

Tutores Tesis Doctoral: Prof. Dr. José Luis Lázaro Martínez, Prof<sup>a</sup>. Dra. Esther Alicia García Morales, Prof. Dr. David Carabantes Alarcón

Doctorandum: Yolanda García Álvarez

**Título: IDENTIFICACIÓN DE LAS DEFORMIDADES MORFOFUNCIONALES DEL PIE EN PACIENTES DIABÉTICOS CON O SIN NEUROPATÍA Y EN PACIENTES NO DIABÉTICOS, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍA PODOLÓGICA Y BIOMECÁNICA**

**INTRODUCCIÓN:**

---

La Diabetes *mellitus* (DM) constituye una de las principales causas de muerte, sobre todo en los países desarrollados y una de las principales causas de insuficiencia renal, ceguera y amputación no traumática. La complicación tardía más incapacitante de esta enfermedad es el síndrome del “Pie Diabético”, cuyo proceso etiopatogénico comprende un triada etiológica neuropática, vascular e infecciosa. Cerca del 15% de los diabéticos de varios años de evolución desarrollarán una úlcera en el pie a lo largo de su vida y en ocasiones puede llevar a la amputación del pie o de la pierna. Todos estos riesgos se ven aumentados en pacientes diabéticos con polineuropatía diabética con afectación motora y autonómica, que ante la falta de sensibilidad pierden la sensación protectora, lo que favorecerá la aparición de lesiones en la piel, principalmente de origen traumático, rompiendo la barrera cutánea y pudiendo producirse la penetración de microorganismos.

La influencia de la afectación motora sobre la ulceración en el pie diabético, esta sometida a día de hoy a numerosas contradicciones. La neuropatía diabética se ha considerado, hasta el momento, como un condicionante etiológico en la DM de alteraciones biomecánicas y por tanto también responsable de importantes deformidades de la estructura anatómica del pie, como dedos en garra o en martillo, prominencia de cabezas metatarsales, limitación de la movilidad articular y alteraciones funcionales de la marcha. Todos estos cambios morfofuncionales suponen un aumento de las presiones plantares, con el consiguiente riesgo de ulceración ya que, una presión repetitiva y excesiva en una persona con afectación de la sensibilidad protectora conduce a una lesión del tejido al no existir señal de alarma.

Se ha demostrado recientemente que estas alteraciones pueden estar presentes antes de que se evidencie clínicamente la neuropatía diabética, habiéndose atribuido a la DM, patologías que serían previas a la propia enfermedad.

Todas estas alteraciones o deformidades será necesario estudiarlas en profundidad, de cara a establecer cuales deben ser las estrategias preventivas, diagnósticas y terapéuticas que ayuden a reducir el numero de ulceraciones y de amputaciones asociadas al pie diabético, ya que hasta el momento, no existen estudios con muestra de gran tamaño que permitan establecer un factor causal en la aparición de deformidades y limitación articular en le pie de la población diabética y no diabética.

#### HIPÓTESIS:

Las deformidades morfofuncionales del pie son independientes del padecimiento de la Diabetes *mellitus* así como de la presencia o no de neuropatía asociada a ésta.

#### OBJETIVOS:

1. Describir las deformidades estructurales del pie en pacientes no diabéticos y en pacientes diabéticos con y sin neuropatía.
2. Describir el patrón de hiperqueratosis en pacientes no diabéticos y en pacientes diabéticos con y sin neuropatía.
3. Determinar el rango de movimiento articular en las articulaciones tibioperonea-astragalina, subastragalina y metatarsofalángica del hallux en pacientes no diabéticos y en pacientes diabéticos con y sin neuropatía.
4. Identificar los factores que se asocian a la presencia de deformidades y a la alteración de los movimientos articulares en el pie diabético.

#### MATERIAL Y MÉTODOS:

Estudio observacional prospectivo de seguimiento transversal en el que se han analizado las alteraciones biomecánicas y las deformidades morfofuncionales en 803 pacientes, estableciéndose tres cohortes:

Cohorte 1: Formada por 237 pacientes diabéticos sin neuropatía.

Cohorte 2: Formada por 236 pacientes diabéticos con neuropatía

Cohorte 3: Formada por 330 pacientes no diabéticos.

Se incluyeron en el estudio todos los pacientes que cumplieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

**De forma general, los criterios de inclusión fueron:**

- Personas de ambos sexos mayores de edad que aceptaran participar en el estudio y con buena capacidad para colaborar en la exploración.

Si presentaban úlceras en el momento de la valoración, criterios de isquemia crítica y amputación mayor infra o supracondílea, no eran seleccionados.

Los pacientes que estaban diagnosticados de DM fueron asignados a la Cohorte 1, si no presentaban neuropatía diabética, y a la Cohorte 2, si eran neuropáticos.

Los pacientes no diabéticos asignados a la Cohorte 3, no presentaban afectación neurológica ni enfermedades reumáticas que desencadenaran deformidades y limitaciones articulares en el pie.

Todos los pacientes fueron sometidos a un screening neurológico y vascular para asignarlos a las cohortes de estudio.

En el screening neuropático se utilizó el monofilamento de Semmes-Weinstein 5.07 10g para identificar la pérdida de la sensación protectora en 10 puntos diferentes. La falta de sensibilidad a más de 4 puntos se definió como neuropatía.

En el screening vascular se realizaron dos técnicas no invasivas: el ITB y la palpación del pulso pedio y tibial posterior. La ausencia de pulsos y un ITB menor de 0,5, se definió como isquemia.

Como variables principales se analizaron:

- Deformidades digitales
- Exploración biomecánica: Articulación tibioperonea astragalina (ATPA), articulación subastragalina (ASA), posición relajada de calcáneo en apoyo, posición neutra de calcáneo en apoyo y el rango articular de la primera articulación metatarsofalángica.

Como variables secundarias: patología ungueal y dérmica y antecedentes médicos personales.

- Patrón de hiperqueratosis.

El análisis descriptivo general de la muestra total (Cohortes 1, 2 y 3), se ha realizado en función de las siguientes variables: Sexo, Edad, Índice de masa corporal y Antecedentes personales.

De la muestra total a estudio (803 pacientes), 403 pacientes (50,2%) son hombres y 400 pacientes (49,8%) son mujeres.

Según estos datos, se observaron diferencias significativas en el sexo de los pacientes diabéticos y no diabéticos, siendo más prevalente el número de hombres con DM ( $p=0,001$ ). Además, la prevalencia de DM con neuropatía diabética fue mayor en los hombres ( $p=0,002$ ).

La edad media de la muestra total fue de 61,49 años con una desviación típica (DE) de 16,15 años, un mínimo de edad de 18 años y un máximo de edad de 103 años.

En la gráfica se puede observar como la edad media de las mujeres fue mayor a la de los hombres. Datos significativamente estadísticos a edades mayores fueron:

- Ser diabético ( $p=0,000$ ), frente a no serlo
- En combinación con el sexo: Ser DM con ND y hombre ( $p=0,000$ ) y ser no DM y mujer (0.001).

Posteriormente, se ha realizado un análisis descriptivo más específico de la muestra de pacientes diagnosticada de DM, en función del tipo de DM, ttº, control metabólico y screening vascular y neuropático.

En cuanto al tipo de DM, el 3,4 % ( $n=27$ ) fueron DM tipo 1, el 33,9% ( $n=272$ ) fueron tipo 2 no insulino dependiente (DM tipo 2 NID) y 21,7% ( $n=174$ ) fueron tipo 2 insulino dependiente (DM tipo 2 ID). Así el tipo de DM más prevalente fue el Tipo 2 NID ( $p=0,006$ ).

Analizando el tipo de tratamiento de DM, 155 (19,3%) estaban en tratamiento con insulina, 211 (26,3%) en tratamiento con antidiabéticos orales (ADO), 46 (5,7%) en tratamiento con dieta y ejercicio, 4 (0,5%) en tratamiento con insulina, dieta y ejercicio, 41 (5,1%) en tratamiento con insulina, antidiabéticos orales, dieta y ejercicio, y finalmente 16 (2,0%) en tratamiento con antidiabéticos orales, dieta y ejercicio. Así los ADO fueron los más prevalentes con un valor de  $p=0,024$ .

La media de años de evolución de la DM fue de  $10,54 \pm DE 9,18$  años en la Cohorte 1 y de  $12,02 \pm DE 9,69$  años en la Cohorte 2.

Los valores elevados de Glucosa y HbA1c pertenecen a los pacientes con más años de evolución de la DM, es decir con los pacientes neuropáticos. Se justifican los valores altos de glucosa con los valores altos de hemoglobina glicosilada.

En la valoración vascular se observaron diferencias estadísticas en la Cohorte 1 con valores diagnósticos de normalidad ( $p=0,022$ ) y en la Cohorte 2 con valores diagnósticos de isquemia moderada ( $p=0,027$ ) y de dificultad en la palpación de los pulsos pedio y tibial posterior ( $p=0,000$ )

En la valoración neuropática, los pacientes no diabéticos, no registraron afectación de la sensibilidad superficial táctil a través del Monofilamento de Semmes-Weinstein 5.07/10g. En cambio en los pacientes diabéticos con neuropatía diabética diagnosticada, la afectación estuvo presente en el 100% ( $n=236$ ), observándose un significación estadística frente al resto de la muestra ( $p=0,000$ ).

## RESULTADOS:

---

### Deformidades digitales:

Se observó que las patologías digitales más frecuentes en la muestra total ( $n=803$ ) son: el dedo en garra, con un 47,9% ( $n=380$ ); el hallux abductus valgus, con un 36,9% ( $n=307$ ) y el dedo en martillo, con un 15,4% ( $n=125$ ). De la misma forma, al analizar la muestra en función de las Cohortes, se observó que las deformidades digitales más prevalentes fueron iguales para las tres cohortes a estudio, con significación estadística en todas las variables ( $p<0,05$ ), excepto en el dedo en garra y el dedo en martillo. Se observó significación estadística ( $p<0,05$ ) cuando el paciente presentaba pie de Charcot (Patrón I), siendo únicamente valorado en pacientes con DM.

Estableciendo una comparación entre el grupo de pacientes diabéticos (59%,  $n=473$ ) y el grupo de pacientes no diabéticos (41%,  $n=330$ ), se observó que las deformidades digitales más prevalentes en el grupo de pacientes diabéticos fueron el dedo en garra, con un 50,3% ( $n=238$ ); el hallux abductus valgus, con un 38,5% ( $n=182$ ) y el dedo en martillo, con un 14,4% ( $n=68$ ). De la misma forma, en el grupo de pacientes no diabéticos, las deformidades digitales más prevalentes fueron el dedo en garra, con un 43% ( $n=142$ ); el hallux abductus valgus, con un 37,9% ( $n=125$ ) y el dedo en martillo, con un 17,3% ( $n=57$ ).

Para poder valorar si se establece una relación directa entre la neuropatía diabética con las deformidades en el pie, se realizó una segunda comparación, ésta vez entre el grupo de pacientes diabéticos neuropáticos (29% de la muestra total y 49,9% de la muestra de pacientes diabéticos, n=236) y el grupo de pacientes diabéticos no neuropáticos (30% de la muestra total y 50,1% de la muestra de pacientes diabéticos, n=237), donde se observó que las deformidades digitales más prevalentes en el grupo de pacientes diabéticos neuropáticos fueron el dedo en garra, con un 53,0% (n=125); el hallux abductus valgus, con un 30,5% (n=72) y el dedo en martillo, con un 11,9% (n=28). De la misma forma, en el grupo de pacientes diabéticos no neuropáticos, las deformidades digitales más prevalentes fueron el dedo en garra, con un 47,7% (n=113); el hallux abductus valgus, con un 46,4% (n=110) y el dedo en martillo, con un 16,9% (n=40). Se observó significación estadística ( $p < 0,05$ ) cuando el paciente presentaba pie de Charcot (Patrón I), con mayor prevalencia en pacientes diabéticos neuropáticos y hallux abductus valgus, con mayor prevalencia en pacientes diabéticos no neuropáticos. La presencia tan elevada en ambos grupos a estudio del dedo en garra, dedo en martillo, dedo supra e infraductus y Taylor bunion, no aportó diferencias significativas en la muestra total de pacientes diabéticos.

#### Patología ungueal:

La patología ungueal más frecuente fue la Onicocriptosis con un 22,4% (n=187), del que el 19% (n=45) pertenecen a la Cohorte 1, el 18,6% (n=44) a la Cohorte 2 y el 29,7% (n=98) a la Cohorte 3. Se observaron diferencias significativas en todas las patologías analizadas ( $p < 0,05$ ).

Estableciendo una comparación entre el grupo de pacientes diabéticos (59%, n=473) y el grupo de pacientes no diabéticos (41%, n=330), se observó que la patología ungueal más prevalentes en el grupo de pacientes diabéticos fue la onicocriptosis, con un 18,8% (n=89); seguida de la onicogrifosis, con un 6,8% (n=32) y la onicomicosis, con un 6,3% (n=30). De la misma forma, en el grupo de pacientes no diabéticos, la patología ungueal más prevalente fue la onicocriptosis, con un 29,7% (n=98); seguida de la onicogrifosis, con un 23,6% (n=78) y la onicomicosis, con un 14,2% (n=47). Se observó significación estadística ( $p < 0,05$ ) en todas las patologías, siendo más prevalente en el grupo de pacientes no diabéticos.

Por ello, en una segunda comparación, ésta vez entre el grupo de pacientes diabéticos neuropáticos (29% de la muestra total y 49,9% de la muestra de pacientes diabéticos, n=236) y el grupo de pacientes diabéticos no neuropáticos (30% de la muestra total y 50,1% de la muestra de pacientes diabéticos, n=237), se observó que la patología

ungueal más prevalente en los pacientes diabéticos neuropáticos fue la onicocriptosis, con un 18,6% (n=44); seguida de la onicomiosis, con un 10,6% (n=25) y la onicogriosis, con un 9,3% (n=22). De la misma forma, en el grupo de pacientes diabéticos no neuropáticos, la patología ungueal más prevalente fue la onicocriptosis, con un 19,0% (n=45); seguida de la onigriosis, con un 4,2% (n=10) y la onicomiosis, con un 2,1% (n=5). Se observó significación estadística ( $p < 0,05$ ) cuando el paciente presentaba onicomiosis y onicogriosis. La presencia tan elevada en ambos grupos de la onicocriptosis, no aportó diferencias significativas en la muestra total de pacientes diabéticos.

Hiperqueratosis plantares:

Se observaron diferencias significativas dentro del grupo de hiperqueratosis, en el talón, a nivel de la articulación interfalángica del hallux y en otras localizaciones plantares ( $p < 0,05$ ). En el grupo de los helomas, fueron los interdigitales, los localizados en el dorso del cuarto dedo y en los localizados en los pulpejos de los dedos, los que reflejaron significación estadística con valores de  $p < 0,05$ .

Estableciendo una comparación entre el grupo de pacientes diabéticos (59%, n=473) y el grupo de pacientes no diabéticos (41%, n=330), se observó que las hiperqueratosis plantares más prevalentes en el grupo de pacientes diabéticos fueron las hiperqueratosis plantares en cabezas metatarsales centrales, con un 53,5% (n=253); las hiperqueratosis plantares en la cabeza metatarsal del hallux, con un 45,2% (n=214) y las hiperqueratosis plantares en la cabeza del quinto metatarsiano, con un 34,7% (n=164). De la misma forma, en el grupo de pacientes no diabéticos, las hiperqueratosis plantares en cabezas metatarsales centrales, con un 61,2% (n=202); las hiperqueratosis plantares en la cabeza metatarsal del hallux, con un 46,7% (n=154) y las hiperqueratosis plantares en la cabeza del quinto metatarsiano, con un 27,3% (n=90). Se observó significación estadística ( $p < 0,05$ ) cuando el paciente presentaba hiperqueratosis plantares en las cabezas metatarsales de 2º a 5º dedo, siendo más prevalentes en pacientes diabéticos y en el talón y en el borde medial de la articulación interfalángica del hallux, siendo ambos más prevalentes en pacientes no diabéticos. La presencia de hiperqueratosis plantares en la cabeza del hallux, el escafoides y la tuberosidad del quinto metatarsiano, no aportó diferencias significativas en la muestra total.

Una segunda comparación, ésta vez entre el grupo de pacientes diabéticos neuropáticos (29% de la muestra total y 49,9% de la muestra de pacientes diabéticos, n=236) y el grupo de pacientes diabéticos no neuropáticos (30% de la muestra total y

50,1% de la muestra de pacientes diabéticos, n=237), se observó que las hiperqueratosis plantares más prevalentes en el grupo de pacientes diabéticos neuropáticos fueron, las hiperqueratosis plantares en las cabezas metatarsales centrales con un 53,8% (n=127); las hiperqueratosis plantares en la cabeza metatarsal del hallux, con un 46,2% (n=109) y las hiperqueratosis plantares en la cabeza metatarsal del quinto metatarsiano, con un 33,5% (n=79). De la misma forma, en el grupo de pacientes diabéticos no neuropáticos, las hiperqueratosis plantares más prevalentes fueron las hiperqueratosis plantares en las cabezas metatarsales centrales, con un 53,2% (n=126); las hiperqueratosis plantares en la cabeza metatarsal del hallux, con un 44,3% (n=105) y las hiperqueratosis plantares en la cabeza metatarsal del quinto metatarsiano, con un 35,9% (n=85). Se observó significación estadística ( $p < 0,05$ ) cuando el paciente presentaba hiperqueratosis plantares en el borde medial de la articulación interfalángica del hallux, siendo más prevalente en el grupo de pacientes diabéticos sin neuropatía.

Limitación movimientos articulares:

Estableciendo una comparación entre el grupo de pacientes diabéticos (59%, n=473) y el grupo de pacientes no diabéticos (41%, n=330) se observó que, los rangos de movimiento articular estudiados en el pie, reflejan valores significativamente estadísticos ( $p < 0,05$ ) en la exploración de la articulación tibioperonea astragalina con flexión de rodilla, de la articulación interfalángica del hallux en carga y de la articulación subastragalina en eversión, siendo más prevalente en pacientes diabéticos.

Una segunda comparación, ésta vez entre el grupo de pacientes diabéticos neuropáticos (29% de la muestra total y 49,9% de la muestra de pacientes diabéticos, n=236) y el grupo de pacientes diabéticos no neuropáticos (30% de la muestra total y 50,1% de la muestra de pacientes diabéticos, n=237) se observa que, los rangos de movimiento articular estudiados en el pie, reflejan valores significativamente estadísticos ( $p < 0,05$ ) en la exploración de la articulación interfalángica del hallux en carga y de la articulación subastragalina en inversión.

Al analizar dentro de los pacientes diabéticos la asociación entre la aparición de úlceras y la presencia de limitaciones articulares en el pie, obtenemos significación estadística ( $p < 0,05$ ) para la presencia de limitación en la articulación tibioperonea



astragalina con flexión de rodilla y articulación interfalángica del hallux en carga, siendo más prevalente en pacientes diabéticos con neuropatía.

En la valoración de los factores que favorecen el desarrollo de las limitaciones articulares en el pie de los pacientes diabéticos en nuestra muestra, obtenemos que en función del tipo de limitación, serán unas variables u otras las que influyan en mayor medida ( $p < 0,05$ ) en su aparición.

- El sexo (ser mujer) favoreció la limitación de ambas articulaciones.
- La edad, el mal control metabólico y la presencia de neuropatía, favoreció el desarrollo de la limitación de la articulación interfalángica en carga.

#### DISCUSIÓN:

---

En un elevado porcentaje de los estudios realizados en población diabética, el establecimiento de una asociación e influencia directa de la polineuropatía periférica con la alteración de la biomecánica del pie diabético, ha provocado que no se tengan en cuenta otro tipo de factores etiológicos con un desarrollo anterior a la neuropatía sensitiva o a la propia DM, estableciéndose como responsable de las deformidades del pie a la neuropatía motora. La determinación de estos factores etiológicos, de similares consecuencias a la polineuropatía diabética, es esencial desde el punto de vista preventivo y diagnóstico ya que podrían ser comunes a otro tipo de enfermedades o etapas de la vida de una persona.

La existencia de estudios que establezcan comparativas entre población diabética con o sin neuropatía y población no diabética es muy escasa y con muestras poco representativas para poder establecer una correlación directa entre la aparición de deformidades y limitaciones articulares en el pie y la presencia de DM y neuropatía diabética. Por ello, la sobreinterpretación de estos estudios con tamaños de muestra pequeños ha forzado un análisis poco objetivo de la situación.

Tras un análisis exhaustivo de la muestra total observamos que, las deformidades digitales más frecuentes en el pie, son las mismas en los tres grupos a estudio, reflejando la existencia generalizada de patología digital en la población, independientemente de que sean pacientes diabéticos con un desarrollo posterior o no, de una polineuropatía periférica, sin una vinculación clara al padecimiento de DM

ni de neuropatía diabética, excepto en el caso del Pie de Charcot que establece una relación directa con pacientes diabéticos neuropáticos.

Se observa que de las variables relacionadas con el desarrollo de hiperqueratosis plantares y helomas en el pie diabético, todas excepto los valores altos de HbA1c y la presencia de neuropatía diabética, pueden ser comunes a otros tipos de población no diabética y no necesariamente con patología asociada, coincidentes hasta el momento con las demás variables estudiadas. No obstante, la presencia de helomas en el dorso del cuarto y quinto dedo, tienen una vinculación directa con la presencia de neuropatía diabética.

La limitación articular en el pie está presente en la población en general de forma previa a la DM y a la neuropatía. Las limitaciones en el pie se encuentran principalmente en la articulación tibioperonea astragalina con flexión de rodilla y en la articulación interfalángica del hallux en carga, siendo esta última la que establece una relación directa con la presencia de neuropatía en el pie.

#### CONCLUSIONES:

---

1. Las poblaciones de pacientes no diabéticos, diabéticos sin neuropatía y diabéticos con neuropatía analizadas en la presente tesis, no presentan diferencias significativas en relación a las deformidades estructurales, el patrón de hiperqueratosis y los rangos de movilidad articular.
2. La limitación de la articulación tibioperonea astragalina favorece el desarrollo de deformidades en el pie, de patologías ungueales y dérmicas y de un patrón de hiperqueratosis, independientemente de si el paciente es diabético o neuropático.
3. La limitación articular del hallux favorece la aparición de un patrón de hiperqueratosis independientemente de padecer *Diabetes mellitus* o neuropatía.
4. El sexo y el índice de masa corporal favorecen el desarrollo de deformidades digitales, de patologías ungueales y dérmicas y de un patrón de hiperqueratosis en el pie, independientemente de si el paciente es diabético o neuropático.
5. La edad favorece la presencia de patología ungueal y dérmica, de un patrón de hiperqueratosis y de limitación articular en la articulación tibioperonea-

astragalina y primera metatarsfalángica independientemente de si el paciente es diabético o neuropático.

6. Se ha demostrado una asociación entre la presencia de neuropatía diabética y la onicomycosis y dermatomycosis, la aparición de helomas en el dorso del cuarto y quinto dedo y la limitación de la articulación interfalángica del hallux en carga.