



Facultad de Medicina



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL
ESTADO**

HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE

**“ESTUDIO PILOTO DE GLUCOMETRÍA NO CAPILAR EN PACIENTES DIABÉTICOS
AMBULATORIOS DE LA CONSULTA DE MEDICINA INTERNA Y ENDOCRINOLOGÍA DEL H.R.
1º DE OCTUBRE”**

NÚMERO DE REGISTRO: 432.2011

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE LA ESPECIALIDAD EN
MEDICINA INTERNA**

DRA. OLIVIA RAMÍREZ LÓPEZ

ASESORES:

DRA. SOFÍA CONRADO AGUILAR.

DR. JOSÉ VICENTE ROSAS BARRIENTOS.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO

HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE

“ESTUDIO PILOTO DE GLUCOMETRÍA NO CAPILAR EN PACIENTES
DIABÉTICOS AMBULATORIOS DE LA CONSULTA DE MEDICINA INTERNA Y
ENDOCRINOLOGÍA DEL H.R. 1º DE OCTUBRE”

NÚMERO DE REGISTRO: 432.2011

TESIS PARA OBTENER EL TTULO DE LA ESPECIALIDAD EN
MEDICINA INTERNA

DRA. OLIVIA RAMÍREZ LÓPEZ

ASESORES:

DRA. SOFÍA CONRADO AGUILAR.

DR. JOSÉ VICENTE ROSAS BARRIENTOS.

HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE ISSSTE

DR. RICARDO JUAREZ OCAÑA
COORDINADOR DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

DR. JOSÉ VICENTE ROSAS BARRIENTOS
JEFATURA DE INVESTIGACIÓN
PROFESOR ADJUNTO DEL CURSO DE MEDICINA INTERNA
ASESOR DE TESIS

DR. ALEJANDRO IBARRA GUILLEN
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA INTERNA

DRA SOFIA CONRADO AGUILAR
ASESOR DE TESIS

Dedicatoria:

A mi familia por su apoyo incondicional: mis papás (papá max y mamá mary), mis hermanos (mon, carito, chely, vicu y cuy) y mis sobrinas (Ximena y Carlita).

Y a los que desde el momento en el que inicie esta etapa estuvieron conmigo y me siguen apoyando; gracias: Paola Gómez, Jorge Trejo, Bruno de la Rosa, Julio C. Sauza y Dr. Ismael Ayala.

AGRADECIMIENTOS:

Dr. José Vicente Rosas Barrientos.

Dra. Sofía Conrado Aguilar.

QFB. Clara Susana Fragoso Romero.

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Tecnología Avanzadas (UPIITA).

- Dr. Gonzalo Solís Villela.
- Físico. Jesús Garnica Verdiguél.
- Alumnos: Selene Esperanza Ortiz Caballero.
Rodrigo Fermín Hernández Alamillo.

Índice:

Resumen	i
Summary	ii
Introducción	1
Objetivos y justificación	15
Material y métodos	16
Resultados	17
Discusión	21
Conclusiones	23
Bibliografía	24

Resumen:

Introducción: El control de diabéticos tipo 2 contempla la determinación de niveles de glucemia. Existen varios modelos de monitorización continua no invasiva que requieren aun de validación.

Objetivo: Reportar la correlación entre las determinaciones de glucómetro no invasivo, glucometría capilar y la glucemia central.

Material y métodos: Estudio piloto de un glucómetro no invasivo basado en luz infrarroja, desarrollado en la Escuela de Biónica de UPIITA del IPN. Se conto con la colaboración en el estudio FES Zaragoza. La muestra fue de 80 pacientes diabéticos ambulatorios buscando una correlación de 0.70. En todos se efectuó glucometría capilar y glucometría sérica. El análisis incluyó estadística descriptiva y correlación, regresión lineal con alfa de 0.05. Este protocolo fue aprobado por comité de investigación y de ética.

Resultados: Se reclutaron los 80 pacientes con edad de 56.7 ± 10.2 años. Hombres fueron 24 (30%) y 56 mujeres (70%). El tiempo de evolución de la diabetes de 13.1 ± 8.5 años. El IMC de los pacientes fue 29.3 ± 5.1 kg/m². La correlación entre glucosa capilar y sérica versus glucometría no capilar de labio y de dedo índice fue de 0.972 y de 0.958 con significancia de 0.01.

Conclusiones: La buena correlación permitirá continuar con el desarrollo de este prototipo.

Palabras clave: diabetes mellitus, estudio piloto, glucometría no capilar.

Summary:

Introduction: The control of type 2 diabetes includes the determination of blood glucose levels. Several models of noninvasive continuous monitoring even require validation.

Objective: To report the correlation between the findings of noninvasive blood glucose meter, blood glucose and capillary glucometria central.

Material and methods: Pilot study of a noninvasive glucometer based on infrared light, developed at the School of Bionics UPIITA the IPN. They had the collaboration in the study FES Zaragoza. The sample was 80 ambulatory diabetic patients looking for a correlation of 0.70. All were made glucometria capillary and glucometria serum. The analysis included descriptive statistics and correlation, linear regression of 0.05. This protocol was approved by the research committee and ethics.

Results: We recruited 80 patients aged 56.7 ± 10.2 years. Men were 24 (30%) and 56 women (70%). The duration of diabetes was 13.1 ± 8.5 years. The BMI of patients was 29.3 ± 5.1 kg/m². The correlation between capillary glucose and serum versus capillary glucometria not lip and index finger was 0,972 and 0,958 with a significance of 0.01.

Conclusions: Will continue the good correlation with the development of this prototype.

Keywords: diabetes mellitus, pilot study, no capillary glucometria

Introducción:

La Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, para la prevención, tratamiento y control de la Diabetes Mellitus la define como “enfermedad sistémica, crónica-degenerativa, de carácter heterogéneo, con grados variables de predisposición hereditaria y con participación de diversos factores ambientales, y que se caracteriza por hiperglucemia crónica debido a la deficiencia en la producción o acción de la insulina, lo que afecta al metabolismo intermedio de los hidratos de carbono, proteínas y grasas”.¹

Esta hiperglucemia tiene como consecuencia daño a nivel microvascular (retinopatía, nefropatía y neuropatía) y macrovascular (enfermedad isquémica del corazón, a nivel cerebral y enfermedad vascular periférica), por lo que se relaciona a una reducción de la expectativa de vida, complicaciones crónicas, disminución de calidad de vida y aumento en costos en los servicios de salud.²

En nuestro país desde el año de 1940 ya se encontraba reportada dentro las principales causas de morbilidad y mortalidad. Para el año 2000 en la encuesta Nacional de Salud (ENSA 2000) la prevalencia nacional de Diabetes Mellitus en adultos mexicanos de 20 a 103 años fue de 7.5% (IC_{95%} 7.1 – 7.9).³

La prevalencia nacional de DM en adultos de 20 y más años de edad fue de 7.5% (IC_{95%} 7.1-7.9). Por sexo esta prevalencia es más elevada para las mujeres con un 7.8% a diferencia con los hombres de 7.2%. La prevalencia aumenta monofónicamente con la edad, 2.3% antes de los 40 años y 21.2% después de los 60. En la población urbana la prevalencia fue de 8.1% y en la rural de 6.5%. La enfermedad fue más frecuente en la región norte del país (8.4%) y en el área metropolitana de la Ciudad de México (8.1%). Asimismo, fue más frecuente en la población con menor escolaridad (9.9%), menor ingreso (8.1%), hipertensión arterial (13.7%), hipercolesterolemia (23.3%), microalbuminuria (15.5%) y enfermedad renal (12.3%).³

En México, desde 1940 la diabetes ya se encontraba dentro de las primeras 20 causas de mortalidad, con una tasa de 4.2 por 100 000 habitantes. Pese a ello, se la consideraba una enfermedad poco frecuente (1% de la población adulta). Las consecuencias de la enfermedad crecieron a partir de 1970, cuando la diabetes ocupó el 15º lugar como causa de muerte. Diez años después ocupó el noveno lugar y para 1990 alcanzó el cuarto lugar como causa de mortalidad general. A partir de 2000, la diabetes es la primera causa de muerte en mujeres y la segunda en hombres (después de la cardiopatía isquémica, enfermedad resultante muchas veces de la diabetes). Contrario a lo observado con otras afecciones (como la cirrosis hepática), la tasa de mortalidad por DM aumentó desde el año 2000 al 2003. Por ejemplo, en las mujeres, la tasa se incrementó 17.1% (de 51.2 a 61.8 por 100 000 habitantes) y en los hombres el ascenso fue de 22.2% (de 42.2 a 51.6 por 100 000 habitantes). En 2003, la diabetes representó 12.6% de todas las muertes ocurridas en el país y la edad promedio al morir fue de 66 años.³

En el año 2008 la Secretaría de Salud reporto que en el caso de mortalidad para los mayores de 65 años la prevalencia era del 12.8%.⁴

La prevalencia de la diabetes ha aumentado de manera considerable en los últimos años, al grado de tener en la actualidad 246 millones de pacientes con diabetes en el mundo, mas de 7.5 millones en México que se saben enfermos y un 35% que está enfermo y no lo sabe (Figura 1).⁵



Figura 1. Situación actual de la prevalencia de la diabetes en el mundo.

En la última encuesta se puede observar como la prevalencia y el comportamiento de la enfermedad se ha modificado con relación al año de 1940, estas se puntualizan a continuación:⁵

- La población en México de personas con diabetes es de 12 millones (el 35% lo desconoce), la prevalencia nacional es de 10.8% en personas entre 20 y 69 años en el 2000 –ENSA (Figura 2).⁵

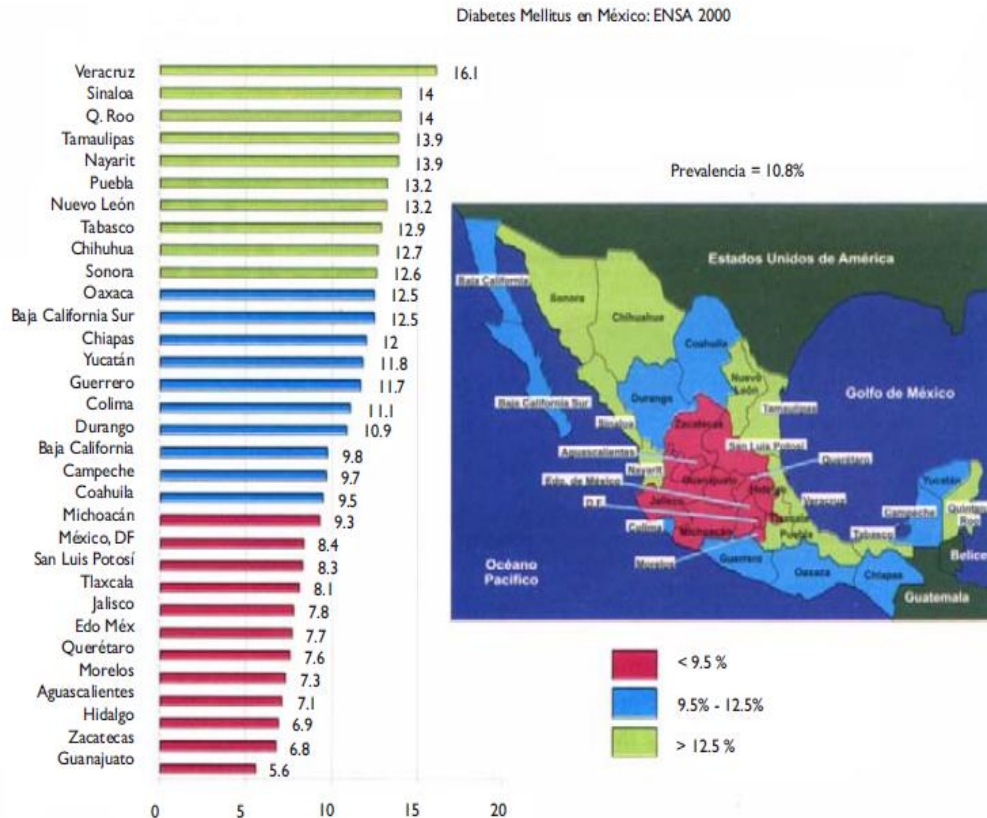


Figura 2. Distribución de la prevalencia de la DM tipo 2 en México (ENSA 2000). Note que los estados del altiplano presentan la menor prevalencia y el estado de Veracruz junto con Tamaulipas y Sinaloa la mayor.

- En la frontera entre México y Estados Unidos, la prevalencia es de 15%.
- Dos de cada tres mexicanos tienen sobrepeso u obesidad (prevalencia nacional de obesidad: 24.4%).
- La diabetes mellitus tipo 2 es la más frecuente ya que se presenta en 90% de las personas.
- A nivel mundial México ocupa el noveno lugar de diabetes.
- Para 2005 se calcula que en nuestro país tuvimos una incidencia registrada sólo en ese año de 400 mil casos, es decir, 400 mil nuevos casos por año.
- En México 13 de cada 100 muertes son atribuidas a la diabetes mellitus.

- En personas con rango de edad de 40-59 años, 1 de cada 4 muertes se debe a complicaciones de la diabetes.
- En México la primera causa de ceguera, amputación no traumática e insuficiencia renal crónica es la diabetes mellitus.
- En los pacientes con diabetes mellitus se incrementa el riesgo 4 a 6 veces de sufrir EVC isquémico o hemorrágico.
- 4 veces más probabilidades de tener infarto al miocardio.
- Aunque ésta es una de las pocas enfermedades que afectan más al sexo femenino, en promedio los hombres con diabetes mueren a una edad más temprana que las mujeres (67 *versus* 70 años respectivamente), y sólo 20% de los hombres que han desarrollado este padecimiento viven más de 75 años, contra 26% en el caso las mujeres.
- La Organización Panamericana de la Salud (OPS) calcula que en el año 2000 los costos indirectos por incapacidad y muerte anticipada fueron de más de 13 mil millones de pesos para México.
- El Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) estima el gasto anual por diabetes en más de 3 mil millones de pesos. El INSP también indica que el gasto anual por diabetes equivale a:
 - a) 4.7% del gasto público para la Secretaría de Salud (38 millones de dólares).
 - b) 6.5% del gasto para IMSS e ISSSTE (103 millones de dólares).
- En el caso de consulta externa, la diabetes:
 - a) Es la principal causa de demanda de consulta externa en instituciones públicas y privadas.
- En el ISSSTE durante 2004 la diabetes fue la quinta causa de estancia hospitalaria = 219 millones de pesos:
 - 40 millones de pesos en medicamentos y estudios
 - 200 millones por hemodiálisis
 - Casi 205 mil días de incapacidad por diabetes.
- En 2004 el IMSS destinó aproximadamente 15 mil pesos para la atención de cada uno de sus derechohabientes con diabetes.
- Constituye 20% de la atención hospitalaria con un mayor número de días de estancia.
- En la clínica CIMA se atienden aproximadamente 50 pacientes nuevos por neuropatía diabética. La prevalencia de neuropatía diabética en los pacientes diabéticos con menos de 10 años de la enfermedad es del 50%.

Clasificación de la Diabetes Mellitus:

La gran mayoría de los casos de DM se divide en dos categorías:

- a) la DM tipo 1, cuya causa es la deficiencia absoluta de la secreción de insulina. Es un proceso autoinmune que ocurre en los islotes pancreáticos.
- b) DM tipo 2, mucho más frecuente, causada por una combinación de resistencia a la insulina y una respuesta de secreción compensatoria de insulina. En esta categoría, durante un lapso prolongado y antes de que la DM sea detectada y aparezcan síntomas clínicos, puede haber un grado de hiperglucemia suficiente para causar alteraciones patológicas y funcionales en los diferentes tejidos diana.

Clasificación de la Diabetes Mellitus (ADA 2012): ⁶

I. Diabetes tipo 1; destrucción de las células beta, por lo general conduce a una deficiencia absoluta de insulina:

- A. Inmunitaria.
- B. Idiopática

II. Diabetes tipo 2; resistencia a la insulina, déficit relativo de insulina y defecto secretor de insulina.

III. Otros tipos específicos

A. Defectos genéticos de la función de las células beta caracterizados por mutación en:

1. Factor de transcripción nuclear del hepatocito (HNF) 4 alfa (MODY 1).
2. Glucocinasa (MODY2).
3. HNF-1alfa (MODY3).
4. Factor promotor de insulina (IPF-1; MODY4).
5. HNF-1alfa (MODY5).
6. NeuroD1 (MODY6).
7. ADN mitocondrial.
8. Subunidades del canal de potasio sensible a ATP.

B. Defectos genéticos en la acción de la insulina:

1. Resistencia a la insulina tipo A.
2. Leprechaunismo.
3. Síndrome de Rabson-Mendenhall.
4. Síndromes de lipodistrofia.

C. Enfermedades del páncreas exocrino: pancreatitis, trauma, pancreatectomía, neoplasia, fibrosis quística, hemocromatosis, pancreatopatía fibrocalculosa, mutaciones en el gen de lipasa de carboxil-éster.

D. Endocrinopatías: acromegalia, síndrome de Cushing, glucagonoma, feocromocitoma, hipertiroidismo, somatostatina, aldosteronoma.

E. Inducida por fármacos o sustancias químicas: vacor, pentamidina, ácido nicotínico, glucocorticoides, hormona tiroidea, diazóxido, β -adrenérgicos, tiazidas, dilantin, interferón- γ .

F. Infecciones: rubéola congénita, citomegalovirus, virus coxsackie.

G. Formas poco frecuentes de diabetes inmunitaria: síndrome del "hombre rígido", anticuerpos contra el receptor de Insulina.

H. Otros síndromes genéticos algunas veces asociados con la diabetes: síndrome de Down, síndrome de Klinefelter, síndrome de Turner, síndrome de Wolfram, Ataxia de Friedreich, corea de Huntington, síndrome de Laurence-Moon Biedl, distrofia miotónica, porfiria, síndrome de Prader-Willi.

IV. Diabetes Mellitus Gestacional.

Criterios diagnósticos: ⁶

1. A1C \geq 6,5%. La prueba debe realizarse en un laboratorio que use un método certificado y estandarizado para el ensayo DCCT (Diabetic Control and Complications Trial).
2. GPA (glucosa plasmática en ayuno) \geq 126mg/dl. El ayuno se define como la no ingesta calórica por lo menos 8 horas previas a la realización de la prueba.
3. Glucosa central $>$ 200mg/dl, 2hr postprandial después de una carga de 75mg de glucosa oral.
La prueba debe realizarse como lo indica la OMS, con una carga de glucosa que contiene el equivalente de 75 g de glucosa anhidra disuelta en agua.
4. En un paciente con síntomas clásicos de crisis de hiperglucemia o hiperglicemia; una glucemia al azar $>$ 200 mg/dl.

Prediabetes o riesgo aumentado de diabetes: ⁶

1. Glucosa central de 100 a 125 mg/dl en ayunas.
2. Glucosa central de 140 a 199 mg/dl 2hrs después de carga de 75mg de glucosa oral.
3. HbA1c: 5.7 a 6.4%.

Se debe hacer la prueba para la detección de Diabetes Mellitus en todo paciente mayor de 45 años o menor de 45 años que tenga sobrepeso (IMC>25) y algún factor de riesgo para diabetes:

1. Familiares en primer grado con diabéticos (padre, hermanos).
2. Sedentarismo.
3. Hipertensos (mayor de 140/90 mm Hg).
4. Latinos, afroamericanos, asiáticos.
5. Mujer con antecedente de hijo macrosómico (más de 4 Kg) o historia de diabetes gestacional.
6. Niveles de colesterol HDL <35, y Triglicéridos > 250 mg/dl.
7. Examen previo con intolerancia a la glucosa.
8. Estados de insulino-resistencia (síndrome de ovario poliquístico, acantosis nigricans).
9. HbA1C 5.7% o mayor estudios previos.
10. Historia de enfermedad cardiovascular.

La importancia del estado de prediabetes radica en que es un factor de alto riesgo de DM 2, de enfermedad coronaria y de mayor morbilidad cardiovascular; la conversión de la prediabetes a DM2 es de alrededor de 10% anual.

La frecuencia para realizar el tamizaje en la detección DM2 se ha establecido de la siguiente manera: ⁶

- a) Realizar tamizaje de DM 2 en individuos mayores de 45 años asintomáticos y en menores de 45 años con sobrepeso, obesidad u otro factor de riesgo.
- b) Si el resultado de la glicemia es < 100 mg/dl repetir el examen cada 3 años.
- c) Si el resultado de la glicemia en ayunas es ≥ 100 y ≤ 126 mg/dl realizar prueba de tolerancia a la glucosa oral (PTGO).

El método de elección para tamizaje y diagnósticos de DM2 en adultos es la glicemia en ayunas en sangre venosa determinada en el laboratorio. La HbA1c es el examen de elección para el control metabólico de la DM.

Es importante recalcar sobre la glicemia capilar con cinta reactivas no es un examen para el diagnóstico de diabetes, sólo para su control.

Existe evidencia científica que demuestra que es factible retardar el desarrollo de diabetes a través de cambios de estilo de vida o intervenciones farmacológicas. La efectividad de las medidas no farmacológicas alcanza 58% de reducción del riesgo de diabetes, con una reducción de peso entre 5-7% del peso inicial y 150 minutos de actividad física moderada a la semana. Estas medidas están recomendadas como primera línea de tratamiento.

El riesgo cardiovascular de una persona diabética es superior al de otra de iguales características que no es diabética. Estudios prospectivos muestran que la morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares es dos a cinco veces más alta en las personas diabéticas que las no diabéticas. Aproximadamente dos terceras partes de los diabéticos fallecen secundario a enfermedad cardiovascular.

El objetivo general del tratamiento de los factores de riesgo en las personas con diabetes es reducir su riesgo cardiovascular. La intensidad del tratamiento para lograr este objetivo debe relacionarse con el riesgo pre-tratamiento. Mientras más alto el riesgo, mayor es el esfuerzo para lograr los niveles óptimos de cada uno de los factores de riesgo asociados.

Una vez que se ha diagnosticado a un paciente como portador de DM, debe entrar en una serie de recomendaciones como son cambios en el estilo de vida, toma de medicamentos, aplicación de insulina en caso de requerirlo. Sin embargo aunado a esto debe de monitorizar su glucemia como parte integral de su control, esto se realiza de forma "auto-monitorización" con glucometrías capilares, la frecuencia de éstas será de acuerdo a las necesidades de cada paciente. Esta monitorización lleva por sí misma una reducción de la HbA1c en un 0.4%, independientemente que los niveles de glucosa guarda una correlación con los niveles de la hemoglobina glucosilada.^{7,8}

Los sujetos con diabetes tienen un riesgo de desarrollar enfermedad cardiovascular 2 a 4 veces superior al observado en la población general de similar edad y sexo, riesgo que se mantiene después de ajustar para otros factores clásicos de riesgo cardiovascular.⁹

En este sentido, las complicaciones cardiovasculares atribuibles a la arteriosclerosis son responsables del 70- 80% de todas las causas de muerte en los sujetos con diabetes, y representan más del 75% del total de hospitalizaciones por complicaciones diabéticas. Las características de las lesiones arteriosclerosas en los sujetos diabéticos son: desarrollo más rápido y precoz, afectación más generalizada y grave, mayor frecuencia de placas inestables, incidencia similar en ambos sexos y mayor presencia de isquemia-necrosis silente o con menor expresividad clínica. Las principales manifestaciones clínicas de la aterosclerosis son la cardiopatía isquémica, los accidentes cerebrovasculares, la arteriosclerosis obliterante de las extremidades inferiores, la afectación de las arterias renales y la aórtica. El riesgo de enfermedad cardiovascular y la mortalidad cardiovascular y global también están aumentado en los pacientes con síndrome metabólico y en situación de prediabetes, oscilando este riesgo entre 1,5 y 2 veces superior a la población general.⁹

Las evidencias clínicas actuales apoyan que la diabetes, en general, debe ser considerada una situación de alto riesgo cardiovascular, fundamentalmente la diabetes tipo 2 con otros factores de riesgo cardiovascular y la mayoría de los pacientes diabéticos tras 10 años del diagnóstico.

Además, la diabetes debe considerarse de muy alto riesgo cardiovascular en las siguientes situaciones: enfermedad cardiovascular clínica o subclínica, resistencia a la insulina y síndrome metabólico con 4 o 5 componentes, presencia de múltiples factores de riesgo como dislipemia, hipertensión arterial y tabaquismo.⁹

Principales factores de riesgo cardiovascular en la diabetes:⁹

Dislipidemia:

La dislipidemia diabética se caracteriza por la asociación de hipertrigliceridemia por aumento de las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), disminución de los niveles de c-HDL, aumento leve a moderado de la concentración de c-LDL, aumento del índice CT/c-HDL, predominio de partículas LDL pequeñas y densas, aumento de la apolipoproteína (apo) B y del índice apolipoproteínas B/A1, aumento de los ácidos grasos libres y aumento de partículas residuales.

Hay importantes evidencias epidemiológicas para establecer que existe una relación directa entre la dislipidemia, fundamentalmente hipercolesterolemia y aumento del c-LDL, y la enfermedad arteriosclerosa en la población general y en la diabética. Sin embargo, el riesgo está directamente relacionado con el número de partículas aterogénicas, que pueden ser estimadas de forma indirecta por el c-NoHDL, colesterol que es vehiculizado por las partículas aterogénicas, o por los niveles plasmáticos de la apo B, recordando que cada partícula aterogénica contiene una molécula de apo B. Hay evidencias epidemiológicas y clínicas para considerar que la apo B es superior al colesterol para predecir el riesgo cardiovascular y para el seguimiento de la terapia hipolipemiente. Por otro lado, el riesgo de aterosclerosis, enfermedad vascular, es inversamente proporcional al c-HDL o mejor a la apo A1, principal apolipoproteína de las HDL. Por ello, algunos autores indican que los índices CT/c-HDL o apo B/apo A1 son superiores, en los sujetos sin enfermedad cardiovascular y en aquellos con diabetes, para establecer el riesgo cardiovascular relacionado con las lipoproteínas plasmáticas.

La prevalencia de dislipidemia es 2-3 veces más frecuente en la población con diabetes que en la que no diabética, aproximadamente del 40-60%. Si bien la elevación de c-LDL es el principal factor pronóstico de riesgo vascular en la diabetes, el c-HDL y los triglicéridos son también factores de riesgo cardiovascular que contribuyen de forma decisiva al elevado riesgo cardiovascular de la diabetes. Por dicho motivo, las principales recomendaciones de práctica clínica en el manejo de la dislipidemia diabética enfatizan, una vez conseguido el objetivo terapéutico primario en c-LDL, la necesidad de alcanzar los objetivos secundarios en términos de c-HDL y triglicéridos para intentar disminuir el riesgo cardiovascular residual.

Los principales estudios de prevención cardiovascular han demostrado que el tratamiento hipolipemiente produce una reducción del riesgo cardiovascular del 25-55%, con una favorable relación costo-beneficio.

Un reciente metaanálisis ha señalado que el tratamiento intensivo de la dislipidemia diabética con estatinas reduce la mortalidad vascular un 13%, los episodios coronarios un 22% y el ictus un 21%. Además, evidenció que por cada 39 mg/dL de disminución de la concentración de c-LDL hay un descenso proporcional del 21% en la tasa de episodios cardiovasculares graves, de forma similar a lo constatado en la población sin diabetes. En la diabetes, el tratamiento intensivo de la dislipidemia reduce las muertes cardiovasculares un 17-50%, la mortalidad total un 12-40%, los episodios coronarios un 24-40% y los ictus un 27-40%.

Hipertensión arterial:

La hipertensión arterial (HTA) en los sujetos con diabetes es muy frecuente, con una prevalencia superior al 60%. Los estudios de intervención sobre la hipertensión en la diabetes han evidenciado una importante reducción (32-44%) de la morbimortalidad cardiovascular, tanto para las manifestaciones coronarias como para las cerebrovasculares. Cifras de presión arterial (PA) sistólica mayor de 130 mmHg o mayor de 80 mmHg de diastólica se consideran factores de riesgo en la diabetes. En aquellos sujetos con proteinuria o insuficiencia renal, las cifras recomendadas son aún menores: sistólica <120 mmHg y diastólica <75 mmHg.

El descenso de la PA ha constatado claros beneficios en la disminución del riesgo cardiovascular y de la nefropatía diabética. El tratamiento intensivo de la HTA en la diabetes reduce significativamente las complicaciones cardiovasculares: complicaciones diabéticas en un 24%, muertes relacionadas con la diabetes en un 32%, ictus en un 44%, insuficiencia cardíaca en un 56% y complicaciones microvasculares en un 37%.

Hiperglucemia:

La hiperglucemia, es un factor de riesgo de enfermedad micro y macrovascular. La hiperglucemia, tanto en situación de ayuno como posprandial, es responsable de modificaciones lipoproteicas que resultan en un mayor riesgo aterogénico. La glucosilación de las apoproteínas es proporcional a la concentración de glucosa en plasma, existiendo una buena correlación entre glucemia y LDL glucosilada.

La hemoglobina glucosilada (HbA1c) es un buen marcador de riesgo de mortalidad en pacientes con diabetes y un marcador continuo de riesgo de enfermedad cardiovascular. Existe una relación directa entre el descenso de la HbA1c y la incidencia y evolución de las complicaciones vasculares.

Por otro lado, el tiempo de duración de la diabetes, tiempo de exposición crónica a hiperglucemia, está relacionado con el riesgo cardiovascular, considerándose una situación de alto riesgo tras 10 años del diagnóstico clínico de la diabetes.

Control del riesgo cardiovascular: ⁹

La diabetes debe ser considerada como un factor mayor e independiente de riesgo cardiovascular. Además, la alta prevalencia de otros factores mayores de riesgo cardiovascular asociados a la diabetes aumenta el riesgo y la mortalidad cardiovascular.

Por todo ello, el control del riesgo cardiovascular en la diabetes debe ser abordado de forma global, como situación de alto o muy alto riesgo.

A continuación se muestran las metas terapéuticas con las que se ha demostrado disminuir los factores de riesgo antes mencionados: ⁹

Tabla 3. Objetivos primarios en la prevención cardiovascular en el síndrome metabólico y la diabetes mellitus			
	Objetivos		
	SM	DM	DM alto riesgo ^b
Dislipemia			
c-LDL	<130 mg/dL	<100 mg/dL	<70 mg/dL
c-NO-HDL ^c	<160 mg/dL	<130 mg/dL	<100 mg/dL
Apo B	<100 mg/dL	<80 mg/dL	<70 mg/dL
TG	<150 mg/dL	<150 mg/dL	<150 mg/dL
c-HDL	>40 en varones >50 en mujeres	>40 en varones ^b >50 en mujeres ^b	>40 en varones ^b >50 en mujeres ^b
CT/c-HDL	<5	<4	<3,5
Apo B/apo A1	<0,9	<0,7	<0,6
Presión arterial			
	<140/90 mmHg	<130/80 mmHg <125/75 mmHg con macroalbuminuria o insuficiencia renal	
HbA_{1c}			
DM1		<7%	
DM2		<6,5 ^d	
AAS	Valorar según riesgo y edad	Valorar en >40 años con uno o más factores de riesgo	SI

*Enfermedad cardiovascular clínica o subclínica, presencia de microalbuminuria, síndrome metabólico caracterizado por la presencia de 4 o 5 de los componentes clásicos o asociación con múltiples factores de riesgo clásicos (hipercolesterolemia, hipertensión, tabaquismo, etc.); ^bc-HDL cuanto más alto mejor, ideal >60 mg/dL; ^cEn la diabetes y en el SM, el c-NO-HDL debe ser calculado y utilizado, sustituyendo al c-LDL, siempre que los triglicéridos sean >200 mg/dL, y optativamente cuando los triglicéridos sean >150 mg/dL; ^dLos objetivos de HbA_{1c} deben conseguirse sin hipoglucemias clínicas ni subclínicas, por el riesgo que tienen de aumentar la morbimortalidad cardiovascular.

Recomendaciones sobre la medición de la glucemia capilar en pacientes con DM:

10

La medición de la glucemia capilar es útil para el autoanálisis y el autocontrol del paciente con diabetes. Debe distinguirse entre autoanálisis y autocontrol. El autoanálisis es la medición que realiza el propio paciente de su glucemia; el autocontrol, en cambio, es el proceso por el cual el paciente, tras realizar el autoanálisis, toma decisiones acerca del tratamiento de su diabetes.

El autoanálisis está indicado para proporcionar datos de la glucemia, tanto al paciente como al equipo sanitario, de modo que faciliten la toma de decisiones sobre el tratamiento o contribuyan al autocontrol del propio paciente. Por ello, sólo debe recomendarse cuando tanto el paciente como los profesionales de la salud que los atienden tengan:

- Conocimientos y habilidades suficientes para el manejo del tratamiento de la diabetes.
- Una firme voluntad de incluir el autoanálisis y el autocontrol como parte integral del tratamiento de la enfermedad.

La necesidad del autoanálisis debe valorarse desde el mismo momento del diagnóstico de la diabetes como apoyo a la educación terapéutica del paciente y como instrumento para el ajuste del tratamiento inicial.

Para el autocontrol, el autoanálisis por sí solo no es suficiente. Los datos de los estudios existentes sugieren que, para que exista un autocontrol efectivo, se requiere un programa de educación en diabetes específico y estructurado. Por ello, el autocontrol es parte fundamental de todos los programas de educación en diabetes.

La frecuencia de la medición de la glucemia capilar debe ser individualizada en función de las características específicas de cada persona con diabetes, así como de los requerimientos del equipo de salud para una adecuada valoración del control metabólico y de los efectos producidos por los cambios del tratamiento recomendados.

Fundamentalmente, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- El tipo de diabetes.
- El tipo de tratamiento de la diabetes.
- El grado de control de la enfermedad.
- Las situaciones especiales, como:
 - Enfermedades intercurrentes.
 - Periodos de inestabilidad.
 - Cambios de tratamiento de la diabetes.
 - Otros tratamientos.
 - Embarazo.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, es muy importante la consecución de un acuerdo consensuado entre el paciente con diabetes y el equipo sanitario.

Los resultados de las automediciones de la glucemia capilar deben registrarse manual o electrónicamente indicando el momento de la medición, el tratamiento utilizado y las circunstancias intercurrentes de interés, si las hubiere. Siempre que sea posible, es recomendable que el paciente con diabetes lleve su glucómetro a las revisiones, con objeto de poder descargar las mediciones realizadas y evitar errores de transcripción o manipulación de las cifras de glucemia capilar.

Además, dentro de un programa de educación continuada de las personas con diabetes, es necesario valorar de forma periódica el adecuado funcionamiento de los medidores de glucemia y las pautas de realización de automediciones y de modificaciones del tratamiento, así como que el paciente mantiene los conocimientos y habilidades necesarios para un correcto autocontrol.

Se recomienda la utilización de un único medidor de glucemia.

Como pautas generales, y sin olvidar todos los puntos anteriores, para la utilización de las tiras reactivas recomendamos que se tengan en cuenta el tipo de tratamiento (Figura 3).

Figura 3. Frecuencia de autoanálisis en diabetes no gestante*

Tipo de tratamiento	Control glucémico estable	Control glucémico no estable**	Observaciones
Medidas no farmacológicas	0 ¹	1 vez al día o 7 veces por semana ³	¹ Estaría justificada en educación terapéutica (forma temporal)
Fármacos que no provocan hipoglucemias ²	0 ¹	1 vez al día o 7 veces por semana ³	² Metformina, glitazonas, inhibidores de la DPP-4, análogos del GLP-1 e inhibidores de las alfa-glucosidasas
Fármacos que sí provocan hipoglucemias ⁴	1 vez por semana	1 vez al día o 7 veces por semana ³	³ 1 vez al día pre o postingesta o un perfil de 7 puntos en un día ⁴ Sulfonilureas y glinidas
Insulina basal ⁵	3 veces por semana	2-3 veces al día	⁵ Con o sin terapia oral
Insulina bifásica o NPH en dos/tres dosis	1-3 veces al día	2-3 veces al día + perfil 6-7 puntos/día/semana	
Terapia insulina bolo-basal	3-4 veces al día + perfil 6-7 puntos/día/semana	4-7 veces al día	
Bombas de insulina	4-10 veces al día	Individualizar (valorar monitorización continua de la glucosa)	

*En situaciones intercurrentes de especial complejidad y en diabetes infanto-juvenil, la frecuencia del autoanálisis debe realizarse de forma individualizada y limitada en el tiempo mientras persista la situación.
 **En casos de inicio y/o cambio de tratamiento y/o ante cifras glucémicas fuera de objetivos y/o hipoglucemias.
 DM1: diabetes mellitus de tipo 1; DPP-4: dipeptidilpeptidasa 4; GLP-1: glucagon like peptide-1; NPH: neutral protamine Hagedorn insulin (insulina protamina neutra de Hagedorn).
 NOTA: En pacientes con DM1 se recomienda la medición de cuerpos cetónicos en sangre y/u orina.

El automonitoreo de la glucosa se recomienda en aquellos pacientes que deben tener un control estricto, pacientes insulino requerientes, en todos los casos debe cuidarse la calibración de los aparatos y que los pacientes interpreten de manera adecuada los resultados. Las otras pruebas como son la determinación de glucosa o cetonas urinarias han entrado en desuso desde las glucometrías.⁸

A mediados de los 80`s cuando se reemplaza la monitorización “urinaria” por las glucemias capilares al igual al igual que es la llegada de las determinaciones de la hemoglobina glucosilada.¹¹

Al efectuar una comparación entre los reportes e la glucometría capilar y la glucemia central existe una oscilación del 10 al 12% misma que se pierde con glucemias mayores de 500 mg/dl.

Existen otros instrumentos para monitorizar la glucemia como son el “Biowatch” utilizando el principio de la iotoforesis, otro es el sensor continuo de glucosa subdérmico o incluso monitorización continua en unidades de terapia intensiva. Sin embargo, estos dispositivos aun deben posicionarse dentro del ámbito del control del diabético.¹²

Existen otras tecnologías diseñadas para este fin como es el uso de teléfonos móviles para control de los pacientes diabéticos y se encuentran en desarrollo tecnologías no invasivas.^{13,14}

Con relación a la monitorización no invasiva se continúan desarrollando prototipos bajo el objetivo de no ser invasivos, disminuir la posibilidad de contraer infecciones (en el caso de uso hospitalario) y correlacionarse adecuadamente con los valores de una glucemia capilar, para esto se han diseñado varias técnicas que parten desde la aplicación de un detector infrarrojo a la aplicación e bioimpedancia, ultrasonido, electromagnetismo; por mencionar algunas y en ninguno de estos se han reportado efectos adversos.¹⁵

Estos métodos no invasivos tienen su fundamento en medir la glucosa a partir de sus propiedades moleculares (coeficiente de absorción cercana al infrarrojo) o bien por medir las propiedades físicas de la glucosa en el tejido o sangre.^{16, 17, 18, 19}

Objetivo general:

Reportar la concordancia entre las determinaciones de glucosa del glucómetro no invasivo, glucometría capilar y la glucemia central.

Objetivos específicos:

Reportar características generales de los pacientes incluidos.

Reportar factores relacionados con la lectura de glucosa.

Reportar estado de control glucémico del paciente.

Justificación:

El manejo del paciente con DM2 debe incluir siempre la determinación continua de los niveles de glucemia. Esta se realiza, ya sea por la monitorización mediante glucometría capilar o bien glucemia central.

Sin embargo, parte de la resistencia de los pacientes ha sido la necesidad de realizarse glucemias capilares o glucosas centrales, por lo que implica la toma de muestra y los costos directos e indirectos que representan ambas pruebas.

En la actualidad existen varios modelos de monitorización continua no invasiva, ejemplos de éstos son los monitores de electrocardiografía en hospitales, oximetría de pulso, temperatura corporal.

El presente trabajo pretende determinar si es posible realizar una medición de glucosa por medios no invasivos a través de luz infrarrojo. Se requieren de este tipo de trabajos para avanzar en este aspecto y con esto favorecer una mejor adherencia a medidas terapéuticas y con ello mejor control del paciente con DM, y así reducir las complicaciones macro y microvasculares.

Material y métodos:

Este trabajo fue un estudio piloto utilizando un diseño clínico diagnóstico, de reporte transversal. Con tamaño de muestra de 80 pacientes con DM2, que acuden a la consulta externa de Medicina Interna o Endocrinología del Hospital 1º de Octubre del ISSSTE, partiendo de la hipótesis de que el rango de valores obtenidos por la glucometría no invasiva versus glucometría capilar y glucemia central tendrán una correlación de por lo menos 0.70.

Los criterios de inclusión fueron: pacientes mayores de 18 años, firmen el consentimiento informado, sin distingo de sexo, padecer DM2 al momento del estudio, integridad de la piel (labio inferior, dedo índice), no haber tenido ingresos por descontrol de la glucosa en las últimas seis semanas, no estar embarazada al momento del estudio, estabilidad en los signos vitales.

Los criterios de exclusión fueron: pacientes con enfermedades de la piel que incrementen el grosos de la misma, estado de deshidratación moderada a severa, enfermedad poliglobulica, presencia de cicatriz queloide en sitio de medición de glucometría no capilar que impida una correcta aplicación del transductor, presencia de enfermedad terminal.

Criterios de eliminación: todos aquellos pacientes en quienes se hubiese administrado previamente una solución glucosada o dextrina.

Resultados:

Se identificaron 80 pacientes que cubrieron los criterios de inclusión, en todos se logro determinar glucemias centrales, capilares, por el método no invasivo o glucometría por infrarrojos.

En tres casos no se logro obtener laboratoriales previos por expediente no encontrado.

Las características generales de la población estudiada se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales de la población estudiada

Característica	Frecuencia (n=80)*
Sexo	
Masculino	24 (30)
Femenino	56 (70)
Edad (años cumplidos)	56.7±10.2
Estado civil	
Casado	52 (65)
Divorciado	5 (6)
Soltero	13 (16)
Unión libre	3 (4)
Viudo	7 (9)
Religión	
Católica	69 (86)
Cristiana	2 (3)
Mormona	1 (1)
Testigo de Jehová	1 (1)
Ninguna	7 (9)
Comorbilidades	
Hipertensión arterial	35 (43)
Dislipidemia	30 (38)
Cardiopatía	5 (6)
Neuropatía	13 (16)
Retinopatía	6 (8)

* Se reportan frecuencias y porcentajes en variables cuantitativas promedio ± DE

Con respecto al tiempo de evolución de la diabetes mellitus en nuestros pacientes fue de 13.1 ± 8.5 años.

De las características clínicas de los pacientes la gran mayoría se encontraba con control de su tensión arterial (ver cuadro 2)

Cuadro 2. Características clínicas de los pacientes estudiados.

Característica	Promedio \pm DE
Peso (kg)	73.3 \pm 13.6
Talla (m)	1.6 \pm 0.08
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	29.3 \pm 5.1
Tensión arterial (mm Hg)	
Sistólica	122.6 \pm 16.7
Diastólica	75.2 \pm 9.2
Frecuencia respiratoria pm	18 \pm 1
Temperatura (° C)	36

De sus parámetros bioquímicos los niveles de glucosa y hemoglobina glucosilada, se encuentran por arriba de los valores recomendados para el control metabólico (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros bioquímicos e la población estudiada.

Parámetro	Valor promedio y DE
Hemoglobina (g/dL)	13.9 \pm 2.2
Hematocrito (%)	41.8 \pm 6.7
Leucocitos (mm ³)	7977 \pm 2.9
Plaquetas (mm ³)	247338 \pm 78.0
Glucosa (mg/dL)	169.8 \pm 72.2
Hemoglobina glucosilada (%)	9.2 \pm 2.1
Colesterol total (mg/dL)	180.3 \pm 43.1
Triglicéridos (mg/dL)	176.6 \pm 99.0
HDL (mg/dL)	46.3 \pm 12.9
LDL (mg/dL)	98.7 \pm 37.4
VLDL (mg/dL)	35.3 \pm 19.8

Abreviaciones: HDL lipoproteínas de alta densidad,
LDL lipoproteínas de baja densidad,
VLDL lipoproteínas de muy baja densidad

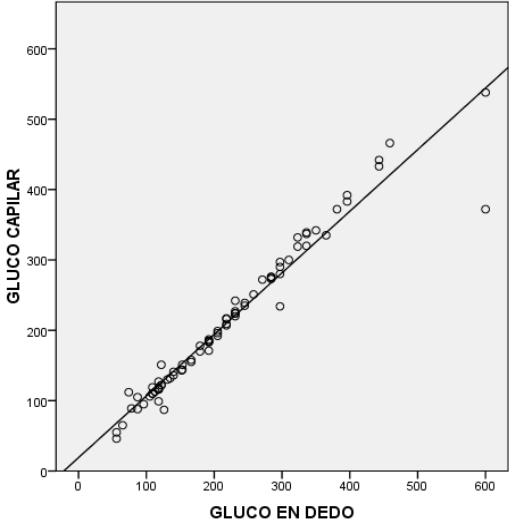
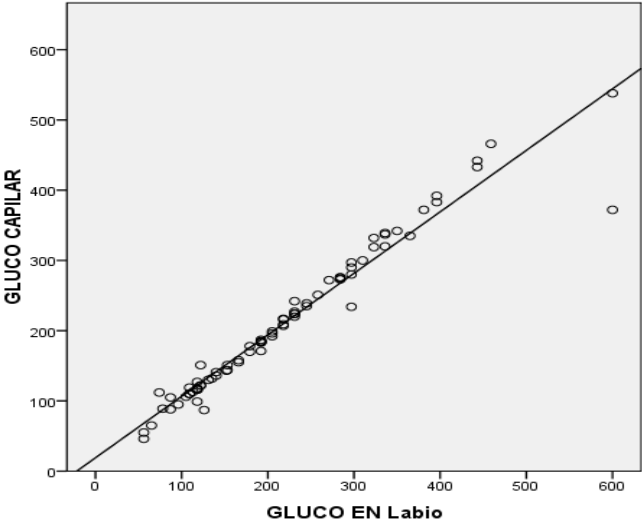
Al realizar el análisis de correlación bivariado entre glucemia capilares y central en comparación con los resultados del prototipo tuvieron una significancia estadística favorable con $p < 0.01$ para dos colas (cuadro 4).

Cuadro 4. Correlación bivariada entre glucometría no capilar y glucemia centrales y capilares.

		Glucosa capilar	Glucosa central	Glucometría en labio	Glucometría en dedo índice
Glucosa capilar	Correlación Pearson	1	0,985**	0,972**	0,972**
	Significancia		0,0001	0,0001	0,0001
Glucosa central	Correlación Pearson	0,985**	1	0,958**	0,958**
	Significancia	0,0001		0,0001	0,0001
Glucometría en labio	Correlación Pearson	0,972**	0,958**	1	1,000**
	Significancia	0,0001	0,0001		0,0001
Glucometría en dedo índice	Correlación Pearson	0,972**	0,958**	1,000**	1
	Significancia	0,0001	0,0001	0,0001	

** Nivel de significancia de 0.01 a dos colas

Se puede apreciar en la siguiente gráfica de dispersión de puntos la regresión de las mediciones entre glucometría no invasiva en labio versus glucometría capilar con una R^2 de 0.946 y en la comparación de glucometría no invasiva en dedo versus capilar la R^2 fue de 0.946



Discusión:

La importancia de un control adecuado de los niveles de glucosa en los pacientes con DM es de vital importancia para prevenir o retardar las complicaciones micro y macrovasculares. Para lograr las metas terapéuticas es necesario el automonitoreo de las cifras de glucemia, sin embargo por el costo y la dificultad para el registro de los niveles de glucosa (capilar o central) en ocasiones es difícil para el paciente llevar un registro de los niveles de glucosa; a pesar de que las guías internacionales recomiendan al menos tres registros de glucosa en 24 horas en pacientes que se encuentra en tratamiento a base de insulina con la intención de un mejor automonitoreo y por lo tanto autocontrol, el apego a estas normas es difícil para el paciente por diversas razones, por esto se diseñó el glucómetro no invasivo, con la intención de facilitar al paciente el registro de los niveles de glucosa durante el día las veces que sean necesarias de acuerdo a las características específicas del pacientes (tratamiento, comorbilidades, niveles de hemoglobina glicada) para un adecuado control.¹⁰

La intención de medir la concentración de glucosa sanguínea por métodos no invasivos, se ha intentado desde diferentes abordajes, en el estudio de Eun-Joo Park, donde utilizó el método ultrasonográfico de manera experimental, el tiempo de respuesta para obtener el resultado fue de 20 minutos, y requiere la colocación del transductor dérmico, a diferencia del prototipo utilizado en nuestro protocolo en el que los resultados de los niveles de glucosa registrados mediante el glucómetro no invasivo se obtienen en no más de 2 minutos.²¹

Con relación al rango de medición del prototipo de nuestro trabajo fue capaz de hacer mediciones entre 56 mg/dL a 600 mg/dL, existen otros reportes de registro de glucometria no invasiva en los cuales el rango de detección de niveles de glucosa van de 40–496 mg/dL, por lo que se podrá realizar modificaciones a nuestro prototipo tratando de identificar un rango inferior de glucosa; y de acuerdo a esto llevar a cabo las modificaciones terapéutica más indicada, con la intención de lograr las metas de control glucémico de los pacientes con DM.²²

En nuestro prototipo, se utilizó como fuente de detección de glucosa la luz infrarroja, existen estudios previos como el de Alexander Vol, el cual se llevó a cabo en ratas utilizando como fuente de detección de glucosa biopotenciales musculares (utilizando como transductor materiales como plata y platino), encontrando una correlación de 0.961 entre el registro de glucometria capilar convencional y la detección de glucosa por biopotenciales musculares; sin embargo a pesar de tener una correlación de 0.961 es necesario que este prototipo sea validado en seres humanos, además de valorar el costo del material con el que está diseñado.²³

Existen otros reportes, como el de S. Srinivasa Murthy, en el que se utilizó un método transcutáneo continuo para la detección de niveles de glucosa sanguínea en ratas; para tener un adecuado registro de los niveles de glucosa fue necesaria la colocación del detector transcutáneo lo que implica ser invasivo; además la necesidad de ser validado en seres humanos, a diferencia de nuestro prototipo en el que no se es invasivo y esta validado en seres humanos.²⁴

En diversos estudios y protocolos se ha intentado validar diversas técnicas para la medición de los niveles de glucosa mediante métodos no invasivos, con el objetivo de lograr un mejor control de las cifras de glucosa en los pacientes diabéticos, así como disminuir el riesgo de transmisión de procesos infeccioso por la manipulación del tejido sanguíneo. Hasta el momento todos los estudios han coincidido en que es posible realizar una cuantificación fidedigna de los niveles de glucosa en pacientes con DM mediante métodos no invasivos, sin embargo hasta este momento no ha existido una validación de los mismos, que permitan utilizar con seguridad métodos no invasivos para el registro de niveles de glucemia a nivel sanguíneo.^{20, 21, 22, 23, 24, 25}

En el estudio de Ilana Harman-Boehm²⁶, el cual se realiza en seres humanos , se utiliza una técnica no invasiva en la cual se combinan tres técnicas ultrasonográfica, magnética y térmica, sin embargo al igual que nuestro protocolo es necesario validar el equipo para que sea aceptado como una técnica de medición de glucosa sanguínea en forma no invasiva.

Durante nuestro protocolo se determino la correlación que existe entre los niveles de glucosa registrados por glucómetro convencional (glucosa capilar) y el registrado por el glucometro no invasivo en pacientes de la consulta externa del servicio de endocrinología y Medicina Interna del Hospital Regional 1º de Octubre del ISSSTE, encontrando una correlación de 0.946. Estableciendo que existe una buena correlación entre los valores obtenidos mediante la glucometria convencional y la glucometria no invasiva, lo que nos permite continuar con la validación del glucómetro no invasivo en protocolos subsecuentes teniendo como antecedente estadísticamente significativo el resultado de este protocolo.

Conclusiones:

Es importante que para tener un adecuado control de cifras de glucosa los pacientes diabéticos realicen (automonitoreo) un registro al menos de tres cifras de glucemia capilar al día, lo que es difícil por el costo y lo que implica la toma de muestra; el objetivo de éste protocolo es probar una forma no invasiva de registrar los niveles de glucosa en sangre de pacientes con diabetes mellitus, lo que facilitaría un mejor control metabólico y por lo tanto se retardaría las complicaciones micro y macrovasculares.

Este estudio piloto de glucometría capilar no invasiva pese a la obtención de una buena correlación entre los niveles de glucosa reportados por la glucometría capilar convencional en comparación con la glucometría no invasiva; es necesario realizar mediciones continuas para validar su precisión en una muestra más grande, y así ser utilizado con seguridad para la medición de los niveles de glucosa sanguínea en forma no invasiva.

Bibliografía:

1. NORMA Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus.
2. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care* 2010; 33 (Suppl 1):S62-S69
3. Olaiz - Fernández G, Rojas R, Aguilar-Salinas CA, Rauda J, Villalpando S. Diabetes mellitus en adultos mexicanos. Resultados de la Encuesta Nacional de Salud 2000. *Salud Pública Mex* 2007; 49 supl 3:S331-S337.
4. Secretaría de Salud/Dirección General de Información en Salud. Elaborado a partir de la base de datos de defunciones 1979-2008 INEGI/SS y de las Proyecciones de la Población de México 2005 - 2050, y proyección retrospectiva 1990-2004. CONAPO 2006
5. Flores Ramírez J, Aguilar Rebolledo F. Diabetes mellitus y sus complicaciones. La epidemiología, las manifestaciones clínicas de la diabetes tipo 1 y 2. Diabetes gestacional. Parte 1. Plasticidad y Restauración Neurológica Vol. 5 Núm. 2 Julio-Diciembre 2006
6. American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2012; 35: supplement 1: S 64 – S70.
7. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes. 2011. American Diabetes Association. *Diabetes Care*, 2011; 34, Suplemento 1: S11 – S61.
8. American Diabetes Association. Tests of Glycemia in Diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27:591 – 593.
9. Grupo de trabajo Diabetes Mellitus y Enfermedad Cardiovascular de la Sociedad Española de Diabetes. Documento de Consenso. Diabetes mellitus y riesgo cardiovascular. *Av Diabetol* 2009; 25: 449 – 54 .
10. Grupo de trabajo Diabetes Mellitus y Enfermedad Cardiovascular de la Sociedad Española de Diabetes. Recomendaciones en 2010 de la Sociedad Española de Diabetes sobre la medición de la glucemia capilar en personas con diabetes. *Av Diabetol*. 2010, September 16.
11. Goldstein DE, Little RR, Lorenz RA, Malone JI, Peterson ChM, Sacks DB. Tests of Glycemia in Diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27:1761 – 1773.
12. Torjman MC, Goldberg ME, Littman JJ, Hirsh RA, Dellinger RP. Pilot Evaluation of a Prototype Critical Care Blood Glucose Monitor in Normal Volunteers. *J Diabetes Sci Technol* 2009;3:1233-124.
13. Pena V, Watson AJ, Kvedar JC, Grant RW. Mobile Phone Technology for Children with Type 1 and Type 2 Diabetes: A Parent Survey. *J Diabetes Sci Technol* 2009; 3: 1481 – 1489.

14. Liddy C, Dusseault JJ, Dahrouge S, Hogg W, Lemelin J, Humbert J. Telehomecare for patients with multiple chronic illnesses. Pilot study *Can Fam Physician* 2008; 54:58-65.
15. Harman-Boehm I, Gal A, Raykhman AM, Zahn JD, Naidis E, Mayzel Y. Noninvasive Glucose Monitoring: A Novel Approach *J Diabetes Sci Technol* 2009;3(2):253-260.
16. Khalil OS. Spectroscopic and Clinical Aspects of Noninvasive Glucose Measurements. *Clinical Chemistry* 1999; 45: 165–177.
17. Amir O, Weinstein D, Zilberman S, Less M, Perl-Treves D, Primack H, et al. Continuous Noninvasive Glucose Monitoring Technology Based on Occlusion Spectroscopy. *J Diabetes Sci Technol* 2007; 1(4):463-469.
18. Murthy SS, Ram S, Mathur SK, Narasimha S. Noninvasive Transcutaneous Sampling of Glucose by Electroporation. *J Diabetes Sci Technol* 2008; 2(2):250-254.
19. Thompson N, Perz J. Eliminating the Blood: Ongoing Outbreaks of Hepatitis B Virus Infection and the Need for Innovative Glucose Monitoring Technologies *J Diabetes Sci Technol* 2009;3:283-288
20. Nicola D. Thompson, Joseph F. Perz. Eliminating the Blood: Ongoing Outbreaks of Hepatitis B Virus Infection and the Need for Innovative Glucose Monitoring Technologies. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2009; 3, March.
21. Eun-Joo Park, M.S., Jacob Werner, V.M.D., Joshua Beebe, Samantha Chan, and Nadine Barrie Smith, Ph.D. Noninvasive Ultrasonic Glucose Sensing with Large Pigs (~200 Pounds) Using a Lightweight Cymbal Transducer Array and Biosensors. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2009; 3, May.
22. Amir O, Weinstein D, Zilberman S, Less M, Perl-Treves D, Primack H, et al. Continuous Noninvasive Glucose Monitoring Technology Based on “Occlusion Spectroscopy”. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2007; 1, July.
23. Vol A, Gribova O, Berman S, Siman-Tov Y, Efrati S. Application of muscle biopotential measurement for sustained, noninvasive blood glucose survey. *J Appl Physiol*. 2009; 107: 253–260.
24. Srinivasa S, Pharm M, Ram S, Mathur S, Narasimha S. Noninvasive Transcutaneous Sampling of Glucose by Electroporation. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2008; 2, March.
25. Genz J, Haastert B, Meyer G, Steckelberg A, Müller H, Verheyen F, Cole D, et al. Blood glucose testing and primary prevention of diabetes mellitus type 2 - evaluation of the effect of evidence based patient information. *BMC Public Health* 2010, 10:15.
26. Harman-Boehm I, Gal A, Raykhman A, Zahn J, Naidis E, Mayzel Y. Noninvasive Glucose Monitoring: A Novel Approach. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2009; 3, March.