

CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PORTATIL PARA TERMOGRAFIA PULSADA

Rincón Silva Diego Armando (1) Villaseñor Mora Carlos (2),

¹[Ingeniería mecatrónica, Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI] | Dirección de correo electrónico:
diegoa.rincons@ecc.edu.co

²[DIQEB, División de ciencias e ingeniería, Campus León, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico:
vimcarlos@fisica.ugto.mx

Resumen

Estudios realizados demuestran que el pie diabético es una causa que ha llevado a la muerte a un elevado número de personas, el presente trabajo se enfocó en lograr construir un sistema de evaluación de pie diabético, para poder tomar las medidas necesarias acorde al diagnóstico de enfermedades; para lo cual se construye un sistema en el que se coloca el pie de cualquier persona, y por medio de elementos de calefacción o enfriamiento, se adapta la temperatura del pie para adquisición de imágenes de infrarrojo adquiridas por técnicas de termografía pulsada, con esto se evalúa el estado de las arterias que pueden ser afectadas a consecuencia de la diabetes. El sistema construido contiene cuatro celdas Peltier calentando la placa donde se coloca el pie, así mismo toda la estructura que conlleva a refrigerar dichas celdas, como los son ventiladores y disipadores; se hace el montaje de la cámara termográfica conectada a una interfaz gráfica para la visualización del comportamiento y se diseña el circuito electrónico para el control de la temperatura en el pie; logrando así comparar respecto a los casos conocidos del pie diabético.

Abstract

Studies show that diabetic foot is a cause that has led to death to a large number of people, this work was focused on building a diabetic foot evaluation system, to take the necessary measures according to the state of progress in diseases; for which a system is built in which the foot of any person is assembled and by means of heating or cooling cells, the temperature of the foot is adjusted to take a pulsed thermography and with this the state of the arteries is evaluated. They can be affected with the presence of diabetes. The system has four Peltier cells to heat and cold the plate where the foot is mounted, as well as the entire structure that leads to cooling the cells, such as fans and coolers; the thermographic camera is connected to a graphical interface for the visualization of the behavior and the electronic circuit is designed to control the temperature in the foot; thus achieving comparison with respect to known cases of diabetic foot.

Palabras clave

Celda de peltier; pie diabético; termografía

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus actúa como factor de riesgo contrastado en diferentes enfermedades, entre las que se encuentran la amaurosis (riesgo relativo de pérdida de visión, veinte veces superior con respecto a la población no diabética), insuficiencia renal (el enfermo diabético tiene un riesgo relativo veinticinco veces superior con respecto a la población no diabética), isquemia cardiaca (las enfermedades cardiovasculares son la primera causa de muerte en el enfermo diabético), isquemia cerebrovascular, hipertensión arterial, pie diabético, entre otras [1].

La diabetes es una de las principales causas de mortalidad y deterioro de la calidad de vida del ser humano a nivel mundial [2,3]. Mantener hiperglucemia por periodos largos deteriora progresivamente sistemas y órganos del cuerpo; el de circulación sanguínea y el nervioso son dos de los principales, y su daño a la larga conlleva a que otros sistemas u órganos se vean afectados. Una de las consecuencias más dramáticas al sufrir diabetes es la amputación de extremidades como consecuencia del daño arterial y neuropático progresivo o pie diabético [4]. La neuropatía periférica en pie diabético puede presentarse axonopatías primarias y mielinoopatías primarias.

Datos procedentes de la experimentación básica y clínica sugieren que, en la secuencia de los procesos fisiopatológicos que intervienen en el desarrollo de la neuropatía diabética, el metabólico es el inicial; el vascular funcional interviene a continuación y, finalmente la microangiopatía se halla implicada en periodos evolutivos más avanzados.

Así mismo se presentan ciertas alteraciones vasculares que, aunque es un tema de controversia pues no ha sido comprobado, la lesión nerviosa en la diabetes mellitus consiste en un fenómeno secundario a la microangiopatía. Sin embargo, existen ciertas observaciones que mantienen abierta la teoría de la microangiopatía como factor causante de la lesión neuronal.

Además, se presentan teorías no evidenciadas en factores como la etiología autoinmune en la neuropatía diabética; otros autores argumentan la teoría de que las lesiones neurológicas en el enfermo diabético tienen una base genética y que son de aparición y curso independientes con respecto a los niveles de glucosa plasmática y/o el déficit insulínico.

La diabetes mellitus es la causa más importante de amputaciones del miembro inferior de origen no traumático, especialmente si a la isquemia se asocia la Neuropatía Diabética. La etiología de la arteriopatía de las extremidades inferiores parece estar estrechamente relacionada con determinados factores de riesgo tales como el tabaquismo y la hipertensión arterial.

A la predisposición de los enfermos diabéticos a desarrollar úlceras de causa neuropática y a la propia macroangiopatía, se asocia, como consecuencia de las alteraciones metabólicas, la alteración de la flora microbiana "fisiológica" de origen endógeno y el descenso en la eficacia de los mecanismos de resistencia a la infección.

Una causa de la diabetes es la disminución del aporte sanguíneo, que en ausencia de complicaciones puede ser suficiente para mantener la viabilidad de la piel intacta, no lo es para conseguir la cicatrización incluso de pequeñas heridas, con lo que éstas evolucionan hacia la necrosis y la infección.

La termografía infrarroja, en el ámbito médico, está siendo considerada como una modalidad de imagen no invasiva para expresar las funciones homeostáticas térmicas del cuerpo. Puesto que, a partir de imágenes infrarrojas de la extremidad, se determina además de temperatura, el flujo sanguíneo, la estructura del tejido subcutáneo y las actividades del sistema nervioso simpático, que regulan la radiación térmica de la superficie corporal. Las funciones fisiológicas como la temperatura de la superficie de la piel pueden ser modificadas fácil y rápidamente por varios factores intrínsecos y extrínsecos.

Celda de peltier [5] Como su nombre lo indica son unas celdas basadas en el efecto de peltier; El efecto Surgió sobre la base del descubrimiento del físico alemán Seebeck T. J., quien observó que, en un circuito

formado por dos conductores distintos, cuyas uniones soldadas se encuentran en medios con temperaturas distintas, aparece entre ambos una diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial es función de la naturaleza de los conductores y de la diferencia de temperaturas. Este dispositivo se conoce como termopar. La esencia del efecto Peltier, que básicamente es el contrario del efecto Seebeck, consiste en hacer pasar una corriente procedente de una fuente de energía, a través de un circuito formado por dos conductores de distinta naturaleza, obteniéndose que una de sus uniones absorbe calor y la otra lo cede. El calor que cede el foco caliente será la suma de la energía eléctrica aportada al termo elemento y el calor que absorbe el foco frío. Estos termo elementos, configurados de este modo, constituyen una máquina térmica.

Termografía activa: [6] Es un procedimiento basado en cámaras termográficas de alta resolución, una solución perfecta para medida sin contacto y ensayos no destructivos. Permite una rápida detección de defectos en materiales y abre nuevas posibilidades en investigación, desarrollo y control de calidad.

La TIR pulsada consiste en aplicar un pulso corto de calor sobre el objeto (de 3 ms. a 2 s. dependiendo del material) y grabar el enfriamiento del objeto. El frente térmico aplicado se propaga en el material y cuando encuentra un defecto, la razón de difusión se reduce produciendo una diferencia de temperatura en ese punto. De esta manera, los defectos más profundos aparecerán más tarde y con menor diferencia de temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con el diseño realizado se determinó seleccionar las celdas de peltier, debido a su facilidad de enfriar y calentar, con el fin de adaptar la temperatura en la placa donde reposa el pie, dichas celdas se refrigeran mediante disipadores de calor, para absorber la temperatura del costado de la celda opuesto al pie, ayudando a mejorar la eficiencia del sistema. Para permitir que la temperatura absorbida por los disipadores se propague, se instalan 2 ventiladores que permiten un flujo de aire constante a través de los disipadores de manera que por todos sus costados se refrigere. Para que haya una mejora en la transferencia de calor se utiliza pasta silicona logrando así una mejor conducción entre la celda y el disipador. Además, es necesario diseñar el sistema de control electrónico de manera que se hace el análisis de control y se determinan los componentes obteniendo un control PID teniendo en cuenta el manejo de potencia; se fabricó controlando las temperaturas de las celdas y de esta manera la placa que al estar en contacto con el pie le transfiere su energía térmica.

Los elementos seleccionados fueron los siguientes: 4 Celdas de peltier con referencia 7107AC conectadas en serie, 2 disipadores de calor, 2 ventiladores de 4 pulgadas a 12 V, además de la cámara termográfica XENICS Gobi-640-GigE-3375. Para la construcción del soporte se usaron varias barras de aluminio, dichas barras fueron mecanizadas con fresadora manual. Los materiales de aluminio fueron escogidos porque cumplen con buena transferencia térmica, fácil manejo de mecanizado, permiten anodizados (las termografías tomadas en elementos brillantes generan errores de medición, por lo tanto, se necesitan materiales oscuros, para lo cual se le realiza anodizado al aluminio).

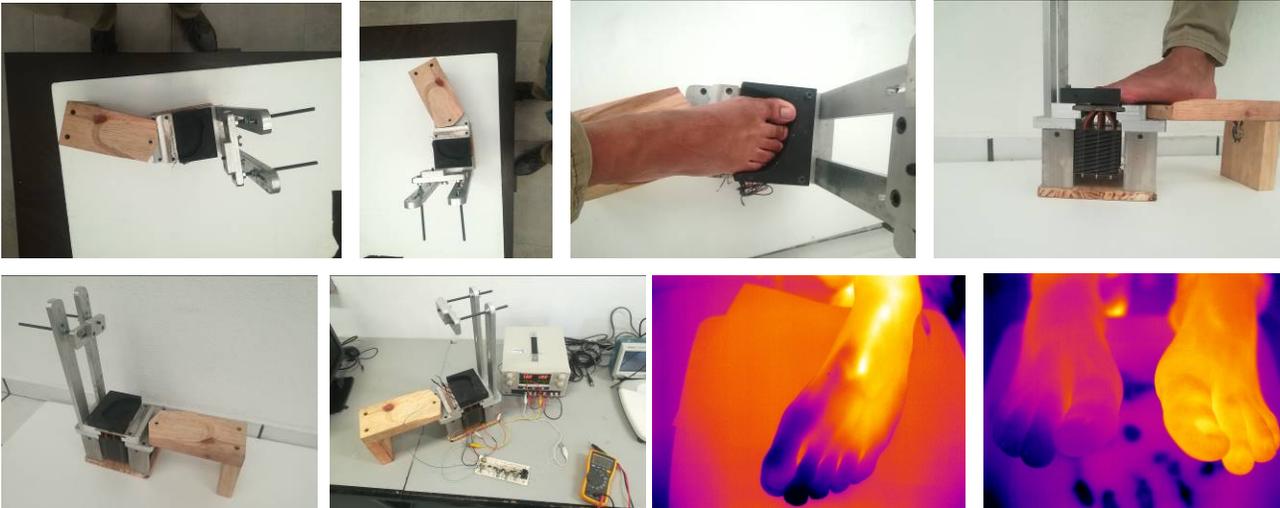
Barras de madera como soporte del sistema y soporte del pie; que se mecanizaron en fresadora y motor-tool y terminados con lija. Y tornillería diversa de $\frac{1}{4}$ ", en las siguientes imágenes se desglosan los elementos del sistema construido.





RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logra obtener un diseño para lograr temperaturas bajas y altas relativas a la temperatura del pie, en corto tiempo. Se tuvo en cuenta la forma del pie para poder adaptar tamaños y formas diferentes, para lo cual se hace necesario modificar la ubicación de la cámara termográfica, por lo tanto, se diseñó una base que permite regular la ubicación y enfoque de la cámara desde los tres ejes (X, Y, Z).



Para el caso en estudio el desarrollo de la interfaz de la cámara termográfica con el computador se realiza con el software de dicha cámara "XENETH" logrando obtener las imágenes del pie a evaluar.

La revisión de los aportes de otros estudios realizados permite que se tengan en cuenta factores que pueden afectar la efectividad del sistema.

CONCLUSIONES

La detección temprana de las enfermedades disminuirá razonablemente el número de afectados y la gravedad de los mismos.

El sistema desarrollado permite diagnosticar complicaciones de circulación sanguínea derivadas de la diabetes, para así tomar las acciones a tiempo, disminuyendo la complejidad en los tratamientos.

Para un próximo equipo se debe tener en cuenta el cambio del material de madera por temas de salud e higiene, evaluando materiales que pueden permitir una fácil limpieza y desinfección y que no afecten las termografías y permitan la adaptación del pie al sistema de mejor manera. Recomiendo cambiarlo por materiales como teflón o nylon ya que por su coeficiente calorífico permiten a la persona adaptarse fácilmente a la temperatura de dichos materiales.

Queda pendiente también el desarrollo de la programación para un manejo automático con algoritmos que permitan determinar el nivel de avance y detección de las enfermedades presentes en el pie a evaluar; dicha aplicación debe ser compatible con el manejo de la tarjeta electrónica diseñada.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo emocional y moral de mi familia y mi novia quienes me brindaron su apoyo para participar y consolidar el trabajo realizado; a la universidad de Guanajuato por inculcar la investigación y el aprendizaje en los diferentes campos de la sociedad; a mi tutor y amigo quien me ha apoyado con recomendaciones y estudios para el desarrollo de la implementación del sistema y en especial a Dios que permite que todo sea posible.

REFERENCIAS

- [1] fisiopatología. Blanes Ji., Luch I., Morillas C., Nogueira Jm., Hernandez A.
- [2] M. Creager, P. Libby, Peripheral arterial diseases. Editado por D. Zipes et al., ed., Braunwald's Heart Disease, 7th ed. (2004) 1437-1461.
- [3] R. Pecoraro et al., Pathways to diabetic limb amputation. Basis for prevention, Diabetes Care, 13,5 (1990) 513-521.
- [4] P. Holstein et al., Limb salvage experience in a multidisciplinary diabetic foot unit, Diabetes Care, 22 (1999) 97-103.
- [5] <http://materias.df.uba.ar/labo4Ba2013c2/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf>
- [6] https://www.google.com.mx/search?q=celda+de+peltier&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjUx4PPtjbcAhVJPawKHb8zAhwQ_AUoAXoECA0QAw&biw=1242&bih=602#imgrc=x1u4D21E9U7mXM: