



MEDICIÓN NO INVASIVA DE GLUCOSA POR MÉTODOS OPTOELECTRÓNICOS Y TÉCNICAS COMPUTACIONALES

David Asael Gutiérrez Hernández, Miguel Salvador Gómez Díaz, Claudia Margarita Lara Rendón, Héctor Guadalupe Nava Martínez

**Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de León
León, México**

Resumen

La diabetes es una de las enfermedades crónicas que crece alarmantemente en el mundo. Actualmente existen 15 millones de pacientes diabéticos en América Latina, sin embargo, es una enfermedad que se puede llegar a controlar si se tiene el cuidado necesario al momento de dar un seguimiento y monitoreo oportuno de los niveles de glucosa, por esta razón y la forma en que afecta la calidad de vida de los pacientes que la padecen, se busca controlar y monitorear esta enfermedad, convirtiéndose en un área prioritaria para la investigación en el sector salud de América Latina.

En este trabajo se presenta un sistema integral de monitoreo al paciente diabético que consiste en: 1) Un instrumento no invasivo de medición de glucosa, llamado optoglucómetro, que mide los niveles de glucosa a partir del análisis del reflejo fotomotor a un estímulo de luz perfectamente controlado, 2) un sistema informático de administración de datos que permite llevar o registrar los datos vinculados a cada paciente en lo particular y que muestra gráficamente los niveles de glucosa medidos periódicamente, así como datos específicos capturados que permitirán al médico y al paciente evaluar los avances de su enfermedad y tomar las decisiones adecuadas sobre el tratamiento a seguir, y finalmente, 3) una predicción de niveles de glucosa, los cuales, basados en el comportamiento de cada pacientes se mostraran en una gráfica que permite al paciente y al médico ver, de manera predictiva, los niveles de glucosa que se tendrá en los siguientes meses y de tal forma re-dirigir tratamientos acordes para mantener los niveles estables, de esta manera, mejorar la calidad de vida del paciente que vive con diabetes.

I. Introducción

Como se muestra en la figura 1, el ojo está innervado por fibras simpáticas y parasimpáticas. Las fibras parasimpáticas preganglionares parten del núcleo de Edinger – Westphal y luego pasan por el nervio motor ocular común hasta llegar al ganglio ciliar, situado inmediatamente detrás del ojo. Aquí las fibras preganglionares hacen sinapsis con neuronas parasimpáticas postganglionares, que a su vez envían fibras por los nervios ciliares hasta el globo ocular. Estos nervios excitan al músculo ciliar y al esfínter del iris.

La estimulación de los nervios parasimpáticos excita al músculo del esfínter pupilar, disminuyendo así la apertura pupilar, éste fenómeno se llama miosis. En cambio, la estimulación de los nervios simpáticos excita a las fibras radiales del iris y provoca la dilatación de la pupila o midriasis.

Cuando penetra luz en los ojos las fibras parasimpáticas se estimulan y las pupilas se constriñen, reflejo conocido como reflejo pupilar a la luz o reflejo fotomotor. De manera automática en el ojo opuesto debe existir la misma contracción a pesar de que el haz de luz no se encuentre directamente sobre él. A éste reflejo se le conoce como reflejo consensual. La ausencia de respuesta en la contracción pupilar ante el estímulo luminoso en un ojo nos indica un defecto neuronal aferente (pupila de Marcus Gunn). El diámetro pupilar normal oscila de 1.5mm hasta 8mm en un paciente normal o clínicamente saludable.

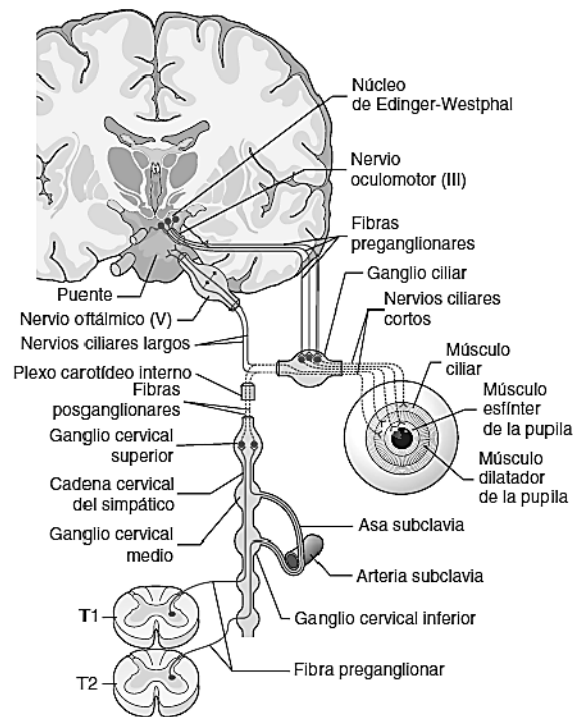


Figura 1. Sistema de visión ocular y los relacionados con la pupila.

Este proyecto estudia la respuesta del reflejo foto motor en pacientes previamente diagnosticados con diabetes mellitus tipo 1, utilizando el optoglucómetro para obtener una señal que representa el diámetro de la pupila con respecto al tiempo, mediante la inducción de un estímulo de luz controlada. Obteniendo los niveles de glucosa, mediante una correlación lineal del análisis del comportamiento inicial (estable-oscuro) y final (estimulo-luz) de la pupila. A través del registro histórico de los niveles de glucosa por paciente, se propone un método de predicción de los niveles de dichos niveles con base a su histórico, de forma que se puedan prevenir crisis a causa de los atípicos niveles de glucosa.

II. Opto-glucómetro

La figura 2 muestra el esquema experimental del optoglucómetro.

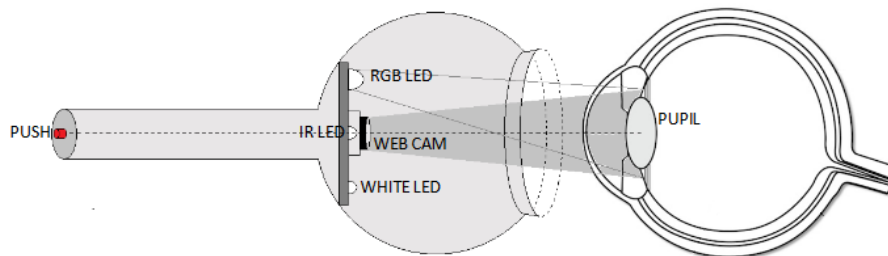


Figura 2. Arreglo experimental para conformar una prueba glucosa no invasiva

El ojo se estabiliza en una cámara oscura durante unos segundos, esto para evitar que la pupila interactúe con agentes externos al estímulo de luz que se aplica, de esta manera para realizar una medición de la respuesta pupilar. Se enciende la cámara de video digital y se comienza a grabar el proceso, después de algunos segundos, se enciende la luz roja para que ilumine directamente al ojo, con esto se produce una reacción que es analizada cuadro por cuadro por nuestro software de medición con el cual se obtiene una gráfica de diámetro en función del tiempo como se muestra en la figura 3.

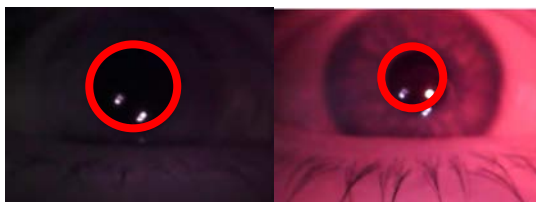
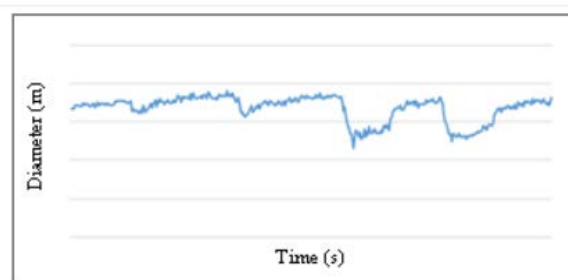


Figura 3. Reflejo foto-motor. Registro de cambios diámetro con respecto al tiempo.



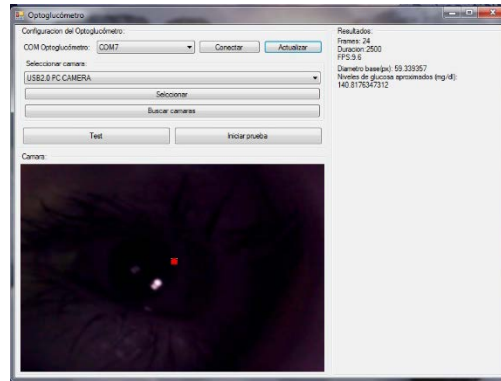


Figura 4. Interface gráfica.

por último, de acuerdo a [3] se obtiene los niveles glucosa expresados en mg/dL, con un margen de error del 2.3% comparado con los glucómetros profesionales de laboratorios de química sanguínea y todo esto sin extraer ninguna gota de sangre. Los resultados se muestran en la figura 5.

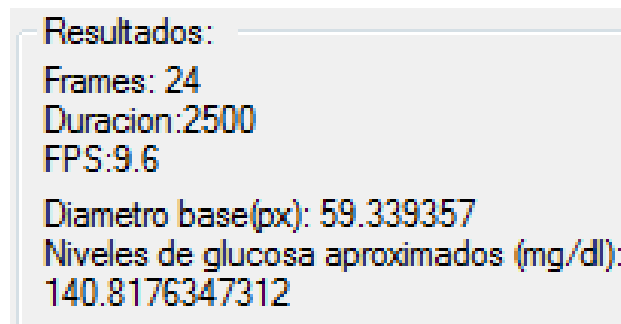


Figura 4. Interface gráfica.

III. Sistema de seguimiento

Con los resultados obtenidos posterior a la prueba se va generando un registro histórico por paciente, estos son guardados en un portal web de seguimiento donde se registra y almacena información general de los pacientes, con la finalidad de analizar con técnicas de Business Intelligence (BI) e identificar las posibles causas del comportamiento de acuerdo con cada paciente. Esta herramienta sirve de enlace con nuestros métodos de predicción que más adelante tocaremos a fondo su objetivo y funcionamiento. Cabe destacar que este software nos brinda un soporte visual que da el status del momento actual a todos los pacientes.

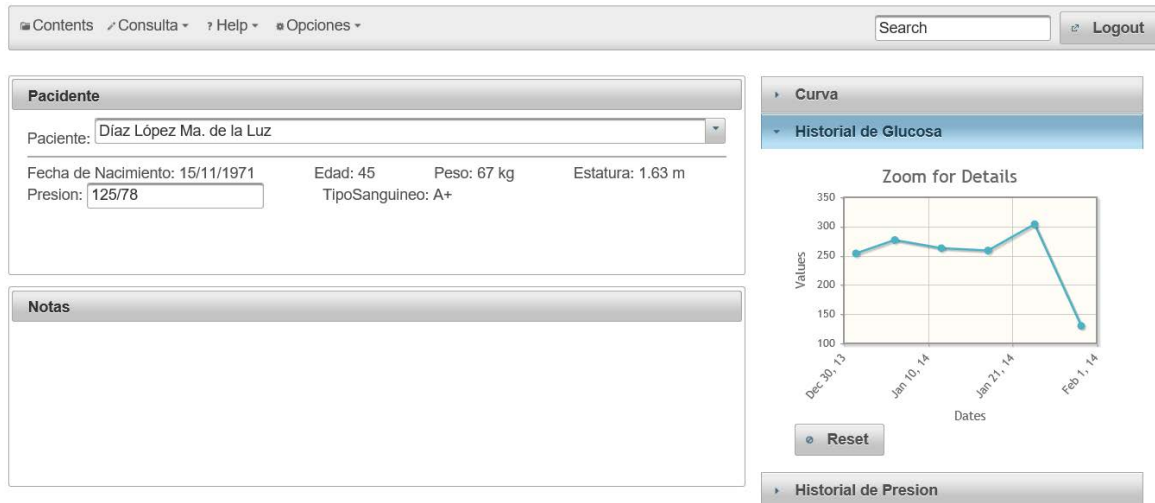


Figura 5. Sistema de seguimiento y control.

IV. Predicción

Mantener controlados los niveles de glucosa para los pacientes con diabetes es indispensable, debido a que la inestabilidad de la glucosa llega a generar complicaciones, incluso a causar la muerte, por lo que se busca predecir estos niveles para mejorar la calidad de vida de los pacientes con diabetes. Atacando de esta forma una de las peores enfermedades crónico-degenerativas en América Latina, consiguiendo esta predicción se puede llegar a tener un mejor control de la enfermedad. Actualmente se han estado aplicado métodos computacionales para mejorar la técnica de predicción, entre los cuales podemos encontrar, redes neuronales, algoritmos genéticos, e incluso cálculos estadísticos, mediante estos cálculos estadísticos y por la cantidad de datos con los que contamos actualmente, hemos comprobado que es más factible hacer uso de este método, mientras se consigue más información, ya que los últimos resultados obtenidos con este técnica son aproximados de una manera con mejor precisión , los cuales siguen en etapa de análisis para su validación posterior.

V. Estrategia de implementación

En este proyecto se pretende generar un impacto social, es decir, esta tecnología ha sido desarrollada con el fin de incrementar la calidad de vida de pacientes que viven con diabetes, de tal forma, se desarrollará la estrategia de donación de equipos a zonas con necesidad primaria y apoyos por parte de instituciones civiles para patrocinios de desarrollo tecnológico.

VI. Conclusiones

Este sistema integral contiene grandes ventajas, el análisis no invasivo, el tiempo de respuesta al obtener los niveles de glucosa en tiempo real, el margen de error

comparado con pruebas de gran certeza y las técnicas computacionales que se emplean dan un plus a la innovación de la biomedicina hoy en día. La interpretación de obtención de glucosa por medio de reflejos pupilares nos ayudará a identificar de una mejor manera problemas con todas las personas que padecen diabetes y esto mejorará sin duda su calidad de vida.

Bibliografía

- [1] David Asael Gutiérrez Hernández, Arturo, J., & Ruiz, A. (2013). Digital Measurement of the Human Pupil's Dynamics under Light Stimulation for Medical Applications and, 3(6), 143–147. <https://doi.org/10.5923/j.ajbe.20130306.03>
- [2] David Asael Gutiérrez Hernández, Arturo, J., & Ruiz, A. (2013). Digital Measurement of the Human Pupil's Dynamics under Light Stimulation for Medical Applications and, 3(6), 143–147. <https://doi.org/10.5923/j.ajbe.20130306.03>
- [3] López, S. U., Gutiérrez, D. A., Zamudio, V., Ernesto, L., Espinosa, M., & Cárdenas, J. G. (n.d.). Identification of parameters for the study of diabetes from light reflex with controlled stimulus.
- [4] Trinidad, M., González, G., Asael, D., Hernández, G., Zamudio, V., Lino, C., ... López, S. U. (n.d.). Analysis of pupillary response after a stimulus of light to generate characteristic groups.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)