



Estudio del pie para desarrollo de calzado para personas con riesgo de pie de Charcot

Alejandra Alicia Silva Moreno, Sergio Luis Orozco Villaseñor, Manuel Hernández Trejo, Hector Cordova Gómez y Fernando Chico Ruiz

CIATEC, A. C., Centro de Innovación aplicada en Tecnologías Competitivas, asilva@ciatec.mx

RESUMEN

La enfermedad del pie de Charcot consiste en una neuroartropatía que es una afectación grave, anatómica y funcional del pie. Las estadísticas concluyen que existe un 6 % de personas con pie de Charcot del total de la población diabética del país¹, por lo tanto es un sector que deberá ser atendido sobre todo en las etapas iniciales de la enfermedad a través del desarrollo de elementos que permitan ayudar a atenuar el efecto del padecimiento, el análisis de los factores de riesgo y el tomar medidas de prevención que pueden llevar a la consolidación de un pie plantígrado y calzable.

En este trabajo se realizó una evaluación de las dimensiones de pie de personas diabéticas del género femenino con riesgo de presentar la neuroartropatía de Charcot, en la búsqueda por desarrollar una horma para un tipo de calzado para este tipo de padecimiento, que este basado en investigación y desarrollo, aplicando tecnología láser de digitalización de pies para buscar una mayor consistencia en las mediciones de los pies. Se encontró que las mujeres y particularmente sus medidas de anchos en la zona metatarsal y ancho del empeine (al 50% de la longitud del pie) son un 5% mayes que la población sin riesgo de Charcot.

Se estima que este desarrollo ayudará en la reducción de las posibles deformidades en los estadios avanzados y/o prevenir una posible activación de la neuroartropatía de Charcot y que el paciente pueda tener una mejor calidad de vida.

1. INTRODUCCIÓN

La función del calzado es la de proteger la extremidades inferiores tanto, del medio ambiente de las condiciones físicas del terreno y brindar un mejor desempeño en la locomoción del ser humano, por lo que el calzado puede tener diferentes características de acuerdo con las necesidades de locomoción de la persona que las utiliza.

Al evolucionar la neuropatía diabética se puede desarrollar la neuropatía de Charcot, en general la progresión clínica de la neuropatía periférica se realiza durante años, sin embargo la evolución hacia la neuropatía de Charcot puede ocurrir en poco tiempo en un pie con un trauma menor interno e indoloro, o en el pie predispuesto a las microfracturas, luxaciones o subluxaciones debido a la perdida en la percepción, sentido de la posición y resorción ósea.

Se estima una población de personas con pie de Charcot de 1.4 millones en Estados Unidos y de 384,000 en México. Las estadísticas siguen que un 6 % de personas con estos síntomas del



total de la población diabética del país, por lo tanto es un sector que deberá ser atendido sobre todo en las etapas iniciales de la enfermedad a través del desarrollo de aditamentos que permitan el redistribuir las presiones del pie de tal manera que evite el sangrado o bien si ya se tiene una ligera lesión ayudar a atenuar el efecto de la misma².

En el presente trabajo se realiza un estudio del pie de personas que cursa con diabetes mellitus tipo 2 y que presente un riesgo de neuroartropatía de Charcot para el desarrollo de un calzado para la prevención de posibles deformidades, generar un confort para sus pies y prevenir una posible activación de la neuroartropatía de Charcot lo cual pueda prolongar la fase de inactivación y tener una mejor calidad de vida.

2. TEORÍA

Neuropatía de Charcot

La neuroartropatía de Charcot suele ser no dolorosa, progresiva y degenerativa de una o varias articulaciones causada por un déficit neurológico subyacente.³⁻⁵ Es un síndrome asociado con la neuropatía caracterizada por presentar fragmentación y destrucción del hueso y las articulaciones del pie lo cual puede resultar en deformidades severas^{4,6,7}.

Los datos clínicos que presentan los pacientes son: inflamación del pie, aumento de la temperatura local, eritema o enrojecimiento y que en muchas ocasiones se puede confundir con infección del pie o pie diabético^{4,5}. La neuroosteoartropatía de Charcot se ve con mucha frecuencia en pacientes con diabetes de larga evolución asociada a una neuropatía^{2,4}. El pie de Charcot es un gran desafío para la cirugía ortopédica y cirugía de pie y tobillo a nivel mundial^{2,4}. La neuropatía de Charcot fue inicialmente vista de manera secundaria a la sífilis terciaria. Las personas con diabetes mellitus no vivían mucho tiempo hasta la venida de la penicilina la cual virtualmente elimino la sífilis terciaria y los pacientes tenían mayor tiempo de vida^{2,6}.

Para desarrollar pie de Charcot existen varios factores de riesgo que son muy similares al de desarrollar pie diabético, excepto que los individuos que desarrollan la deformidad de Charcot generalmente no tienen evidencia de enfermedad vascular periférica^{2,6}. La incidencia de la neuroartropatía de Charcot está estimada entre el 2.5% al 5% de la población con diabetes a nivel mundial, se presenta más común en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 entre la 5ta y 6ta década de la vida aunque también es frecuente observarlo en pacientes jóvenes con diabetes tipo 1, tipo 2, tipo 3. Usualmente, la duración debe de ser de más de 12 años de padecer diabetes mellitus con factor de riesgo para la aparición de la neuroartropatía de Charcot³.

Algunas de las causas de la neuroartropatía de Charcot son: diabetes mellitus tipo 2 (causa principal), lepra (enfermedad de hansen), tabes dorsal tumor de médula espinal, enfermedad de charcot marie tooth, anemia perniciosa, medicamentos: esteroides, fenilbutasona, indometacina, vincristina, alcoholismo, parálisis cerebral, mielo displasia, poliomielitis, siringomelia y sífilis terciaria. Dentro de los factores de riesgo de padecer neuroartropatía de Charcot se encuentran los siguientes: neuropatía (sensitiva, autonómica, motora), hiperpresiones plantares, úlceras de presión, edad, obesidad, trauma, inestabilidad ligamentaria de los pies, contractura del tendón de Aquiles y gastrocnemios, enfermedad periférica vascular y actividad física⁴.

El calzado generalmente está construido con base en estándares para la producción, sin embargo el calzado terapéutico es necesario cuando se buscan buenas condiciones de ajuste adecuado a



las características del usuario; una de las características más importantes del calzado para lograr un buen ajuste es el perímetro metatarsal (recio), por lo que es importante poder medirlo.

La exploración digital del pie

La exploración digital del pie o escaneo tridimensional del pie permite obtener sin contacto medidas exactas de pie, con lo que se accede a generar un calzado ajustado al usuario. El escáner facilita obtener simultáneamente la forma 3D del pie y puntos anatómicos marcados sobre el pie, revelando de forma automática alrededor de 20 medidas. El tiempo de escaneo es de 10 segundos aproximadamente

Los datos y medidas tridimensionales se pueden emplear para el desarrollo de elementos podológicos que proporcionen un mayor ajuste.

3. METODOLOGIA

Se desarrolló un estudio de corte transversal en el que se invitó a participar de manera voluntaria a hombres y mujeres adultos. El protocolo de estudio fue previamente aprobado por el comité de Bioética de CIATEC, y todos los participantes firmaron su consentimiento para participar de manera voluntaria en el estudio. La masa de los participantes fue de 40 a 116 kg, el rango de edad fue de y 73 años, la estatura de los sujetos osciló entre 1.35 y 1.70mts, los criterios de inclusión fueron los siguientes: padecer diabetes mellitus tipo 2 desde al menos 10 años, sedentarismo, edad mayor a 39 años, obesidad, insuficiencia vascular periférica, antecedente de fracturas o traumatismos, inestabilidad ligamentaria de tobillo y/o pie, dolor neuropático, úlceras de presión, presiones plantares, contractura del tendón de Aquiles y sin padecimiento de pie de Charcot.

Se realizó la evaluación de las medidas y forma del pie con el explorador digital de pies INFOOT de I-WareLaboratory, que utiliza tecnología láser, el escaneo de los pies se llevó a cabo en cada participante con el sujeto colocado en bipedestación con los pies desnudos, uno a la vez dentro del equipo de escaneo y el peso repartido en ambos pies como se muestra en la figura 1a, se colocaron marcadores en los puntos anatómicos del pie por el mismo experto en todos los participantes como se muestra en la figura 1b, en la figura 1c se muestra la imagen del pie con los puntos anatómicos.

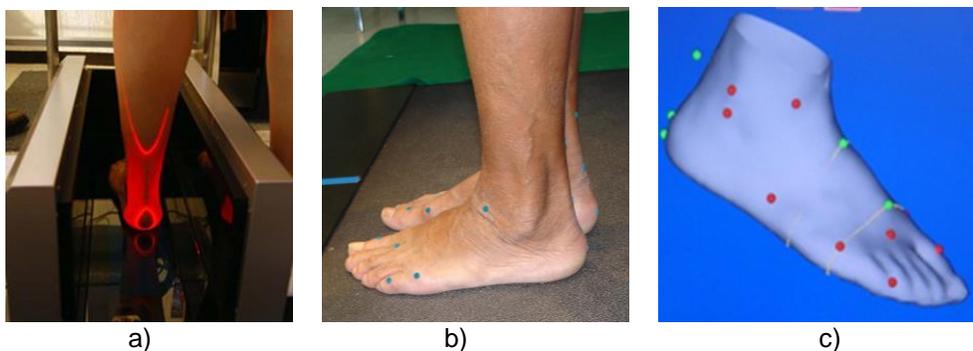


Figura 1. a) Equipo de escaneo de pie, b) Puntos de referencia c) Imagen 3D del pie con los puntos anatómicos



4. RESULTADOS

Se analizaron las dimensiones de los pies de personas con y sin riesgo de Charcot, encontrando que las mujeres y en general los recios y el empeine son un 5% más anchos que la población que no es diabética y no presenta riesgo de Charcot.

Se comparó la longitud entre el pie derecho y el izquierdo, por medio de la comparación de los resultados estadísticos de ANOVA para distribuciones tipo "t", el análisis se realizó en pies de longitudes de entre 20.41 a 28.51 cm para pies izquierdos y de 21.13 a 285.4 para pies derechos, en la figura 2 se muestra la comparación de la longitud del pie izquierdo con la longitud del pie derecho. Esta tabla 1 muestra el resumen de las estadísticas para las dos muestras de datos. Los valores de asimetría estandarizados y ambos valores de curtosis estandarizados están dentro del rango esperado. Asumiendo varianzas iguales 0.0509804 ± 6.3 (con un intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de $[-6,29658-6,39854]$), para $t=0.0159343$ y valor $p=0.9873$, se encontró que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras en el nivel de confianza del 95%.

Se compararon las varianzas con la prueba F y para un valor $F=0.9851$, valor p de 0.9578 se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras con un el nivel de confianza del 95%, la prueba W de comparación de medianas Mann-Whitney (wilcoxon) también concluyó lo mismo para un valor de $W=1335.0$ y $P\text{-value}=0.819985$ y el mismo nivel de confianza. La prueba de Kolmogorov-Smirnov en la que se compararon las distribución también resultó la misma conclusión.

	<i>Longitud Pie Derecho</i>	<i>Longitud Pie Izquierdo</i>
Count	51	51
Promedio	242.782	242.731
Desviación estandar	16.0953	16.2169
Coef, variacion	6.62953%	6.68102%
Minimo	211.3	204.1
Maximo	285.4	285.1
Range	74.1	81.0
Asimetria Estd	1.60146	1.20172
Kurtosis Estd	-0.510648	0.146342

Tabla 1. Comparación de longitud de pie derecho vs Izquierdo

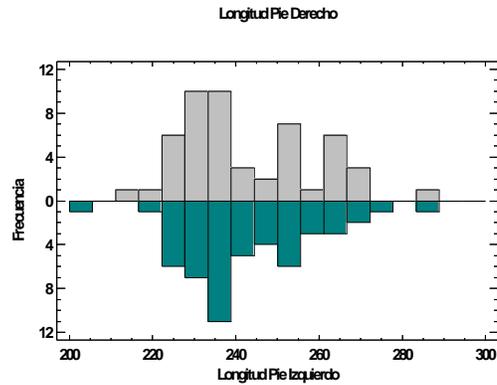


Figura 2. Comparación del longitud de pie derecho y pie izquierdo

Existe una relación estadísticamente significativa entre el recio y la talla de calzado según el análisis de varianza el valor $p = 0$ con un nivel de confianza del 95%, la ecuación del modelo que describe esta relación es la ecuación 1:

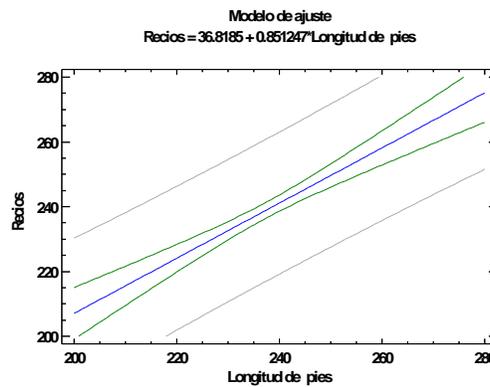


Figura 3. Modelo que describe la relación entre la longitud del pie y el recio en personas con Riesgo de Charcot,

$$\text{Recio} = 36.82 + 0.85 * \text{Longitud del pie} \quad (1)$$

En la figura 3 la línea azul se muestra el modelo para describir esta relación, en pacientes con riesgo de Charcot, con los límites de predicción y los límites de confianza (verde).

El Coeficiente de correlación es 0.7939 indicando una relación entre el recio y las variables. La prueba estadística de Durving Watson indica que no existe evidencia estadística de que los términos de error se autocorrelacionen positivamente. Se realizó una comparación entre los recios de las mujeres con riesgo y sin riesgo de Charcot y se encontró que las mujeres con riesgo de Charcot tienden a tener un recio un poco más grande.



5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los pies derechos y los izquierdos de personas con riesgo de Charcot. El modelo encontrado nos puede ayudar describir el recio en función del largo del pie en persona con riesgo de Charcot, lo que nos puede apoyar en predecir un buen calce, sin embargo es necesario realizar un análisis más a detalle con las demás dimensiones de los pies que se emplean para la manufactura de la horma para poder elaborar un tipo de calzado adecuado a esta población.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lavery, LA; Armstrong, DG; Wunderlich, RP; Tredwell, J; Boulton, AJ: Diabetic Foot Syndrome: evaluating the prevalence and incidence of foot pathology in Mexican-Americans and non-Hispanic whites from a diabetes management cohort. *Diabetes Care*. 26:1435 –1438, 2003.
2. International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas*, 6th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2013.
3. Charcot Neuroarthropathy of the Foot and Ankle: A Review. A K. Varma (2013) *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 52 (6), pp. 740-749.
4. *Foot Complications: American Diabetes Association*, Marzo 2014.
5. *Data and Statistics About Diabetes. American Diabetes Association*, Marzo 2013.
6. *Statistics About Diabetes. American Diabetes Association*, Enero 2011.
7. Lavery, LA; Armstrong, DG; Wunderlich, RP; Tredwell, J; Boulton, AJ: Diabetic Foot Syndrome: evaluating the prevalence and incidence of foot pathology in Mexican-Americans and non-Hispanic whites from a diabetes management cohort. *Diabetes Care*. 26:1435 –1438, 2003.