000 Congress; 2008 May 21-24.
- Sánchez-Ibáñez JM. Tratamiento mediante Electrólisis Percutánea Intratisular (EPI) ecoguiada de una tendinopatía de Aquiles en un futbolista profesional. *Podología Clínica* 2008;(9)4: 118-27.
- De la Cruz B, Albornoz M, García P, Naranjo J. Autonomic responses to ultrasound guided percutaneous needle electrolysis of the patellar tendon in healthy male footballers. *Acupunct Med* 2016 Jan 20.
- Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, Sánchez-Ibáñez JM, García-Palencia P, Valderrama-Canales F, Medina-Mirapeix F. Comparison of the acute inflammatory response and proliferation of dry needling and electrolysis percutaneous intratissue (EPI) in healthy rat Achilles tendons. *British journal of sports medicine* 2013;47(9):29-31.
- Abat F, Valles SI, Gelber PE, Polidori F, Stitik TP, García-Herberos S. Mecanismos moleculares de reparación mediante la técnica Electrólisis Percutánea Intratisular en la tendinosis rotuliana. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología* 2014;58(4):201-5.
- Lee HM, Cohen M. Rehabilitation medicine and thermography. USA: Impress Publications; 2007.
- Merla A, Di Romualdo S, Di Donato L, Proietti M, Salsano F, Romani GI. Combined thermal and laser Doppler imaging in the assessment of cutaneous tissue perfusion. Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conference. 2007;2630-3.
- Anbar M. Quantitative dynamic telethermometry in medical diagnosis and management. USA: CRC Press; 1994.
- Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors* 2010;10(5):4700-15.
- Calin M, Mologhianu G, Savastru R, Calin M, Brailiescu C. A review of the effectiveness of thermal infrared imaging in the diagnosis and monitoring of knee diseases. *Infrared Physics & Technology* 2015;69:19-25.
- Diakow PR. Differentiation of active and latent trigger points by thermography. *J Manipulative Physiol Ther* 1992;15(7):439-41.
- Zhang D. A method of selecting acupoints for acupuncture treatment of peripheral facial paralysis by thermography. *American Journal of Chinese Medicine* 2007;35(6):967-75.
- Lo S. Meridians in acupuncture and infrared imaging. *Medical Hypotheses* 2002;58(1):72.
- Schwartz R. Guidelines for Neuro-Musculoskeletal Thermography and Infrared Sympathetic Skin Response (SSR) Studies. Greenville: American Academy of Thermology, [actualizado 2015; consultado 29/04/2016]. Disponible en: <http://aathermology.org/organization/guidelines/guidelines-for-neuro-musculoskeletal-thermography>
- Benito Domingo A. Aplicación ecoguiada vs. manual en los procedimientos de fisioterapia invasiva. [Trabajo fin de Máster]. Madrid, Spain: Universidad CEU-San Pablo; 2013.
- Ammer K. The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermol Int* 2008;18:125-9.
- Hamilton BL. An Overview of Proposed Mechanisms underlying Thermal Dysfunction. *Thermology* 1985;1:81-7.
- Johnson JM, Kellogg DL. Local thermal control of the human cutaneous circulation. *Journal of Applied Physiology* 2010; 109(4):1229-38.
- Cannon WB, Rosenblueth A. Autonomic neuro-effector systems. New York: The Macmillan company; 1937. (Experimental biology monographs).
- Lee IS, Jo HJ, Lee SH, Lee H, Park HJ, Chae Y. Fear of acupuncture enhances sympathetic activation to acupuncture stimulation. *Acupuncture in Medicine: Journal of The British Medical Acupuncture Society* 2013;31(3):276-81.
- Lowrance SA, Ionadi A, McKay E, Douglas X, Johnson JD. Sympathetic nervous system contributes to enhanced corticosterone levels following chronic stress. *Psychoneuroendocrinology* 2016 Jun 1;68:163-70.
- Ioannou S, Gallese V, Merla A. Thermal infrared imaging in psychophysiology: Potentialities and limits. *Psychophysiology* 2014;51(10):951-63.
- Roy A, Boucher JP, Comtois AS. Digitized infrared segmental thermometry: time requirements for stable recordings. *J Manipulative Physiol Ther* 2006;29: 468.e1-10.
- Pergola PE, Kellogg DL, Johnson JM, Kosiba WA. Reflex control of active cutaneous vasodilation by skin temperature in humans. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology* 1994 May 1;266(5):H1979-84.
- Johnson JM, Kellogg DL Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Frontiers in Bioscience - Scholar Edition* 2010;25(3):825-53.
- Johnson J, Minson C, Kellogg D. Cutaneous Vasodilator and Vasoconstrictor Mechanisms in Temperature Regulation. *Comprehensive Physiology* 2014;4(1):33-89.
- Ying Ye, Griffin MJ. Effects of temperature on reductions in finger blood flow induced by vibration. *International Archives of Occupational & Environmental Health* 2011;84(3):315.
- Marshall JM, Stone A, Johns EJ. Analysis of the responses evoked in the cutaneous circulation of one hand by heating the contralateral hand. *Journal of the Autonomic Nervous System* 1991;32(2):91-9.
- Guangjun W, Yuying T, Shuyong J, Tao H, Weibo Z. Change of Blood Perfusion in Hegu Acupoint After Contralateral Hegu Acupoint Was Stimulated. *Journal of Alternative & Complementary Medicine* 2012 Aug 1;18(8) [citado 4 de mayo 2016]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zh&AN=104490403&site=eds-live>
- Milner P, Bodin P, Guiducci S, Del Rosso A, Kahaleh MB, Matucci-Cerinic M, Burnstock G. Regulation of substance P mRNA expression in human dermal microvascular endothelial cells. *Clinical and Experimental Rheumatology* 2004;22(3 Suppl 33): S24-7.
- Kellogg DL Jr., Pergola PE, Piest KL, Kosiba WA, Crandall CG, Grossmann M, Johnson JM. Cutaneous active vasodilation in humans is mediated by cholinergic nerve cotransmission. *Circulation Research* 1995;77(6):1222-8.