



ORIGINAL
Artículo en español

Rev Esp Podol. 2021;32(2):106-115
DOI: 10.20986/revesspod.2021.1607/2021

Simetría en la temperatura podal en pacientes diabéticos y su relación con el índice postural del pie

Symmetry in podal temperature in diabetic patients and its relationship with the postural index of the foot

Carmen Selene Ceprián Moreno, Víctor Manuel Jiménez Cano, Juan Miguel Caracuel López y Alfonso Martínez Nova

Centro Universitario de Plasencia. Departamento de Enfermería y Podología. Plasencia, Cáceres

Palabras clave:

Diabetes mellitus, pie diabético, termografía, índice postural del pie, presión plantar.

Key words:

Diabetes mellitus, diabetic foot, thermography, foot posture index, plantar pressure.

Resumen

Objetivos: La temperatura de la piel del pie puede ser un buen indicador de la microcirculación periférica en diversas zonas y ser predictor de posibles complicaciones. Este trabajo pretende investigar las diferencias de temperatura que pueden reflejarse en los pies de pacientes diabéticos (tipo 1 y 2) y la relación de esta con el índice postural del pie.

Pacientes y métodos: La muestra se compuso de 52 pacientes diabéticos a los que se realizó una fotografía termográfica. Se seleccionaron nueve puntos plantares (talón, arco interno, arco externo, primera cabeza metatarsal, tercera cabeza metatarsal, quinta cabeza metatarsal, primer dedo, tercer dedo y quinto dedo), y se obtuvo la temperatura media de dichas zonas.

Resultados: Los tipos de pie altamente pronados presentaron mayor temperatura en la zona del arco interno ($31.43\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.98$, $p = 0.627$) y menor temperatura en los tipos de pies supinados en la zona del tercer dedo ($23.37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.84$, $p = 0.116$) en el pie derecho. En el pie izquierdo presentaron mayor temperatura los pies pronados en la zona del arco interno ($30.90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.10$, $p = 0.194$) y menor temperatura en pies supinados en la zona del primer dedo ($21.19\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4.83$, $p = 0.10$).

Conclusión: En este estudio no se encontraron asimetrías entre las zonas dentro de los pies del mismo paciente ni tampoco entre pacientes tipo 1 y tipo 2. Esto puede ser debido a que son pacientes asintomáticos y sin complicaciones podológicas. Aquellos pacientes con el tipo de pie supinado, neutro o pronado presentan mayor temperatura en la zona del arco interno, por lo que sería recomendable poner especial atención en posteriores estudios.

Abstract

Objectives: The temperature of the skin of the foot can be a good indicator of the peripheral microcirculation in different areas and be a predictor of possible complications. Thus, with this study we have tried to investigate the differences in temperature that can be reflected in the feet of diabetic patients and see if there is a relationship according to the type of diabetes (type 1 and 2) and the type of foot it has.

Patients and methods: The sample consisted of 52 patients, to whom a thermographic photograph was taken. Nine plantar points were selected (heel, internal arch, external arch, first metatarsal head, third metatarsal head, fifth metatarsal head, first toe, third toe and fifth toe), and the average temperature of these areas was obtained.

Results: The highly pronated foot types presented higher temperature in the area of the internal arch ($31.43\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.98$, $p = 0.627$) and lower temperature in the supinated foot type in the third toe area ($23.37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.84$, $p = 0.116$) on the right foot. In the left foot, the feet had a higher temperature in the area of the internal arch ($30.90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.10$, $p = 0.194$) and lower temperature in supinated feet in the area of the first toe ($21.19\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4.83$, $p = 0.10$).

Conclusion: In our study, no asymmetries were found between the zones within the feet of the same patient, nor between diabetic patients of type 1 and 2. This may be due to the fact that they are asymptomatic patients and without associated foot complications. Patients with the type of supinated, neutral or pronated foot present a higher temperature in the area of the internal arch, so it would be advisable to pay special attention in further studies.

Recibido: 25-05-2021
Aceptado: 17-06-2021



0210-1238 © Los autores. 2021.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

Víctor Manuel Jiménez Cano.
victormajc@unex.es

INTRODUCCIÓN

La temperatura es una magnitud física del cuerpo humano que puede aportar gran información sobre el estado de salud, y es por lo tanto un indicador utilizado para el diagnóstico clínico¹.

La temperatura central del cuerpo se mantiene entorno a los 37 °C, oscilando el rango de normalidad entre individuos de 36.3 °C a 37.5 °C. Asimismo, en 1868, Carl Wunderlich fue el primero en fijar unos valores normales de temperatura como indicador de salud gracias a su estudio comparativo entre personas sanas y personas con fiebre, determinando de esta forma que la temperatura más allá de este rango debería considerarse como una indicación de posible enfermedad¹. De este modo, un aumento de temperatura en un punto corporal nos puede dar una señal de alarma para localizar el desarrollo de una posible patología que puede ser detectado mediante termografía, siendo esta una medida de resultado confiable que puede utilizarse en numerosas aplicaciones médicas^{2,3}.

La temperatura podal suele ser más baja que la temperatura central por presentarse en una zona más distal del cuerpo y por la influencia del flujo sanguíneo. En los diferentes puntos anatómicos del pie suelen presentarse distintas temperaturas que pueden situarse dentro del rango de normalidad o no. Rosado determinó en su estudio unos patrones de normalidad en diversos puntos del pie. La temperatura normal del primer dedo oscila entre los 26.83- 27.93 °C, en el quinto dedo se sitúa en el entre los 26.99-28.01 °C y en la zona plantar entre los 28.66 °C³.

En la diabetes mellitus (DM), y más concretamente en el pie diabético, se pueden ocasionar cambios en la temperatura superficial de la piel⁴ a consecuencia de alteraciones producidas en el control neurogénico de los vasos sanguíneos, dando como resultado un aumento del flujo sanguíneo del mismo^{5,6}. Estos cambios repentinos en la temperatura de una determinada zona, debido a problemas vasculares y neuropáticos superiores a 2.2 °C, se han relacionado con una ulceración incipiente⁷.

Un estudio de Van Netten Jaap y cols. estableció que existe una relación entre un incremento de temperatura anormal (> 2 °C) y un alto riesgo de ulceración en el pie de pacientes con DM. Por lo tanto, resulta interesante estudiar los cambios en la distribución de la temperatura podal de pacientes con diabetes mellitus a fin de detectar incrementos anormales que pueden indicar regiones plantares en riesgo de ulceración⁸. La mayoría de los factores que generan pie diabético se basan en problemas de la circulación que inducen variaciones de temperatura, y estos se pueden evaluar mediante un examen termográfico⁹. La termografía permite visualizar el patrón de distribución de temperatura de la piel y tejido subyacente, permitiendo diagnosticar problemas vasculares y nerviosos, como es el caso de las úlceras neuropáticas en el pie diabético ocasionadas por la evolución de esta patología¹⁰.

Debido a que el pie es especialmente vulnerable a daños circulatorios y neurológicos, y el menor trauma puede cau-

sar úlceras o infecciones¹¹, nos resultó interesante tener en cuenta en nuestro estudio el índice postural del pie (FPI) de cada sujeto para identificar los puntos del pie y así valorar con mayor exactitud el lugar donde más podría aumentar la temperatura y, en consecuencia, la aparición de una úlcera neuropática, ya que la postura podal puede desempeñar un papel en predisposición a lesiones por uso excesivo¹². No hemos encontrado ningún estudio que relacione FPI y pie diabético, por lo que con el presente trabajo pretendemos conseguir nueva información acerca de este tema, investigando la relación entre la temperatura podal en pacientes con diabetes mellitus. Por eso, el objetivo de este trabajo trata de comprobar las diferencias de temperatura que pueden reflejarse en los pies de pacientes diabéticos y la relación de esta con el índice postural del pie.

PACIENTES Y MÉTODOS

Para la consecución de los objetivos se plantea un estudio de tipo prospectivo, observacional, transversal y descriptivo. El estudio se ha llevado a cabo mediante la realización de una encuesta personal y una breve exploración a sujetos de forma presencial en las instalaciones de la Clínica Podológica de la Universidad de Extremadura (CPUEx), situada en Plasencia (Cáceres, España), en el que han participado pacientes derivados de la Unidad de Endocrinología del Hospital Virgen del Puerto, personas inscritas en la Asociación de Diabéticos de Plasencia y pacientes de la CPUEx que voluntariamente han querido formar parte de este estudio.

Para que en el estudio participaran el mayor número de personas posibles, se contactó tanto con la Unidad de Endocrinología del Hospital como con el presidente de la asociación de diabéticos y profesorado de la CPUEx, los cuales se encargaron del envío de la comunicación a los usuarios. Todos los participantes que fueron incluidos en el estudio lo realizaron de manera altruista, previa información de las características del estudio, la aceptación y firma del consentimiento informado para ser incluido en el mismo.

Este estudio ha sido aprobado con la Ref. 04/2018, por la Comisión de Bioética de la Universidad de Extremadura que vela por la calidad científica de los proyectos de investigación que se llevan a cabo en la Universidad, que vigila para que la investigación que se hace con personas se haga de acuerdo con la declaración de Helsinki y aplicando la normativa legal vigente sobre investigación biomédica (Ley 14/2007, de 3 de junio).

Población de estudio

La muestra se compuso de 52 personas, con una media de edad de 64.2 ± 14.9 años, un peso medio de 73 ± 11.6 kilogramos y una estatura media de 1.7 ± 0.1 metros (Tabla I). Según el tipo de diabetes, 11 sujetos (21.2 %) presentaban diabetes de tipo 1 y 41 (78.8 %) de tipo 2.

Tabla I. Características de los sujetos.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	52	25.0	86.0	64.2	14.9
Peso	52	53.0	100.0	73.0	11.6
Estatura	52	1.50	1.86	1.7	0.1

Criterios de inclusión: personas diagnosticadas de diabetes mellitus tipo 1 o tipo 2, que no presentan lesiones ulcerativas en la extremidad inferior, así como personas dependientes para poder realizar las maniobras de exploración. Serán criterios de exclusión aquellas personas que no cumplan los criterios de inclusión.

Medición de la temperatura corporal

Se empleó el termómetro digital infrarrojo para frente Hylogy®. Este termómetro se coloca a una distancia de entre 1 y 3 centímetros, ya que no precisa de un contacto directo con la piel. Tarda en hacer la medición 0.5 segundos y tiene una precisión de hasta ± 0.2 °C (0.4 °F).

Se pidió a las personas que descansasen durante unos minutos, ya que dependiendo de la actividad que acabaran de realizar antes de la medición podría variar la validez los resultados. Este valor fue tomado en la frente del paciente; seleccionamos esa zona para realizar la medición por comodidad, higiene y rapidez. Este lugar corresponde a la zona por donde pasa la arteria superficial temporal rama frontal¹³.

Medición de la temperatura podal

Para la toma de la temperatura del pie se empleó la cámara FLIR e60bx@. Las características de la cámara son las siguientes: sensibilidad térmica: < 0.045 °C; precisión: ± 2 °C ± 2 % para temperatura ambiente; intervalo de temperaturas del objeto: -20 °C a +120 °C.

Se realizó una determinación mediante el uso de un termohigrómetro Flir MR77 meter (Teledyne FLIR LLC, Oregon, EE. UU.) para los valores de temperatura ambiente y humedad relativa antes de la toma fotográfica de cada paciente, en la sala de exploración donde se realizaron las pruebas.

La cámara termográfica fue colocada perpendicular al suelo a un metro de distancia entre la cámara y el pie del paciente, sin ningún tipo de luz directa que aumentara la temperatura en la zona. El paciente se colocó sobre una camilla en posición de sedestación con las piernas extendidas, y se le colocó una pantalla de color negra a la altura de los maléolos, para que el calor emitido por el cuerpo no interfiriera con la imagen del calor emitido por los pies. Para que se obtuviera un resultado más fiable pedimos al paciente que se descalzase y estuviera 15 minutos con el pie relajado y sin apoyarlo en ninguna superficie, se estableció este periodo de relajación debido al protocolo de adquisición de imágenes diagnósticas por termografía

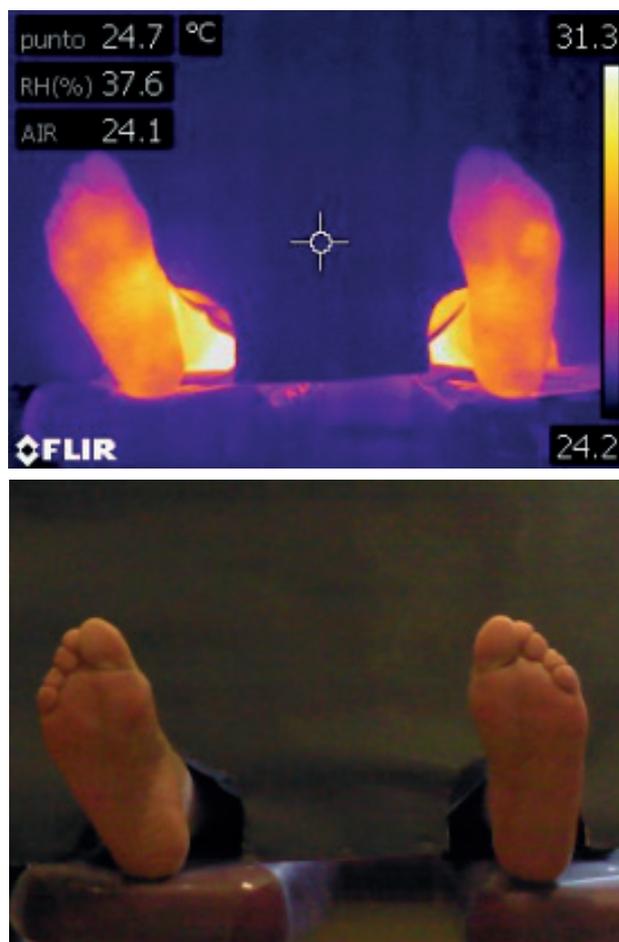


Figura 1. Termografía plantar del pie a partir de una imagen real.

infrarroja^{9,14} que muestra que son necesarios alrededor de 10-15 minutos para la recuperación de estímulos externos; después de ese tiempo se tomó la fotografía (Figura 1).

Extracción de datos de temperatura

Con el programa informático FLIR Tools® (Teledyne FLIR LLC, Oregon, EE. UU.) se seleccionaron una serie de puntos en la planta del pie derecho e izquierdo que fueron talón, arco interno, arco externo, primera cabeza metatarsal, tercera cabeza metatarsal, quinta cabeza metatarsal, primer dedo, tercer dedo y quinto dedo⁹ (Figura 2).

Análisis estadístico

Con el fin de obtener unos parámetros específicos para analizar los resultados de las preguntas establecidas, se creó una base de datos utilizando el programa estadístico SPSS en su versión 15 (SPSS Inc., Chicago, EE. UU.). Para determinar la normalidad de la muestra, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov en el pie derecho e izquierdo, dado que se obtuvo una muestra de más de 50 personas (Tablas II y III).

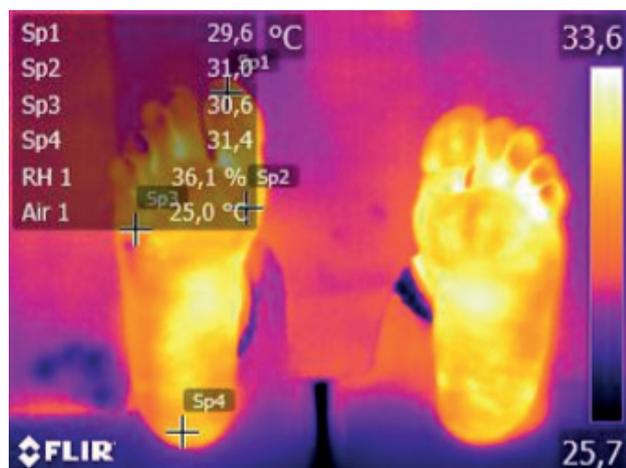


Figura 2. Termografía plantar del pie. Señalizados puntos en primer dedo, cabeza del primer metatarsiano, cabeza del quinto metatarsiano y talón.

Todos los valores de temperatura presentaron una significación superior a 0.05 (Tablas II y III), esto indica que los datos estaban distribuidos normalmente. Por ello, se aplicaron pruebas estadísticas paramétricas.

Para determinar si existían diferencias de temperatura en los distintos puntos del pie entre pie derecho y pie izquierdo se aplicó la prueba de *t* de student para muestras pareadas. Para determinar si existían diferencias entre la temperatura podal y el tipo de diabetes (tipo 1 y tipo 2) se aplicó la prueba de *t* de student para muestras independientes. Para determinar si existían diferencias entre la temperatura en el pie derecho/izquierdo y el FPI, se utilizaron estadísticos descriptivos. Para determinar si existían diferencias de temperatura en los distintos puntos del pie derecho/izquierdo y el FPI se aplicó la prueba de anova de un factor. Para determinar la localización de la zona plantar y los grupos de FPI donde se aprecian diferencias significativas en la temperatura se aplicó la prueba de *post hoc* Bonferroni (comparaciones múltiples).

Tabla II. Comparativa de la temperatura plantar en las diferentes zonas del pie derecho.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra										
Pie derecho		Talón	Arco interno	Arco externo	1. ^a cabeza	3. ^a cabeza	5. ^a cabeza	1. ^{er} dedo	3. ^{er} dedo	5. ^o dedo
N		52	52	52	52	52	52	52	52	52
Parámetros normales ^{a,b}	Media	28.37	30.06	28.43	28.18	28.27	27.99	26.82	26.58	26.79
	Desviación típica	3.16	2.39	2.85	3.57	3.48	3.65	4.44	4.44	4.32
Diferencias más extremas	Absoluta	0.058	0.093	0.075	0.073	0.078	0.075	0.111	0.100	0.089
	Positiva	0.055	0.058	0.075	0.073	0.078	0.060	0.111	0.100	0.089
	Negativa	-0.058	-0.093	-0.066	-0.065	-0.078	-0.075	-0.103	-0.096	-0.067
Z de Kolmogorov-Smirnov		0.421	0.671	0.542	0.527	0.561	0.537	0.800	0.718	0.642
Valor <i>p</i>		0.994	0.759	0.931	0.944	0.911	0.935	0.545	0.681	0.804

Tabla III. Comparativa de la temperatura plantar en las diferentes zonas del pie izquierdo.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra										
Pie izquierdo		Talón	Arco interno	Arco externo	1. ^a cabeza	3. ^a cabeza	5. ^a cabeza	1. ^{er} dedo	3. ^{er} dedo	5. ^o dedo
N		52	52	52	52	52	52	52	52	52
Parámetros normales ^{a,b}	Media	28.15	30.13	28.467	27.97	27.86	27.90	26.47	26.46	26,66
	Desviación típica	3.20	2.41	2.93	3.63	3.80	3.61	4.97	4.93	4,49
Diferencias más extremas	Absoluta	0.111	0.078	0.088	0.090	0.133	0.140	0.095	0.160	0.130
	Positiva	0.111	0.050	0.088	0.090	0.133	0.140	0.095	0.160	0.130
	Negativa	-0.081	-0.078	-0.083	-0.068	-0.077	-0.084	-0.075	-0.070	-0.098
Z de Kolmogorov-Smirnov		0.798	0.561	0.637	0.650	0.961	1.007	0.686	1.155	0.938
Valor <i>p</i>		0.547	0.912	0.811	0.792	0.314	0.263	0.734	0.139	0.342

RESULTADOS

La temperatura más alta se encontró en la zona del arco interno, tanto en el pie derecho (30.1 ± 2.4 °C) como en el pie izquierdo (30.1 ± 2.4 °C), y la más baja se observó en el quinto dedo del pie derecho (25.6 ± 3.8 °C) y pie izquierdo (24.00 ± 3.3 °C). No se encontraron diferencias significativas de temperatura en las 9 zonas plantares entre ambos pies ($p > 0.05$ en todos los casos) (Tabla IV).

La zona del pie de mayor temperatura en sujetos tanto con diabetes tipo 1 (30.00 °C \pm 1.7) como tipo 2 (30.1 °C \pm 2.6) es la zona del arco interno y la zona con menor temperatura en el tipo 1 se observó en el quinto dedo (25.4 °C \pm 3.3); sin embargo, el tipo 2 se localizó en el tercer dedo (26.9 °C \pm 4.6). No se encontraron diferencias significativas de temperatura entre la diabetes tipo 1 y 2 ($p > 0.05$ en todos los casos) (Tabla V).

En todos los grupos de FPI se observó que existía mayor temperatura en la zona del arco interno. En los pies supinados 29.671 °C \pm 2.47, en los pies neutros 29.76 °C \pm 2.61, en los pies pronados 30.36 °C \pm 1.89 y en los altamente pronados 31.43 °C \pm 2.98 (Tablas VI y VII). La prueba ANOVA de un factor mostró que no existían diferencias significativas entre ninguna de las 9 zonas del pie derecho según el tipo de postura del pie ($p > 0.05$ en todos los casos) (Tablas VIII y IX). En todos los grupos de FPI se observó que existía mayor tem-

peratura en la zona del arco interno. En los pies supinados 28.60 °C \pm 3.48, en los pies neutros 30.26 °C \pm 2.03, en los pies pronados 30.90 °C \pm 2.10 y en los altamente pronados 29.75 °C \pm 2.78.

En el pie izquierdo se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$ en cinco puntos del pie) en los puntos del talón ($p = 0,037$), arco externo ($p = 0,044$), primer dedo ($p = 0,010$), tercer dedo ($p = 0,032$) y quinto dedo ($p = 0,036$) de los pies entre los 5 grupos del FPI (Tabla IX). Se experimentaron diferencias significativas en varias zonas del pie ($p < 0.05$). Se localizó mayor diferencia en la zona del primer dedo ($p = 0.009$) entre el grupo de pies supinados (21.19 °C \pm 4.83) y neutros (27.39 °C \pm 4.24). Se localizó menor diferencia en la zona del quinto dedo ($p = 0.40$) entre el grupo de pies supinados (22.53 °C \pm 3.30) y pronados (27.92 °C \pm 5.21) (Tabla X).

DISCUSIÓN

Una vez analizados los resultados, hemos observado que la zona del pie que más temperatura presenta en las personas con diabetes que han participado en el estudio es el arco interno con 31.43 °C \pm 2.98 de temperatura media, coincidiendo con un estudio realizado por Benbow¹⁵, en el cual utilizaron la técnica LCT (cristal líquido termográfico) y se

Tabla IV. Valores de la temperatura plantar media en ambos pies.

Prueba t de student para muestras pareadas				
		Media	Desviación típ.	Valor p
Par 1	Talón derecho	28.4	3.2	0.428
	Talón izquierdo	28.2	3.2	
Par 2	Arco interno derecho	30.1	2.4	0.771
	Arco interno izquierdo	30.1	2.4	
Par 3	Arco externo derecho	28.4	2.8	0.887
	Arco externo izquierdo	28.5	2.9	
Par 4	1. ^a cabeza derecha	28.2	3.6	0.383
	1. ^a cabeza izquierda	28.0	3.6	
Par 5	3. ^a cabeza derecha	28.3	3.5	0.220
	3. ^a cabeza izquierda	27.9	3.8	
Par 6	5. ^a cabeza derecha	28.0	3.6	0.683
	5. ^a cabeza izquierda	27.9	3.6	
Par 7	1. ^{er} dedo derecho	26.8	4.4	0.269
	1. ^{er} dedo izquierdo	26.5	5.0	
Par 8	3. ^{er} dedo derecho	26.6	4.4	0.742
	3. ^{er} dedo izquierdo	26.5	4.9	
Par 9	5. ^o dedo derecho	25.6	3.8	0.081
	5. ^o dedo izquierdo	24.0	3.3	

Tabla V. Comparativa de la temperatura plantar según el tipo de diabetes.

Estadísticos de grupo					
Prueba t de student para muestras independientes					
	Tipo	N	Media	Desviación típ.	Valor p
Talón	1	11	28.3	2.7	0.909
	2	41	28.4	3.3	
Arco interno	1	11	30.0	1.7	0.883
	2	41	30.1	2.6	
Arco externo	1	11	27.9	2.8	0.481
	2	41	28.6	2.9	
1. ^a cabeza	1	11	27.3	2.8	0.365
	2	41	28.4	3.7	
3. ^a cabeza	1	11	27.5	3.0	0.426
	2	41	28.5	3.6	
5. ^a cabeza	1	11	27.3	3.2	0.474
	2	41	28.2	3.8	
1. ^{er} dedo	1	11	25.8	3.2	0.387
	2	41	27.1	4.7	
3. ^{er} dedo	1	11	25.6	3.7	0.394
	2	41	26.9	4.6	
5. ^o dedo	1	11	25.4	3.3	0.220
	2	41	27.2	4.5	

Tabla VI. Comparativa de temperaturas en el pie derecho según el FPI.

Pie derecho	Grupo FPI	Media	Desv. típ.
Talón	Supinado	26.51	2.65
	Neutro	28.32	3.33
	Pronado	28.88	2.89
	Altamente pronado	30.70	2.39
Arco interno	Supinado	29.67	2.47
	Neutro	29.76	2.61
	Pronado	30.36	1.89
	Altamente pronado	31.43	2.98
Arco externo	Supinado	26.90	3.31
	Neutro	28.55	2.93
	Pronado	28.69	2.23
	Altamente pronado	30.07	2.91
1. ^a cabeza	Supinado	25.87	3.63
	Neutro	28.37	3.66
	Pronado	28.54	3.03
	Altamente pronado	30.97	3.15
3. ^a cabeza	Supinado	26.18	3.27
	Neutro	28.40	3.64
	Pronado	28.60	3.04
	Altamente pronado	30.63	3.18
5. ^a cabeza	Supinado	25.81	3.42
	Neutro	28.03	3.82
	Pronado	28.40	3.11
	Altamente pronado	30.77	2.63
1. ^{er} dedo	Supinado	23.93	4.40
	Neutro	27.06	4.69
	Pronado	27.09	3.67
	Altamente pronado	30.77	2.12
3. ^{er} dedo	Supinado	23.37	3.84
	Neutro	26.81	4.53
	Pronado	27.30	4.22
	Altamente pronado	29.53	3.09
5. ^o dedo	Supinado	23.57	3.50
	Neutro	27.10	4.52
	Pronado	27.26	3.92
	Altamente pronado	30.13	2.28

Tabla VII. Comparativas de temperaturas en el pie izquierdo según el FPI.

Pie izquierdo	Grupo FPI	Media	Desv. típ.
Talón	Supinado	25.49	2.88
	Neutro	28.24	2.97
	Pronado	29.58	2.93
	Altamente pronado	28.23	4.00
Arco interno	Supinado	28.60	3.48
	Neutro	30.26	2.03
	Pronado	30.90	2.10
	Altamente pronado	29.75	2.78
Arco externo	Supinado	26.03	3.30
	Neutro	28.69	2.34
	Pronado	29.63	2.98
	Altamente pronado	28.10	3.87
1. ^a cabeza	Supinado	24.78	3.41
	Neutro	28.45	3.11
	Pronado	28.82	3.94
	Altamente pronado	28.25	4.27
3. ^a cabeza	Supinado	25.38	3.20
	Neutro	27.96	3.82
	Pronado	29.02	3.71
	Altamente pronado	28.28	4.10
5. ^a cabeza	Supinado	24.84	2.98
	Neutro	28.29	3.04
	Pronado	28.94	4.18
	Altamente pronado	27.98	4.46
1. ^{er} dedo	Supinado	21.19	4.83
	Neutro	27.39	4.24
	Pronado	27.25	4.87
	Altamente pronado	28.08	5.14
3. ^{er} dedo	Supinado	21.81	3.42
	Neutro	27.40	4.54
	Pronado	27.02	5.38
	Altamente pronado	27.63	4.69
5. ^o dedo	Supinado	22.53	3.30
	Neutro	27.16	3.84
	Pronado	27.92	5.21
	Altamente pronado	27.43	4.97

Tabla VIII. Diferencias entre las distintas zonas del pie derecho según el FPI.

ANOVA de un factor					
Pie derecho		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Valor p
Talón	Inter-grupos	67.21	4	16.80	0.147
	Intra-grupos	441.10	47	9.39	
Arco interno	Inter-grupos	15.40	4	3.85	0.627
	Intra-grupos	276.35	47	5.88	
Arco externo	Inter-grupos	36.97	4	9.24	0.343
	Intra-grupos	376.29	47	8.01	
1.ª cabeza	Inter-grupos	82.68	4	20.67	0.162
	Intra-grupos	565.52	47	12.03	
3.ª cabeza	Inter-grupos	72.012	4	18.00	0.202
	Intra-grupos	544.28	47	11.58	
5.ª cabeza	Inter-grupos	93.27	4	23.31	0.131
	Intra-grupos	585.08	47	12.45	
1.º dedo	Inter-grupos	144.27	4	36.07	0.116
	Intra-grupos	864.64	47	18.40	
3.º dedo	Inter-grupos	144.00	4	36.00	0.116
	Intra-grupos	862.60	47	18.35	
5.º dedo	Inter-grupos	152.75	4	38.19	0.078
	Intra-grupos	799.56	47	17.01	

Tabla IX. Diferencias entre las distintas zonas del pie izquierdo según el FPI.

ANOVA de un factor					
Pie izquierdo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Valor p
Talón	Inter-grupos	83.462	3	27.821	0.037
	Intra-grupos	437.167	48	9.108	
Arco interno	Inter-grupos	27.489	3	9.163	0.194
	Intra-grupos	268.953	48	5.603	
Arco externo	Inter-grupos	67.138	3	22.379	0.044
	Intra-grupos	369.857	48	7.705	
1.ª cabeza	Inter-grupos	97.534	3	32.511	0.055
	Intra-grupos	574.609	48	11.971	
3.ª cabeza	Inter-grupos	67.961	3	22.654	0.195
	Intra-grupos	668.009	48	13.917	
5.ª cabeza	Inter-grupos	93.077	3	31.026	0.062
	Intra-grupos	571.491	48	11.906	
1.º dedo	Inter-grupos	264.314	3	88.105	0.010
	Intra-grupos	996.415	48	20.759	
3.º dedo	Inter-grupos	206.201	3	68.734	0.032
	Intra-grupos	1031.519	48	21.490	
5.º dedo	Inter-grupos	166.344	3	55.448	0.036
	Intra-grupos	860.085	48	17.918	

observó que 12 de 20 pacientes diabéticos con neuropatía presentaron mayor temperatura en el arco medio del pie, al igual que sucede con Stress y cols., que realizaron un estudio de 65 pacientes donde se observó que el arco interno presentó mayor temperatura que el arco externo¹⁶.

Sánchez muestra en su estudio que la temperatura en pies con lesión neuropática tienen temperatura promedio de 33.5 °C, mientras que la temperatura normal del pie es de 25 °C, por lo tanto podemos deducir en nuestros resultados que la temperatura media más alta observada en los pacientes se aproximan a la aparición de una lesión neuropática en la zona del arco interno; esto puede deberse a que esta zona especialmente soporta un gran peso corporal en personas que realizan un apoyo irregular durante la marcha, originándose mayor fricción en este punto del pie, pudiendo desencadenar una lesión nerviosa y/o arteriovenosa y generalmente la formación de una úlcera¹⁷.

Respecto al pie derecho e izquierdo, no se observaron diferencias de temperatura en los distintos puntos analizados, siendo este un resultado esperado, teniendo en cuenta la ausencia de úlceras en las extremidades de las personas estudiadas y la relación simétrica bilateral que existe entre

ambos. Sin embargo, en el estudio de Chicharro-Luna y cols. sí se observaron temperaturas más altas en el pie derecho ($p = 0.454$) que en el izquierdo de personas con neuropatía diabética ($p = 0.589$)¹⁸. Esta controversia puede deberse a la existencia de úlcera previa y amputaciones que presentaron los participantes de su investigación, conforme a los estudios realizados por Armstrong y cols., en el que señalan que la temperatura puede aumentar hasta en 14 °C en zonas ulceradas, comparándola con el mismo lugar en el miembro contralateral, y en nuestro caso no existen antecedentes previos de esta afección¹⁹.

Como ya hemos observado anteriormente, el punto de mayor temperatura ha sido la zona del arco interno, y en nuestro análisis no existen diferencias de temperatura entre la diabetes tipo 1 y 2, ya que todos los sujetos a los que les hemos realizado la prueba no manifestaban lesiones previas de ulceración en el miembro inferior y, por lo tanto, ambos pies presentaron características similares, independientemente del tipo de diabetes. Por este motivo, creemos que sería importante mantener un control termográfico periódico en personas con esta patología, ya que un aumento de calor en una zona del pie sería indicativo de la aparición de una posible lesión.

Tabla X. Localización de la zona plantar según los grupos de FPI donde se aprecian diferencias significativas en el pie izquierdo

POST HOC BONFERRONI							
Variable dependiente	(I) Grupo FPI izquierdo	(J) Grupo FPI izquierdo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Valor p	Intervalo de confianza al 95 %	
						Límite inferior	Límite superior
Talón	Supinados	Pronados	-4.0894*	1.3561	0.025	-7.821	-0.357
	Pronados	Supinados	4.0894*	1.3561	0.025	0.357	7.821
Arco externo	Supinados	Pronados	-3.6058*	1.2474	0.035	-7.039	-0.173
	Pronados	Supinados	3.6058*	1.2474	0.035	0.173	7.039
1.º dedo	Supinados	Neutros	-6.2014*	1.8340	0.009	-11.249	-1.154
		Pronados	-6.0663*	2.0474	0.028	-11.701	-0.432
	Neutros	Supinados	6.2014*	1.8340	0.009	1.154	11.249
	Pronados	Supinados	6.0663*	2.0474	0.028	0.432	11.701
3.º dedo	Supinado	Neutro	-5.5875*	1.8661	0.026	-10.723	-0.452
	Neutro	Supinado	5.5875*	1.8661	0.026	0.452	10.723
5.º dedo	Supinado	Pronado	-5.3904*	1.9021	0.040	-10.625	-0.156
	Pronado	Supinados	5.3904*	1.9021	0.040	0.156	10.625

*La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

En investigaciones realizadas por Benbow, altas temperaturas en la planta del pie aumentaban el riesgo de sufrir una úlcera neuropática¹⁵. Estos estudios descritos mostraban una clara correlación entre un aumento de temperatura en el pie y su subsiguiente ulceración, por lo tanto apoyan la propuesta de que un seguimiento termográfico por parte del paciente de forma periódica puede contribuir de forma importante en la prevención del desarrollo de una úlcera diabética^{16,17}.

En otros estudios se aprecian resultados similares, donde la temperatura también es mayor en sujetos con neuropatía; por ello, la monitorización de la temperatura del pie en estos pacientes podría ayudar a identificar signos de daño tempranos para así localizar las áreas inflamadas antes de que la piel se vea afectada, y reduciendo de tal manera la alta incidencia de complicaciones en el pie diabético^{20,22}.

Actualmente hay 3 técnicas establecidas empleadas de forma rutinaria para determinar el riesgo de ulceración del pie en el paciente con diabetes mellitus, entre ellas se encuentra la presión del pie²³, por lo tanto, es importante tener en cuenta el índice postural de cada paciente, ya que esto está relacionado con la aparición de hiperqueratosis y helomas en la zona plantar, aumentando de esta forma la aparición de lesiones y consecuentemente la formación de úlceras en zonas de mayor presión.

En nuestros resultados contemplamos que en la zona del talón, arco externo y dedos de los pies existen diferencias sig-

nificativas de temperatura en el pie izquierdo si tenemos en cuenta la clasificación del índice postural del pie (supinados, neutros, pronados y altamente pronados). Este valor significativo en el pie izquierdo puede estar relacionado con la presencia de helomas en la zona plantar de las personas que han participado, ya que este signo es considerado altamente predictivo.

Estudios realizados por Murray & Caselli evidencian cómo los microtraumatismos repetitivos en un punto del pie a causa de su morfología producen la formación de helomas, comportándose estos como un cuerpo extraño superficial e incrementando aún más la presión y la temperatura, resultando la base de una futura úlcera precedida con frecuencia por una hemorragia hipodérmica o como resultado de factores intrínsecos^{24,25}.

Teniendo en cuenta las diferencias que existen en el pie izquierdo respecto al índice postural del pie, apreciamos que la comparativa de temperatura más significativa se encuentra en la zona del primer dedo, entre el grupo de pies supinados y el grupo de pies neutros ($p = 0.009$); esto puede ser consecuencia de la gran presión que recibe el primer dedo del pie cuando se trata de pies pronados y la disminución de la misma en el caso de pies supinados^{26,27} (en el cual suele existir más presión en la zona del quinto dedo). En este caso, es necesario que se lleven a cabo estudios biomecánicos para abordar el cuidado preventivo del pie, consiguiendo reducir

las presiones para disminuir la posible aparición de lesiones mediante soportes plantares y otras estrategias efectivas para la distribución de las cargas podales que pueden estudiarse a través de la baropodometría²⁸.

La biomecánica del pie puede alterarse en personas que padecen DM a causa de problemas en la estabilidad y la movilidad, y afecta la interacción armónica entre los músculos y articulaciones durante las tareas locomotoras. Estas alteraciones biomecánicas se cree que son importantes en la etiología de la ulceración plantar del pie, aunque no se han realizado los estudios adecuados que lo afirmen²⁹. Según los datos recogidos en nuestro estudio, podemos concluir que la termografía es un método útil para la prevención de úlceras en el pie diabético si se complementa con un estudio completo del paciente con diabetes mellitus.

Algunas de las limitaciones que presenta este estudio son el tamaño de la muestra a estudio, que es pequeña, así como la diferencia de edades de la misma, ya que hay una gran diferencia de edad entre los sujetos estudiados, los que aumentan la desviación típica; también la falta de estudios previos relacionando la temperatura del pie con el índice postural del mismo, por lo que podría ser una línea futura para tener en cuenta a la hora de desarrollar futuros estudios de investigación sobre el tema.

En conclusión, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas de temperatura en las 9 zonas plantares entre ambos pies, siendo el punto de mayor temperatura el arco interno del pie. Tanto en los sujetos con diabetes tipo 1 como en los de tipo 2 se observaron las temperaturas más altas del pie en el arco interno y las temperaturas más bajas en la zona del tercer y quinto dedo en ambos pies, no presentando diferencias en la temperatura podal entre ambos grupos. Según el FPI se encontraron diferencias significativas de temperatura en varias zonas del pie izquierdo, presentando una mayor diferencia la zona del primer dedo entre el grupo de pies supinados y neutros.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no presentan ningún tipo de conflicto de intereses en este estudio realizado.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Para sufragar los gastos de este estudio no se ha requerido la aportación del dinero por parte de ninguna entidad. El material y las instalaciones utilizados han sido cedidos por el Centro Universitario de Plasencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Baran B, Indira L, Centre G, Subramainam B, Gandhi I, Philip J, et al. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol.* 2012;55(4):221-35. DOI: 10.1016/j.infrared.2012.03.007.
- Astasio Picado A, Escamilla Martínez E, Martínez Nova A, Sánchez Rodríguez R, Gómez-Martín B. Thermal map of the diabetic foot using infrared thermography. *Infrared Physics & Technology.* 2018;(93):59-62. DOI: 10.1016/j.infrared.2018.07.008.
- Rayo Rosado R. Aplicabilidad de la termometría digital por infrarrojos en la valoración vascular del pie. Doctoral dissertation. Sevilla: Universidad de Sevilla; 2009.
- Netten JJ Van, Baal JG Van, Liu C, Heijden F Van Der, Bus SA. Infrared Thermal Imaging for Automated Detection. *Diabetes Sci Technol.* 2013;7(5):1122-9. DOI: 10.1177/193229681300700504.
- Astasio Picado A, Escamilla Martínez E, Gómez Martín B. Comparative thermal map of the foot between patients with and without diabetes through the use of infrared thermography. *Enferm Clinica.* 2020;30(2):119-23. DOI: 10.1016/j.enfcl.2018.11.00.
- Peregrina-Barreto H, Renero-Carrillo FJ, Rangel-Magdaleno JJ, Bernal-Gonzalez JA. Estudio de la Distribución de Temperaturas en la Región Plantar de Pacientes con Diabetes Mellitus Utilizando Termografía. Presentado en V Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud; 2014. Disponible en: https://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2014/1/memorias/Resumenes/MyT2014_09_C.pdf
- Astasio Picado A, Escamilla Martínez E, Gómez Martín B. Comparison of Thermal Foot Maps between Diabetic Patients with Neuropathic, Vascular, Neurovascular, and No Complications. *Current Diab Rev.* 2019;15(6):503-9. DOI: 10.2174/1573399815666190206160711.
- Van Netten JJ, van Baal JG, Liu C, van Der Heijden F, Bus SA. Infrared thermal imaging for automated detection of diabetic foot complications. *J Diabetes Sci Technol.* 2013;7(5):1122-9. DOI: 10.1177/193229681300700504.
- Jiménez Díaz KT, Correa Castañeda AC, Giraldo Retrepo JA. Protocolo de adquisición de imágenes diagnósticas por termografía infrarroja. *Medicina & Laboratorio.* 2015;21:161-78. DOI: 10.36384/01232576.118.
- López-Antuñano S, López-Antuñano FJ. Diabetes mellitus y lesiones del pie. *Salud pública de México.* 1998;40(3):281-92. DOI: 10.1590/S0036-36341998000300010.
- Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the foot posture index. *J Foot Ankle Res.* 2008;(1)1:6. DOI: 10.1186/1757-1146-1-6.
- Nola IA, Kolanč D. Thermography in biomedicine. *ELMAR (ELMAR). International Symposium.* 2015;17-20.
- Kistemaker JA, Den Hartog EA DH. Reliability of an infrared forehead skin thermometer for core temperature measurements. *J Med Eng Technol.* 2009;30(4):252-61.
- Bharara M, Viswanathan V, Cobb JE. Cold immersion recovery responses in the diabetic foot with neuropathy. *Int Wound J.* 2008;5(4):562-9. DOI: 10.1111/j.1742-481X.2008.00454.x.
- Benbow SJ, Chan AW, Bowsler DR, Williams G, Macfarlane IA. The prediction of diabetic neuropathic plantar foot ulceration by liquid-crystal contact thermography. *Diabetes care.* 1994;17(8):835-9. DOI: 10.2337/diacare.17.8.835.
- Stess RM, Sisney PC, Moss KM, Graf PM, Louie KS, Gooding GA, et al. Use of liquid crystal thermography in the evaluation of the diabetic foot. *Diabetes care.* 1986;9(3):267-72. DOI: 10.2337/diacare.9.3.267.
- Sánchez AP, Ortiz AE, Alfonso AS, Suárez GR, Muradas MS, Acevedo DF. Salvamento de pie diabético. *Acta Ortopédica Mexicana.* 2000;14(4):297-301.
- Chicharro-Luna E, Botana IP, Monreal LR, Ivorra ET. Monitorización de la temperatura del pie como herramienta en la neuropatía diabética. *Rev Int Cienc Podol.* 2016;10(1):9.
- Armstrong DG, Holtz-Neiderer K, Wendel C, Mohler MJ, Kimbriel HR, Lavery LA. Skin temperature monitoring reduces the risk for diabetic foot ulceration in high-risk patients. *Am J Med.* 2007;120(12):1042-6. DOI: 10.1016/j.amjmed.2007.06.028.
- Boyko EJ, Ahroni JH, Stensel VL. Skin temperature in the neuropathic diabetic foot. *J Diabetes Complications.* 2001;15(5):260-4. DOI: 10.1016/S1056-8727(01)00156-8.
- Bagavathiappan S, Philip J, Jayakumar T, Raj B, Rao PNS, Varalakshmi M, et al. Correlation between plantar foot temperature and diabetic neuropathy: a case study by using an infrared thermal imaging technique. *J Diabetes Sci Technol.* 2010;4(6):1386-92. DOI: 10.1177/193229681000400613.
- Lavery LA, Higgins KR, Lancton DR, Constantinides GP, Zamorano RG, Armstrong DG, et al. Home monitoring of foot skin temperatures to

- prevent ulceration. *Diabetes Care*. 2004;27(11):2642-7. DOI: 10.2337/11.2642.
23. Bharara M, Cobb JE, Claremont DJ. Thermography and thermometry in the assessment of diabetic neuropathic foot: a case for furthering the role of thermal techniques. *Int J Low Extrem Wounds*. 2006;5(4):250-60. DOI: 10.1177/1534734606293481.
 24. Murray HJ, Young MJ, Hollis S, Boulton AJ. The association between callus formation, high pressures and neuropathy in diabetic foot ulceration. *Diabet Med*. 1996;13(11):979-82. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9136(199611)13:11<979::AID-DIA267>3.0.CO;2-A.
 25. Caselli A, Pham H, Giurini J, Armstrong D, Veves A. The forefoot-to-rear-foot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration. *Diabetes Care*. 2002;25(6):1066-71. DOI: 10.2337/diacare.25.6.1066.
 26. Pitei DL, Foster A, Edmonds M. The effect of regular callus removal on foot pressures. *J Foot Ankle Surg*. 1999;38(4):251-5. DOI: 10.1016/S1067-2516(99)80066-0.
 27. Estévez RG, Faulí AC, Blasco CV, Salcedo NC, Fernández HP. Alternativas para la descarga de la úlcera neuropática en el pie diabético. *Av Diabetol*. 2010;26(6):457-62. DOI: 10.1016/S1134-3230(10)66016-4.
 28. Avagnina L. El examen biomecánico mediante plataformas baropodométricas. *Rev Int Cienc Podol*. 2007;1(1):45.
 29. Fernando M, Crowther R, Lazzarini P, Sangla K, Cunningham M, Buttner P, Gollidge J. Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: A systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. *Clin Biomech*. 2013;28(8):831-45. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2013.08.004.