



Artículo Original

Prevalencia de Neuropatía periférica de pequeñas fibras asociada a retinopatía en diabéticos tipo 2: Uso prueba biomédica por imagen termográfica

Prevalence of small fiber peripheral neuropathy associated with retinopathy in diabetics type 2: Using biomedical test by thermographic imaging

DOI

<https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2023.161.1615>

Dante Rodríguez-Alonso^{1,2,a}; José Cabrejo-Paredes^{3,b};
Segundo Nicolas Seclen^{4,c}

RESUMEN

Introducción: La neuropatía periférica diabética de fibras delgadas (NPD-fd) son diagnosticadas por pruebas biomédicas vasomotoras cuyo fundamento es la alteración de la termorregulación de la piel. **Objetivos:** Calcular la prevalencia y los factores asociados a NPD-fd usando imagen termográfica (IT). **Material y Métodos:** Se realizó un estudio observacional, transversal analítico en una unidad especializada en el ámbito de la atención primaria, en el que se evaluó pacientes con diabetes mellitus tipo 2 mediante pruebas neurológicas periféricas como la sensibilidad táctil y vibratoria para el diagnóstico de NPD de fibras gruesas (NPD- fg) y la termorregulación pasiva por IT para la NPD-fd . Ésta última se realizó en la planta del pie utilizando una cámara termográfica en la consulta ambulatoria, evaluando 5 mediciones termográficas plantares por sujeto. Luego, la asociación entre diabéticos con y sin NPD-fd fue analizada respecto a género, edad, tiempo de enfermedad diabética, tipo de tratamiento diabético, hipertensión, retinopatía, nefropatía, dieta baja en carbohidratos, actividad física, síntoma dolor y IMC. **Resultados:** Se estudiaron 304 pacientes con diabetes mellitus tipo 2, una edad promedio de 65,07±11,39 años, en su mayoría de sexo masculino, encontrándose una NPD-fg en 14,8 %, NPD-fd en 27,3 % y ambas NPD en 34,9%. La asociación de la NPD-fd fue únicamente con el factor de la presencia de retinopatía ($\alpha=0,02$, $C= 0.18$). **Conclusiones:** Se encontró una alta prevalencia de NPD-fd usando una imagen termográfica que estuvo asociado a la presencia de retinopatía.

Palabras Clave: prevalencia, neuropatía periférica, fibras pequeñas, imagen termográfica, retinopatía diabética (Fuente: DeCS-BIREME).

ABSTRACT

Introduction: Small fibers diabetic peripheral neuropathy (DPN-sf) are diagnosed by biomedical vasomotor tests whose foundation is altered skin thermoregulation. **Objectives:** To estimate the prevalence and factors associated with DPN-sf using thermographic imaging (TI). **Material and Methods:** An observational, cross-sectional, analytical study was performed in a specialized unit in the primary care setting, in which patients with type 2 diabetes mellitus were assessed by peripheral neurological tests such as tactile and vibratory sensitivity for the diagnosis of large fibers peripheral neuropathy (DPN-lf) and passive thermoregulation by TI for DPN-sf. The latter was performed on the sole using a thermographic camera in the outpatient clinic, evaluating 5 plantar thermographic measurements per subject. Then, the association between diabetics with and without DPN-sf was analyzed concerning gender, age, time of diabetic disease, type of diabetic treatment, hypertension, retinopathy, nephropathy, low carbohydrate diet, physical activity, pain symptom, and BMI. **Results:** 304 patients with type 2 diabetes

FILIACIÓN

1. Centro especializado "Innovaciones pie diabético", Trujillo-Perú.
2. Escuela de medicina, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo-Perú.
3. Escuela de medicina, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.
4. Unidad de Diabetes, Hipertensión y Lípidos, Instituto de Gerontología, Universidad Peruana Cayetano Heredia
 - a. Médico traumatólogo y ortopedista.
 - b. Médico especialista en Medicina de familia y comunitaria
 - c. Médico endocrinólogo.

ORCID

1. Dante Rodríguez-Alonso ORCID / [0000-0002-6662-9210](https://orcid.org/0000-0002-6662-9210)
2. José Cabrejo-Paredes ORCID / [0000-0002-7335-0541](https://orcid.org/0000-0002-7335-0541)
3. Segundo Nicolas Seclen ORCID / [0000-0002-2431-099X](https://orcid.org/0000-0002-2431-099X)

CORRESPONDENCIA

Dante Rodríguez-Alonso

EMAIL

droduiguezal@ucv.edu.pe

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación ha sido financiada por la subvención de "Ideas Audaces" del CONCYTEC-Perú.

CONTRIBUCIONES DE AUTORÍA

DRA: ha realizado la conceptualización, el diseño de la metodología, la conducción de la Investigación, el análisis de datos, la redacción del borrador inicial, redacción y revisión de la versión final.

JCP: ha realizado el análisis de datos, la redacción del borrador inicial, la redacción y revisión de la versión final.

SNS: ha realizado la redacción del borrador inicial, redacción y la revisión de la versión final.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Perú (CONCYTEC) por la subvención del proyecto inicial.

REVISIÓN DE PARES

Recibido: 01/08/2022

Aceptado: 22/01/2023



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.
Versión Impresa: ISSN: 2225-5109
Versión Electrónica: ISSN: 2227-4731
Cross Ref. DOI: 10.35434/rcmhnaaa
OJS: <https://cmhnaaa.org.pe/ojs>

mellitus were studied, mean age of 65.07±11.39 years, mostly male, finding DPN-If in 14.8 %, DPN-sf in 27.3 %, and both NPD in 34.9%. The association of DPN-sf was only with the factor of the presence of retinopathy ($\alpha=0.02$, $C= 0.18$). **Conclusions:** We found a high prevalence of DPN-sf using thermographic imaging that was associated with the presence of retinopathy.

Keywords: prevalence, peripheral neuropathy, small fibers, thermographic imaging, diabetic retinopathy. (Source: DeCS-BIREME).

COMO CITAR

Rodríguez-Alonso D, Cabrejo-Paredes J, Seclen SN. Prevalencia de Neuropatía periférica de pequeñas fibras asociada a retinopatía en diabéticos tipo 2: Uso prueba biomédica por imagen termográfica. Rev. Cuerpo Med. HNAAA [Internet]. 7 de junio de 2023 [citado 29 de septiembre de 2023];16(1). DOI: [10.35434/rcmhnaaa.2023.161.1615](https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2023.161.1615)

INTRODUCCIÓN

La neuropatía periférica afecta a casi el 50 % de los adultos con diabetes a lo largo de su vida⁽¹⁾. La estrategia de precisión y precocidad adecuada en el diagnóstico de la neuropatía periférica diabética (NPD) es combinar pruebas neurológicas periféricas que puedan evaluar las fibras nerviosas finas y gruesas⁽²⁾. Las imágenes termográficas son una alternativa biomédica viable y emergente en el diagnóstico de neuropatía periférica diabética⁽³⁾.

La NPD se expresa clínicamente por la presencia de síntomas y/o signos de disfunción nerviosa periférica de los miembros inferiores de manera simétrica en los pacientes con diabetes, con afectación autonómica sensorial y motora en la etapa inicial y avanzada respectivamente⁽⁴⁾.

Los principales factores asociados a esta patología son la edad del paciente, el tiempo de duración de la diabetes, la hiperglucemia, la hipertensión, la obesidad, el tabaquismo y otros que pueden influir en su presentación clínica, aparición y gravedad⁽⁵⁾. Un metaanálisis ha concluido que la duración de la diabetes, la edad, la hemoglobina glicosilada, la retinopatía diabética están asociados significativamente al incremento de la NPD, pero sin asociación con el índice de masa corporal, el tabaquismo, los triglicéridos y el colesterol total⁽⁶⁾.

El diagnóstico de la NPD de fibras gruesas se realiza por la prueba clínica de sensibilidad táctil y vibratoria cuya expresión clínica se caracteriza por ser tardía y asintomática⁽⁷⁾. Por otro lado, el diagnóstico de NPD de fibras pequeñas se realiza por pruebas funcionales vasomotoras como la prueba termorregulación cuya expresión clínica se caracteriza por ser precoz y dolorosa⁽⁸⁾.

Las NPD de pequeñas fibras delgadas son diagnosticadas por pruebas vasomotoras cuyo fundamento es la alteración de la termorregulación de la piel al estímulo pasivo o activo por frío o calor produciendo una ausencia o disminución de la respuesta de vasoconstricción⁽⁹⁾. Los antecedentes de prevalencia de NPD de fibras pequeñas varían de 1,6% a 13,5% en Dinamarca⁽¹⁰⁾ y 24,7% en China⁽¹¹⁾ usando pruebas clínicas y biomédicas combinadas en ambos estudios.

Las imágenes termográficas medicas son representaciones graficas que evalúa la termorregulación, por medio de la captación de las emisiones de calor de la piel explorada que luego es procesada y analizada para identificar una alteración⁽¹²⁾. Las imágenes termográficas son aplicadas en el

apoyo diagnóstico y seguimiento de la neuropatía periférica diabética, enfermedad arterial periférica, deformidad del pie y úlceras diabéticas⁽¹³⁾.

Los antecedentes sobre diagnóstico de NPD de fibras pequeñas usando imágenes termográficas, han mostrado resultados válidos y exitosos en la India⁽¹⁴⁾, Rumania⁽¹⁵⁾, Brasil⁽¹⁶⁾, Singapur⁽¹⁷⁾ y China⁽¹⁸⁾.

La neuropatía diabética como principal complicación crónica de la diabetes, su alta prevalencia mundial, sus factores asociados, su prevención para evitar úlceras y la capacidad de evaluar el componente neurológico autonómico por las imágenes termográficas justifican el objetivo de calcular la prevalencia e identificar los factores asociados al diagnóstico de la neuropatía periférica de fibras pequeñas usando imágenes termográficas en una unidad especializada que atiende a diabéticos tipo 2 en la ciudad de Trujillo-Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

El diseño de la investigación fue observacional y transversal a través de la presencia de un diagnóstico de neuropatía periférica diabética de fibras pequeñas por imagen termográfica y su asociación con diferentes variables. Los pacientes con diabetes tipo 2 participantes fueron reclutados de un programa público de diabetes en Trujillo (ubicado en la costa norte del Perú a 34 metros sobre el nivel del mar), derivados de centros de atención primaria de salud durante el año 2018 y evaluados por una unidad especializada privada de la misma ciudad. La población de estudio fue recolectada durante 12 meses y su selección se realizó por muestreo aleatorio simple. Los criterios de selección fueron: diagnóstico de diabetes según la guía clínica del Ministerio de Salud del Perú, ausencia de lesiones ulcerosas en el pie, ausencia de enfermedad mental o discapacidad motora que impida la movilización u otras patologías neurológicas secundarias, y la aprobación del consentimiento informado por escrito. La unidad de análisis fue cada paciente con diabetes con o sin diagnóstico de neuropatía periférica de fibras pequeñas.

El tamaño de la muestra se calculó mediante la metodología del poder estadístico utilizando el programa OpenEpi de código abierto, para la cual se consideró un nivel de confianza de 95%, una potencia de 80%, la razón de expuestos a no expuestos para estudios transversales igual a 2, se consideró el porcentaje de no expuestos positivos 20% y el OR 2,3 (valor promedio de los factores significativos) que fue extraído de un metaanálisis⁽⁶⁾. El resultado final fue 83 y 165 para los

expuestos y no expuestos a NPD respectivamente.

Las variables consideradas según el diseño fueron presencia de neuropatía periférica de fibras pequeñas, demográficas como el grupo etario según OMS y género, antecedentes de la diabetes como el tiempo de enfermedad y control regular de atención, comorbilidades como la presencia de hipertensión arterial, nefropatía y retinopatía, estilo de vida como la presencia de actividad física y dieta baja en carbohidratos, síntomas neurológicos como la presencia de dolor o adormecimiento e IMC según OMS (alto o normal). La presencia de actividad física fue considerada cuando el paciente con diabetes practicaba una caminata vigorosa, trotar o correr 3 veces a la semana durante 30 minutos y la presencia de dieta baja en carbohidratos fue considerada de acuerdo al programa nutricional supervisado de su centro de atención de salud de referencia.

Los pacientes fueron evaluados mediante exploración clínica para el diagnóstico de la NPD de fibras gruesas y para el diagnóstico de NPD de fibras delgadas prueba de termorregulación (prueba biomédica) usando imágenes termográficas. Ambos componentes fueron validados en un estudio local⁽¹⁹⁾.

El interrogatorio para el diagnóstico de NPD para fibras gruesas y pequeñas consistió en preguntar sobre las características demográficas, antecedentes de diabetes, comorbilidades, estilo de vida y presencia de síntomas neurológicos.

El examen físico para el diagnóstico de la NPD para fibras gruesas fueron la prueba de sensibilidad táctil con el monofilamento de 10 gr en tres zonas plantares de cada pie, y la prueba vibratoria con el diapason de 128 Hz sobre el hallux de cada pie según las recomendaciones de la IWGDF⁽⁷⁾.

El examen físico para el diagnóstico de la NPD para fibras pequeñas fue la prueba de termorregulación que consistió en los siguientes pasos:

- La región de interés para la adquisición de las imágenes fueron la zona plantar de ambos pies del paciente en decúbito dorsal y usando un aislante periférico de fondo muy similar al estudio de Van Netten⁽²⁰⁾.
- La captura de las imágenes termográficas fueron realizadas usando una cámara FLIR E60 (sensor de infrarrojos de 360 x 240 píxeles, sensibilidad térmica de 0,05 °C, rango espectral de 7.5 a 14 μm) siguiendo las recomendaciones internacionales⁽²¹⁾ en un entorno acondicionado previo del paciente de 15 minutos antes del examen con una temperatura de 20 a 25 °C y una humedad del 60-80%, equipo y accesorios calibrados y realizados por un técnico médico capacitado, ver figura 1.
- La imagen termográfica fue registrado digitalmente en JPG por la cámara y luego enviado a una computadora para ser analizada por el software FLIR Tool.
- Este estudio consideró como estímulo el ambiente de la sala de exploración entre 20 a 25 grados °C (5 minutos en promedio), esto corresponde a evaluación termográfica pasiva. No consideramos estímulos de frío

o calor en este estudio.

- El análisis de las imágenes termográficas consideró la segmentación y mediciones absolutas puntuales de cinco zonas plantares de ambos pies¹⁸ localizadas en el centro del hallux, la prominencia del primer metatarsiano, la prominencia del tercer metatarsiano, prominencia del quinto metatarsiano y el talón.
- Se compararon las temperaturas absolutas de las 5 lugares de cada planta usando el valor absoluto del diferencial de la temperatura absoluta puntual de cada punto en las 5 zonas segmentadas de la planta.
- El resultado final se consideró como termorregulación anormal cuando el valor diferencial de medición de temperatura puntual fue mayor a 2 °C en cualquiera de los 5 puntos de medición⁽²²⁾.
- El diagnóstico definitivo de NPD de fibras pequeñas fue considerado cuando la prueba de termorregulación con imágenes termográficas fue anormal. Este proceso fue gestionado y analizado por una plataforma online de gestión de datos. El médico de familia capacitado analizó la información de los datos e imágenes que luego fueron validados por el investigador principal por telemedicina. El paciente recibió un informe sobre su diagnóstico final y fue referido a su lugar de centro de atención primaria de salud.

La estadística descriptiva fue el cálculo de frecuencias relativas y absolutas en las variables observacionales. La estadística inferencial consistió en analizar la relación de la presencia de NPD de fibras pequeñas con factores demográficos, antecedentes de diabetes, comorbilidades, estilo de vida, síntomas y presencia de IMC elevado. Se utilizó análisis usando la prueba de chi-cuadrado utilizando el software SPSS versión 24. No usamos análisis multivariado por regresión logístico debido a que el tamaño de muestra no alcanzaba el mínimo recomendado. Los componentes éticos y deontológicos fueron el consentimiento informado por escrito, confidencialidad y aprobación del comité de ética externo acreditado por el Instituto Nacional de Salud.

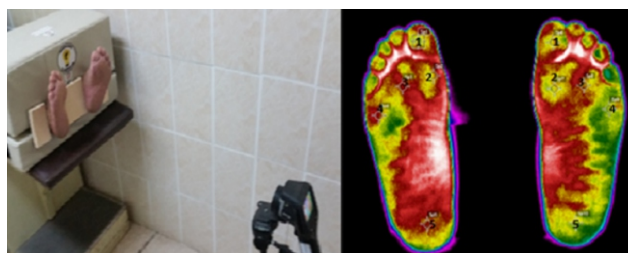


Figura 1.

Lado izquierdo muestra abordaje de la zona de interés usando la cámara termográfica obtenida con los 5 puntos de medición.

RESULTADOS

Los diabéticos tipo 2 considerados en la evaluación fueron 304 de un total de 310 por que seis de ellos fueron excluidos por presentar una imagen termográfica de mala calidad. Las características de los sujetos evaluados fueron: edad promedio en 65,07±11,39, género masculino en 57,6%, 10 a más años de diabetes en 67,4%, hipertensión 50,3% y presencia de actividad física en el 82,9%. Ausencia de

síntomas neurológicos en 61,2%, IMC alto en 76,6%; sensibilidad táctil conservada en el 93,1%, sensibilidad vibratoria conservada en el 88,2% y prueba de termorregulación conservada en 72,7%. El diagnóstico de NP de grandes fibras, fibras pequeñas y global fueron 14,8%, 27,3% y 34,9% respectivamente. El análisis de la variable diagnóstica de NPD de pequeñas fibras respecto a los factores concurrentes, mediante la prueba de "Chi" cuadrado, encontró solo asociación con la presencia de retinopatía ($\alpha=0,02$) con una asociación directa con fuerza débil por el coeficiente de contingencia ($C= 0,18$); detalles en la Tabla 2.

Tabla 1. Características generales de 304 pacientes con diabetes tipo 2 evaluados para diagnóstico de neuropatía periférica en un centro especializado de pie diabético.

Características	Parámetro	F	%
Demográfica	Genero		
	Hombre	175	57,6
	Mujer	129	42,4
Antecedentes de diabetes	Tiempo de enfermedad		
	Menos de 10 años	99	32,6
	10 a mas años	205	67,4
	Tipo de tratamiento		
	Oral	279	91,8
Insulina	25	8,2	
Comorbilidades	Hipertensión arterial		
	Si	153	50,3
	No	151	49,7
	Retinopatía		
	Si	84	30,3
	No	220	69,7
Comorbilidades	Nefropatía		
	Si	32	10,5
	no	272	89,5
Estilo de vida	Dieta baja en carbohidratos		
	Si	153	50,3
	No	151	49,7
	Actividad física		
	Si	252	82,9
No	52	17,1	
Síntoma neurológico	Dolor o adormecimiento		
	Si	72	23,7
No	232	76,3	
Exploración clínica	IMC		
	Normal	101	33,2
	sobrepeso	133	43,8
	obesidad	70	23
	Sensibilidad táctil		
	Presente	283	93,1
	Ausente	21	6,9
	Sensibilidad vibratoria		
	Presente	268	88,2
	Ausente	36	11,8
Termorregulación por IT			
Presente	221	72,7	
Ausente	83	27,3	
Diagnóstico de neuropatía periférica	Grandes fibras		
	Si	45	14,8
	No	259	85,2
	Pequeñas fibras		
	Si	83	27,3
	No	221	72,7
Grandes o pequeñas fibras (global)			
Si	106	34,9	
No	198	65,1	

Tabla 2. Análisis de asociación entre pacientes con diabetes tipo 2 con y sin diagnóstico de neuropatía periférica de pequeñas fibras en un centro especializado de pie diabético.

Características	Parámetro	NPD-pf presente (83)	NPD-pf Ausente (221)	p< 0,05
Demográfica	Genero			0,75
	Hombre	49	126	
	Mujer	34	95	
	Edad			0,19
	Menor de 70 años	52	141	
	70 a mas años	31	80	
Antecedentes de diabetes mellitus tipo 2	Tiempo de enfermedad			0,41
	Menos 10 años	24	75	
	10 a mas años	59	146	
	Tipo de tratamiento			0,19
	Oral	79	200	
	Insulina	5	21	
Comorbilidades	Hipertensión arterial			0,33
	Si	38	115	
	No	45	106	
	Retinopatía			0,02*
	Si	19	73	
	No	64	148	
Comorbilidades	Nefropatía			0,91
	Si	9	23	
	no	74	198	
Estilo de vida	Dieta baja en carbohidratos			0,13
	Si	36	117	
	No	47	104	
	Actividad física			0,78
	Si	68	184	
	No	15	37	
Síntoma neurológico	Dolor o adormecimiento			0,27
	Si	67	165	
	no	16	56	
Exploración clínica	IMC según OMS			0,73
	Normal(18,5 a 24,9)	30	71	
	Elevado (25 a mas)	53	150	

NPD-pf: neuropatía periférica diabética de fibras pequeñas, IMC: índice de masa corporal, *: (coeficiente de contingencia) igual a 0,18,

DISCUSIÓN

Este estudio encontró 27,3% como frecuencia de diagnóstico de neuropatía periférica diabética de pequeñas fibras usando la imagen térmica y solo estuvo asociada a la presencia de retinopatía diabética .

El diagnóstico de la NPD se realiza de manera tardía porque solo se considera la afectación de fibras gruesas (somatosensoriales) que detectan la alteración neurológica en etapa avanzada⁽²³⁾. La NPD que afecta las pequeñas fibras ocurre tempranamente y está asociadas con dolor neuropático , úlcera dérmica y pie de Charcot⁽²⁴⁾.

El diagnóstico de NPD de fibras gruesas, se realiza por las pruebas de sensibilidad táctil y vibratoria que corresponden a las fibras mielínicas A δ de 1-5 μ m y A β de 6-12 μ m respectivamente⁽²⁵⁾. Por otro lado , el diagnóstico de la NPD de fibras pequeñas denominadas autonómicas, se realiza usando pruebas funcionales o estructurales que corresponden a las fibras amielínicas C de 0,2-1,5 μ m^(8,26). Este estudio focalizo el diagnóstico a la NPD de fibras pequeñas pero incluyó la evaluación de la NPD de fibras

gruesas de tal manera que se trató de abarcar el compromiso anatómico de todas las fibras nerviosas en la descripción de la características de la población objetivo.

El diagnóstico de la NPD de fibras pequeñas es realizado usando pruebas funcionales tales como la imagen Doppler laser, cuantificación de sensorio por umbral de dolor o calor, evaluación del sudor motora, potenciales evocados y micro neurografía⁽²⁷⁾. También con el uso de pruebas estructurales como microscopia confocal corneal, biopsia de piel y biopsia del nervio⁽⁸⁾. Este estudio utilizó para el diagnóstico de NPD de fibras pequeñas una prueba funcional del mecanismo de termorregulación que es similar a la imagen Doppler laser.

Este estudio encontró una prevalencia de NPD global de casi 35%, es decir fibras delgadas y gruesas, dentro de los rangos reportados por una revisión sistemática⁽²⁸⁾. Por otro lado, la prevalencia de NPD de pequeñas fibras encontrada en este estudio fue superior a un estudio danés⁽¹⁰⁾ y similar a un estudio chino⁽¹¹⁾. La diferencia respecto estudio danés se explica porque su población fueron diabéticos recién diagnosticados; la similitud con el estudio Chino se explica porque su población presento una tiempo de diabetes de más de 10 años, pero una diferencia resaltante es que ellos usaron una prueba estructural como la microscopia confocal corneal.

La utilización de la imagen termográfica como expresión fisiológica de la termorregulación pasiva realizada en ésta investigación fue similar a los estudios de la India⁽¹⁴⁾, Rumania⁽¹⁵⁾, Singapur⁽¹⁷⁾ y China⁽¹⁸⁾ y respecto al diseño de estudio fue similar solo al estudio de la India ya mencionado. Este estudio solo fue similar en diagnóstico de NPD de fibras pequeñas al realizado en Brasil⁽¹⁶⁾. Por otro lado, ninguno de los estudios mencionados utilizó la telemedicina o se realizaron en un entorno de atención primaria. La termorregulación alterada que se expresa en la imagen infrarroja, se debe al aumento de la captación de la onda infrarroja de la piel inervada por un nervio periférico alterado que no regula el reflejo vasomotor del plexo capilar produciendo una vasodilatación sostenida que aumenta la temperatura en la zona⁽²⁹⁾.

Este estudio encontró como único factor asociado a la NPD de fibras pequeñas la presencia de retinopatía diabética. Esta asociación se explica porque la neuropatía periférica diabética presenta similar proceso fisiopatológico que la retinopatía sobre todo cuando están afectadas las fibras pequeñas⁽³⁰⁾. Los factores como antecedentes de diabetes, estilos de vida, síntomas neurológicos no estuvieron asociados a la NPD de fibras pequeñas por la subjetividad de su recolección.

Las limitaciones encontradas en este estudio fueron la utilización de un software de análisis de imágenes termográficas no personalizado y la no monitorización de la HbA1c. Las fortalezas fueron el uso de una plataforma de telemedicina. La implicancia clínica es que el uso de la imagen termografía permite complementar de forma temprana e integral la detección de la neuropatía periférica diabética.

La conclusión de este estudio utilizando una prueba

biomédica de termorregulación pasiva expresada en la imagen termográfica, encontró un 23,% de prevalencia de NPD de pequeñas fibras en los pacientes con diabetes tipo 2 estudiados. Esta alta prevalencia está asociada directamente y fuerza leve a la presencia de retinopatía diabética. El aporte científico de este estudio fue poder calcular la prevalencia de la NPD de fibras delgadas usando una novedosa prueba biomédica térmica no invasiva siendo válida en el contexto del diagnóstico del pie en riesgo a úlcera en diabéticos tipo 2 sobre todo en aquellos con presencia de retinopatía diabética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hicks CW, Selvin E. Epidemiology of Peripheral Neuropathy and Lower Extremity Disease in Diabetes. *Curr Diab Rep* 2019 ;19(10):1-13. DOI: 10.1007/s11892-019-1212-8.
- Juster-Switlyk K, Smith AG. Updates in diabetic peripheral neuropathy. *F1000Res* 2016 ;5:1-7. DOI: 10.12688/f1000research.7898.1
- Hazenberg CEVB, Aan de Stegge WB, Van Baal SG, Moll FL, Bus SA. Telehealth and telemedicine applications for the diabetic foot: A systematic review. *Diabetes Metab Res Rev* 2020 ;36(3):1-11. DOI: 10.1002/dmrr.3247
- Selvarajah D, Kar D, Khunti K, Davies MJ, Scott AR, Walker J, Tesfaye S. Diabetic peripheral neuropathy: advances in diagnosis and strategies for screening and early intervention. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2019 ;7(12): 938-948. DOI: 10.1016/S2213-8587(19)30081-6.
- Papanas N, Ziegler D. Risk factors and comorbidities in diabetic neuropathy: an update 2015. *Rev Diabet Stud* 2015, 12(1):48-62. DOI: 10.1900/RDS.2015.12.48
- Liu X, Xu Y, An M, Zeng Q. The risk factors for diabetic peripheral neuropathy: A meta-analysis. *PLoS One* 2019 ;14(2):1-16. DOI: 10.1371/journal.pone.0212574.
- Schaper NC, van Netten JJ, Apelqvist J, Bus SA, Hinchliffe RJ, Lipsky BA; IWGDF Editorial Board. Practical Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev* 2020 ;36(S1):1-10. DOI: 10.1002/dmrr.3266
- Sharma S, Vas P, Rayman G. Small Fiber Neuropathy in Diabetes Polyneuropathy: Is It Time to Change?. *J Diabetes Sci Technol*. 2022 ;16(2):321-331. DOI: 10.1177/1932296821996434.
- Fealey RD. Thermoregulation in neuropathies. *Handb Clin Neurol* 2018;157:777-87. DOI: 10.1016/B978-0-444-64074-1.00048-3.
- Itani M, Gylfadottir SS, Krøigård T, Kristensen AG, Christensen DH, Karlsson P, Möller S et al. small and large fiber sensory polyneuropathy in type 2 diabetes: Influence of diagnostic criteria on neuropathy subtypes. *J Peripher Nerv Syst* 2021 ;26(1):55-65. DOI: 10.1111/jns.12424.
- Jin Y, Wang W, Chen W, Guo S, Li C, Zhu D, Bi Y. Corneal confocal microscopy: A useful tool for diagnosis of small fiber neuropathy in type 2 diabetes. *J Diabetes Investig* 2021 ;12(12):2183-2189. DOI: 10.1111/jdi.13616.
- Brioschi ML, Yeng LT, Teixeira MJ. Medical thermography: what is it? And its applications. *Pan Am J Med Thermol* 2015 ;2(1):14-17. DOI:10.18073/2358-4696/pajmt.v2n1p14-17
- Hernández-Contreras D, Peregrina-Barreto H, Rangel-Magdaleno J, Gonzalez-Bernal J. Narrative review: diabetic foot and infrared thermography. *Infrared Physics & Technology* 2016,78: 105-117. DOI: 10.1016/j.infrared.2016.07.013
- Bagavathiappan S, Philip J, Jayakumar T, Raj B, Rao PN, Varalakshmi M, Mohan V. 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
- Mazilu, G. Filos, C. & Popescu, CD. Cutaneous thermographic changes in diabetic polyneuropathy. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi* 2011,115(4):1007-11. <https://www.revmedchir.ro/index.php/revmedchir/article/view/1227/1069>
- Balbinot, F. Canani, LH. Robinson, CC. Achaval, M. & Zaro MA. Plantar thermography is useful in the early diagnosis of diabetic neuropathy. *Clinics* 2012, 67(12):1419-1425. DOI: 10.6061/clinics/2012(12)12

17. Adam M, Ng EYK ,Oh SL, Heng ML, Hagiwara Y, Tan JH, Tong JWK, Acharya UR. Automated detection of diabetic foot with and without neuropathy using double density-dual tree-complex wavelet transform on foot thermograms. *Infrared Physics and Technology* (2018),92: 270-279. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.06.010>
18. Zhou Q, Qian Z, Wu J, Liu J, Ren L, Ren L. Early diagnosis of diabetic peripheral neuropathy based on infrared thermal imaging technology. *Diabetes Metab Res Rev*. 2021 ;37(7):1-38. DOI: 10.1002/dmrr.3429.
19. Rodríguez-Alonso, D. Mercedes-Chávez. Termografía clínica en el diagnóstico de neuropatía periférica diabética: un estudio transversal. *UCV-Scientia* 2017; 9(S1):26. <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-scientia/issue/view/1817>
20. Van Netten J, Van Baal J, Liu Ch, Van Der Heijden, F. Infrared Thermal Imaging for Automated Detection of Diabetic Foot Complications. *J Diabetes Sci Technol* 2013, 7(5) :1122-1129. DOI : 10.1177/193229681300700504
21. American Academy of thermology. Guidelines for Neuromusculoskeletal Infrared Thermography Sympathetic Skin Response (SSR) Studies. *Pan Am J Med Thermol* 2015, 2(1):35-43. DOI: 10.18073/2358-4696/pajmt.v2n1p35-43
22. Lavery LA, Higgins KR, Lanctot DR, Constantinides GP, Mauli Agrawal C. Preventing Diabetic Foot Ulcer Recurrence in High-Risk Patients. *Diabetes Care* 2007 ,30(1):14-20. DOI: 10.2337/dc06-1600
23. Burgess J, Frank B, Marshall A, Khalil RS, Ponirakis G, Petropoulos IN, Cuthbertson DJ, Malik RA, Alam U. Early Detection of Diabetic Peripheral Neuropathy: A Focus on Small Nerve Fibres. *Diagnostics (Basel)*2021 ;11(2):1-39. DOI: 10.3390/diagnostics11020165.
24. Malik RA. Diabetic neuropathy: A focus on small fibres. *Diabetes Metab Res Rev* 2020 ;36(s1):1-4. DOI: 10.1002/dmrr.3255.
25. Schaper NC, van Netten JJ, Apelqvist J, Bus SA, Hinchliffe RJ, Lipsky BA; IWGDF Editorial Board. Practical Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev* 2020 ;36(S1):1-10. DOI: 10.1002/dmrr.3266.
26. Won JC, Park TS . Recent Advances in Diagnostic Strategies for Diabetic Peripheral Neuropathy. *Endocrinol Metab (Seoul)* 2016,31(2):230-8. DOI: 10.3803/EnM.2016.31.2.230
27. Marshall A, Alam U, Themistocleous A, Calcutt N, Marshall A. Novel and Emerging Electrophysiological Biomarkers of Diabetic Neuropathy and Painful Diabetic Neuropathy. *Clin Ther*. 2021 ;43(9):1441-1456. DOI: 10.1016/j.clinthera.2021.03.020.
28. Hicks CW, Selvin E. Share. Epidemiology of Peripheral Neuropathy and Lower Extremity Disease in Diabetes. *Curr Diab Rep*. 2019 ;19(10):86. DOI: 10.1007/s11892-019-1212-8.
29. Balasubramanian, G. Vas, P. Chockalingam, N & Naemi, R. A Synoptic Overview of Neurovascular Interactions in the Foot. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2020 ,11 :1-11. DOI: 10.3389/fendo.2020.00308
30. Li J, Cao Y, Liu W, Wang Q, Qian Y, Lu P. Correlations among Diabetic Microvascular Complications: A Systematic Review and Metaanalysis. *Sci Rep*. 2019 ;9(1):3137. DOI: 10.1038/s41598-019-40049-z.