



Determinación de glucosa: El uso de glucómetros como prueba rápida de análisis

Glucose determination: The use of glucometers as a rapid test of analysis

Gygliola-Ormachea Peggy Brenda*, Tarquino-Flores Gabriela, Chambi-Gutierrez Edgar,
Averanga-Conde Kattia, Salcedo-Ortiz Lily

Datos del Artículo

Hospital de Clínicas Universitario.
Unidad de Laboratorio Clínico.
Av. Saavedra 2245, Z. Miraflores.
La Paz Estado Plurinacional de Bolivia.
gabytf.quimica@gmail.com
echam222@gmail.com
mistica_kim@hotmail.com
liluz2004@gmail.com

*Dirección de contacto:
Hospital de Clínicas Universitario.
Unidad de Laboratorio Clínico.
Av. Saavedra 2245, Z. Miraflores.
La Paz Estado Plurinacional de Bolivia.
Móvil:+591 77750547

Peggy Brenda Gygliola Ormachea
E-mail address: peggybrenda16@gmail.com

Palabras clave:

Glucosa,
glucómetros,
diabetes,
eritrocitosis,
anemia.

J. Selva Andina Res. Soc.
2020; 11(1):38-48.

Historial del artículo.

Recibido octubre 2019.
Devuelto noviembre 2019.
Aceptado diciembre 2019.
Disponible en línea, febrero 2020.

Editado por:
**Selva Andina
Research Society**

Key words:

Glucose,
glucometers,
diabetes,
erythrocytosis,
anemia.

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la utilidad de glucómetros en relación al método de laboratorio estándar (MEL) en muestras sanguíneas: saludables, diabéticas, eritrocíticas y anémicas. Los glucómetros (GM) evaluados fueron ACCU CHEK *Active* en sus dos procedimientos (ACCU I y ACCU II), ONE TOUCH *Ultra* (ONETu) y TRUEread *fácil* (TRUEf). Se utilizó el análisis de varianza ANOVA, $p < 0.005$. De 54 muestras saludables con hematocrito 49 ± 4 , ONETu no expuso diferencia significativa con MEL, ACCU I, ACCU II y TRUEf expusieron diferencias significativas, siendo TRUEf el que reveló mayor diferencia con valores sobreestimados en más de 30 mg/dL. De 60 muestras diabéticas con hematocrito 48 ± 8 , no hubo diferencias significativas entre los GM y MEL, sin embargo se detectaron resultados incongruentes de 2 a 3 veces sobreestimados (13%) y de 2 a 3 veces infravalorados (12%) con los GM ONETu y TRUEf; ACCU I y ACCU II expusieron incongruencias leves. De 54 muestras eritrocíticas con hematocrito 66 ± 6 , se detectaron valores infravalorados en 20 mg/dL con ONETu y TRUEf (10%), ACCU I (18%); ACCU II reportó valores sobreestimados entre 15-25 mg/dL (40%) con diferencia estadística significativa. De 40 muestras anémicas con hematocrito 29 ± 9 , se reportó valores sobreestimados, 20% (ONETu), 35% (TRUEf), 45% (ACCU II) y 55% (ACCU I), con una diferencia mayor a 20 mg/dL. Los GM evaluados presentan diferentes grados de interferencia por muestras diabéticas, anémicas y eritrocíticas, en el caso de muestras eritrocíticas se observan valores infravalorados, en muestras anémicas valores sobrevalorados, estos datos deben ser considerados para un mejor uso de los GM.

© 2020. Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

The objective of this study was to determine the usefulness of glucometers in relation to the standard laboratory method (MEL) in blood samples: healthy, diabetic, erythrocytic and anemic. The glucometers (GM) evaluated were ACCU CHEK *Active* in its two procedures (ACCU I and ACCU II), ONE TOUCH *Ultra* (ONETu) and Easy TRUEread (*TRUEf*). The ANOVA analysis of variance, $p < 0.005$, was used. Of 54 healthy samples with hematocrit 49 ± 4 , ONETu did not show a significant difference with MEL, ACCU I, ACCU II and TRUEf showed significant differences, being TRUEf the one that revealed the greatest difference with over-estimated values in more than 30 mg / dL. Of 60 diabetic samples with hematocrit 48 ± 8 , there were no significant differences between GM and MEL, however incongruous results were detected 2 to 3 times overestimated (13%) and 2 to 3 times undervalued (12%) with GM ONETu and TRUEf; ACCU I and ACCU II exposed slight inconsistencies. Of 54 erythrocyte samples with hematocrit 66 ± 6 , underestimated values were detected in 20 mg / dL with ONETu and TRUEf (10%), ACCU I (18%); ACCU II reported overestimated values between 15-25 mg / dL (40%) with significant statistical difference. Of 40 anemic samples with hematocrit 29 ± 9 , overestimated values were reported, 20% (ONETu), 35% (TRUEf), 45% (ACCU II) and 55% (ACCU I), with a difference greater than 20 mg / dL. The GM evaluated present different degrees of interference by diabetic, anemic and erythrocytic samples, in the case of erythrocytic samples, undervalued values are observed, in anemic samples overvalued values, these data should be considered for a better use of GM.

© 2020. Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

La Paz-Bolivia, cuenta con mayor población del país, cerca de 2 700 000¹, una gran parte vive por encima de 3600 msnm, en condiciones de hipoxia, se estima una incidencia de eritrocitosis de altura del 7%², 10% de esta población está conformada por hombres entre 30 y 50 años, presentan eritrocitosis excesiva o hipertensión pulmonar³, por otro lado, la anemia en mujeres en edad fértil llega a 51.2%⁴. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), cerca de 660 000 bolivianos (6.6% de la población) tiene diabetes, el Ministerio de Salud (MS) registró a 500 000 hasta el año 2016. Por ello, se estima que hay cerca de 160 000 diabéticos que desconocen su diagnóstico⁵.

Con el fin de detectar casos de diabetes, se realizan campañas ediles y gubernamentales periódicamente en centros de salud y plazas, a través de pruebas rápidas con glucómetros (GM)⁶. La medición de glucosa sanguínea, es una prueba fundamental para la identificación de los que cursan esta patología, una enfermedad crónica de mayor incidencia a nivel mundial, no solo es una prueba principal, también es la única que se puede realizar, en un control del tratamiento aplicado, en este sentido da pautas para mejorar la eficacia terapéutica, realizar ajustes en la dieta, actividad física y medicación⁷.

La diabetes mellitus (DM), una enfermedad metabólica crónica (EMC) con alta incidencia en la población mundial⁸, se estima que el año 2014 su prevalencia mundial fue 9% entre adultos mayores de 18 años, el 2012 fallecieron 1.5 millones de personas como consecuencia directa de la diabetes⁹. Más del 80% de las muertes con diabetes, se registra en países de ingresos bajos y medios¹⁰. Según proyecciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS),

la diabetes será la séptima causa de mortalidad para el 2030¹¹.

El uso de GM en pacientes diabéticos es muy frecuente para monitorear el nivel de glucosa sanguínea, aunque los dispositivos para exámenes rápidos, para pacientes en reposo denominados Point of Care (POC) han sido calibrados para muestra sanguínea capilar, los médicos lo utilizan en muestra venosa o arterial, así como en muestras de catéter venoso central¹².

Los GM portátiles han ido en aumento por recomendación en su uso por expertos, se diferencian por el sistema empleado, método de recogida de muestra, tiempo y rango de lectura¹³. Una de sus limitantes en la utilización de GM es el costo de las tiras reactivas (TR), según recomendación de la Asociación Americana de Diabetes (ADA) deben utilizarse de tres a cuatro veces al día para la diabetes tipo 1, y una al día para diabetes tipo 2 tratada farmacológicamente¹⁴. Un reporte reciente del uso de GM en muestras de gestantes, reporta inexactitud de todos los GM, incluso con previa calibración¹⁵.

El presente estudio tuvo como objeto determinar la utilidad de glucómetros en relación al método de laboratorio estándar (MEL) en muestras sanguíneas: saludables, diabéticas, eritrocíticas y anémicas. Los GM más usados que se encuentran en mercado son ACCU CHEK *Active* (ACCU), ONE TOUCH *Ultra* (ONETu) y TRUEread *facil* (TRUEf).

Materiales y métodos

Muestra. Estuvo constituida por 208 voluntarios, varones y mujeres mayores de edad, divididas en 4

grupos: a) Pacientes con diagnóstico confirmado o presuntivo de diabetes (60). b) Pacientes con diagnóstico de eritrocitosis (54). c) Voluntarios con anemia (40) y d) Voluntarios saludables (54). Para los voluntarios saludables, se realizó una invitación en predios de la Facultad de Medicina de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Las muestras fueron tratadas de igual forma en todos los casos.

Método estándar. Se procedió por el método enzimático colorimétrico de glucosa oxidasa, considerando el estándar de oro^{13,16}, realizándose la lectura en un fotocolorímetro STAT FAX a 505 nm. En casos que las lecturas pasaban el límite de absorción 0.6 se realizó la dilución 1:2 o 1:3 respetando la linealidad.

Glucómetro ACCU CHEK Active (ACCU). Se valoraron 2 procedimientos, 1° (ACCU I) se coloca la TR en el GM (automáticamente se prende) se deposita la muestra con una micro pipeta de 10 µL de muestra de sangre en la TR a los 5 s se lee el resultado en la pantalla. En el 2° (ACCU II) se coloca la TR en el GM (automáticamente se prende) se extrae la tira del GM (queda en espera 20 s), se deposita la muestra de sangre en el lugar marcado y se coloca nuevamente la tira en el GM para la lectura en pantalla.

Glucómetro TRUEread fácil (TRUEf). Colocar la TR (automáticamente se prende) colocar la muestra con una micro pipeta de 10 µL de sangre en el lugar marcado y leer el resultado en la pantalla hasta los 5 s.

Glucómetro ONE TOUCH Ultra (ONETu). Colocar la TR (automáticamente se prende) colocar la muestra con una micro pipeta de 10 µL de sangre en el lugar marcado y leer el resultado en la pantalla hasta los 5 s.

Procesamiento de las muestras. Se tomó la muestra (6 mL) por veno-punción, 3 mL para procesar por el método estándar (MEL) y 3 mL en otro tubo para la

valoración de hematocrito. De inmediato se procedió a valorar las muestras (10 µL) en los GM con ayuda de micro-pipeta.

Diseño. Estudio descriptivo de eficacia de instrumentos de medida.

Consentimiento informado. A cada paciente que se presentó en la sección de emergencias del Laboratorio del Hospital de Clínicas (LHC) con diagnóstico de diabetes, eritrocitosis y anemia con solicitud de glucosa sanguínea, se les informo sobre el estudio, solo participaron las personas que firmaron el consentimiento informado, participaron como voluntarios sanos, estudiantes universitarios mayores de edad. El protocolo cuenta con la aprobación por el Comité de Ética Nacional (CEN).

Análisis estadístico. Los datos se resumieron mediante el uso de estadísticas descriptivas, aplicando el análisis de varianza (ANVA), junto al test de Duncan entre la determinación de glucosa de referencia por el método en base a glucosa oxidasa (GOD) de laboratorio y los valores de glucosa obtenidos por los GM: ACCU, ONETu y TRUEf. El nivel de significancia para todas las pruebas estadísticas fue $p < 0.05$. Las principales variables dependientes fueron las diferencias entre los valores de glucosa obtenidos con el método de referencia estándar y los obtenidos por los GM en voluntarios saludables, pacientes con diabetes, pacientes con nivel de hematocrito alto (eritrocitosis) y bajo anemia), como factores que podrían explicar alguna diferencia entre los resultados que brindan los GM.

Resultados

Los participantes fueron divididos en 4 grupos con los valores demográficos expresados en la tabla 1, se observa también los valores de hematocrito, que

fue la base para clasificar a la población anémica de la eritrocítica.

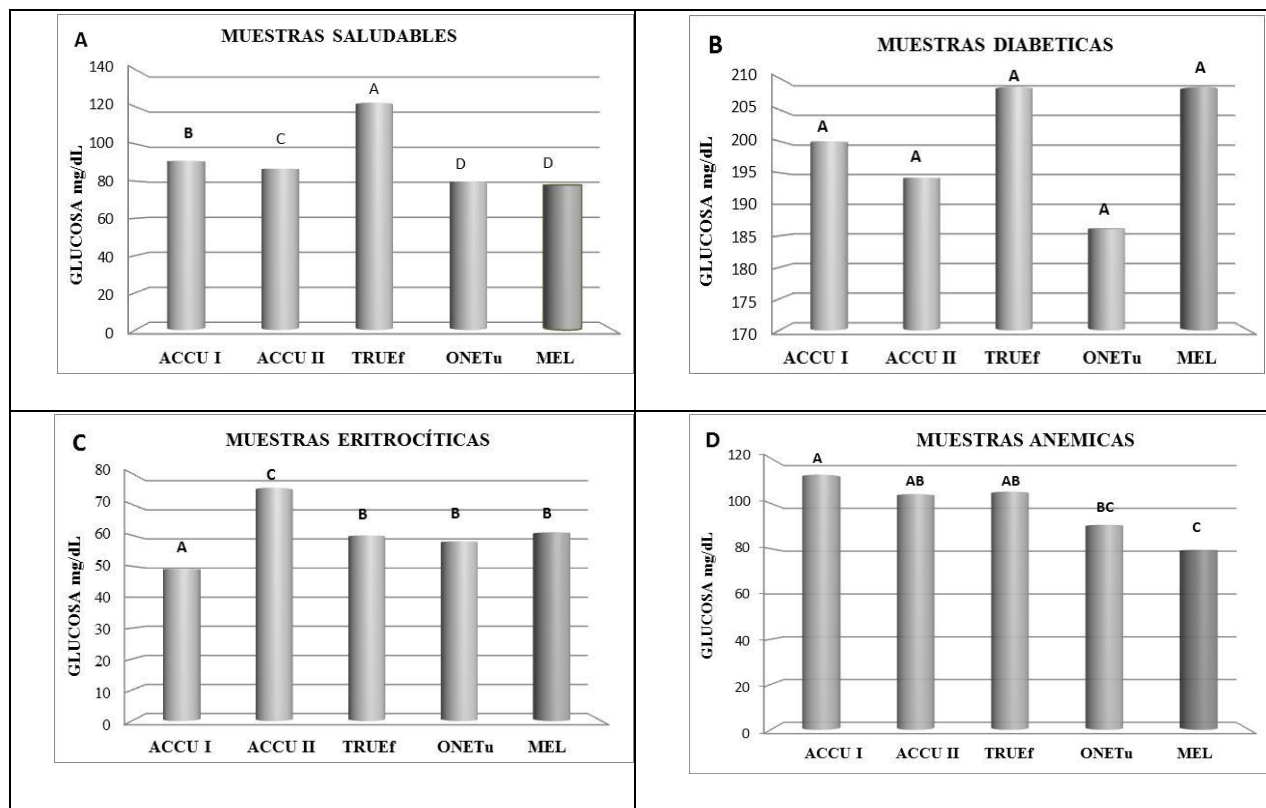
Tabla 1 Datos demográficos y valores de hematocrito de los voluntarios

Voluntarios	Edad	Genero		Hematocrito
		Masculino	Femenino	
Saludables	20 – 26	10	44	49±4.4 %
Diabéticos	37 – 70	26	34	48±8 %
Anémicos	23 – 83	19	21	29±9 %
Eritrocíticos	44 – 86	40	14	66±6 %

Voluntarios saludables. De los 54 voluntarios saludables, cuyos datos demográficos se expresan en la tabla 1. Los valores por el GOD ingresaron a los valores de referencia reportados en la ciudad de La Paz 64-104 mg/dL¹², casi en su totalidad con una media de 78 (tabla 2). Los GM ONETu y ACCU, en las dos formas de uso expresan resultados que están en los rangos previstos, sin embargo el tratamiento

por el test de Duncan señala, que si existe diferencia significativa entre el procedimiento ACCU I y ACCU II, el ONETu da resultados similares al MEL, con significancia. El TRUEf indica sobrevaloración evidente con una media de 122, reportando valores elevados entre 20 y 70 mg/dL por encima de los valores expresados por el MEL (figura 1A).

Figura 1 Valores de glucosa (mg/dL) de 3 glucómetros (ACCU, ONETu, TRUEf) y el método estándar de muestras: A) saludables, B) diabéticas, C) eritrocíticas y D) anémicas



Las letras indican significancia similar si son iguales, ACCU - ACCU CHEK Active, ACCU I procedimiento 1,

ACCU II procedimiento 2, ONETu- ONE TOUCH *Ultra*, TRUEf - TRURead *fácil*, MEL-Método de laboratorio estándar diferencias significativas entre GM en comparación al MEL (figura 1B), cuyas medias son similares.

Muestras de pacientes diabéticos. Participaron 60 voluntarios, según el test de Duncan no presentan

Tabla 2 Media, desviación típica, máximo y mínimo del total de las muestras evaluadas en muestras saludables, diabéticas, eritrocíticas, y anémicas

Muestras de voluntarios saludables					
Método (glucometro)	Media	SD	Mínimo	Máximo	Agrupación DUNCAN
Acucheck (I)	90.91	8.4	63	107	B
Acucheck (II)	86.7	10.34	53	102	B
True Fácil	122.15	12.52	95	151	C
One Touch	79.74	9.17	64	104	A
MEL (GOD)	78	7.47	60	100	A
Muestras de pacientes diabéticos					
Método (glucometro)	Media	SD	Mínimo	Máximo	Agrupación DUNCAN
Acucheck (I)	207.79	88.08	41	431	A
Acucheck (II)	174.22	74.2	44	429	A
True Fácil	215.52	106.2	56	523	A
One Touch	191.55	113.4	36	579	A
MEL (GOD)	194.12	82.13	26	440	A
Muestras de pacientes eritrocíticos					
Método (glucometro)	Media	SD	Mínimo mg/dL	Máximo mg/dL	Agrupación DUNCAN
Acucheck (I)	48.88	12.95	37	100	A
Acucheck (II)	73.86	19.75	41	151	C
True read Fácil	58.16	17.29	28	141	B
One Touch	57.1	14.22	34	99	AB
MEL (GOD)	60.06	20.16	38	108	B
Muestras de pacientes anémicos					
Método (glucometro)	Media	SD	Mínimo	Máximo	Agrupación DUNCAN
Acucheck (I)	106.66	27.27	49	152	C
Acucheck (II)	98.44	24.64	42	138	BC
True Fácil	96.53	36.2	43	178	BC
One Touch	83.97	28.57	28	148	AB
MEL (GOD)	74.03	19.4	29	99	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). SD Desviación estandar

Revisando los resultados en pacientes diabéticos, observamos que varios resultados no fueron valorados por los GM, por lo que no ingresaron al análisis estadístico, con el procedimiento ACCU I se obtuvieron 4 casos que marcaron Hi o altos, con el procedimiento ACCU II un caso marco Hi, con TRUEf y ONETu marcaron 4 casos altos que coincidieron en ser los mismos en estos dos GM.

También se presentaron resultados incongruentes, con cada GM en relación a MEL que no fue detectado por el análisis de varianza (ANVA), con TRUEf y ONETu se observaron 8 casos, con valores de 2 a 3 veces mayores a las obtenidas por MEL, en 7 casos expresaron valores de 2 a 3 veces menores a los obtenidos por MEL sumando (25%), los valores de estos casos obtenidos por los

procedimientos ACCU I y ACCU II fueron similares a los de MEL. Con el procedimiento ACCU II, se reportaron 2 casos con valores sobreestimados en 100 mg/dL y 2 caso con valor inferior con una diferencia cercana a 100 mg/dL (6.7%) en relación a MEL, con el procedimiento ACCU I se detecto sobreestimación en 6 casos de entre 30 y 70 mg/dL.

Muestras de pacientes eritrocíticos. Para la valoración con los GM en muestras de pacientes eritrocíticos, se trabajó con 54 (tabla 1). Las medias obtenidas por MEL son similares a TRUEf y ONETu, las medias indican valores por debajo de la referencia normal, se reportó el 50% de los participantes expusieron valores entre 32 y 60 mg/dL por MEL. Revisando, se observó que los GM expresaban valores aún más bajos que los obtenidos por MEL, TRUEf y ONETu en un 10% la diferencia fue de 15 a 20 mg/dL que aparentemente no influye en el ANVA, ACCU I presenta 18% de valores infravalorados entre 15 a 20 mg/dL. Solo ACCU II presento el 40% de casos sobrevalorados en relación al de referencia, en la mayoría de los casos entre 15 y 25 mg/dL.

Muestras de pacientes anémicos. Los voluntarios que presentaron anemia fueron 40 (tabla 1), como se puede observar en la figura 1D, el ONETu es el único GM que no presenta diferencia significativa en relación al método estándar. Revisando los resultados, con ONETu 8 casos (20%) presentaron sobreestimaciones entre 20 y 40 mg/dL, con TRUEf se reportó el 35% (14 casos) sobreestimados entre 20 y 78 mg/dL, con ACCU II el 45% (18 casos) presento resultados sobreestimados entre 20 y 66 mg/dL, Con ACCU I se presentó 22 casos (55%) de casos sobreestimados entre 23 y 74 mg/dL en relación al MEL. Con TRUEf y ONETu se presentaron

valores inferiores a los valores estándar en 4 casos (10%) que no superaron los 20 mg/dL.

Discusión

La diferencia de este estudio en relación a los referenciados, es que generalmente se realiza con muestra de sangre total capilar recién extraída (punción digital) y en muestras de pacientes diabéticos. Nuestro estudio utilizó muestra sanguínea venosa para proceder de igual forma con todos los GM, existen referencias que indican la indiferencia entre muestra por punción digital y muestra venosa o arterial¹⁷, también evaluamos el efecto de muestras eritrocíticas y anémicas por la moderada y alta incidencia en la población de la ciudad de la Paz y El Alto^{2,3}.

Para las muestras de voluntarios saludables. Reportamos diferencias significativas entre ACCU I, ACCU II y MEL, no obstante los valores están entre los rangos de referencia en un 99%, el que presento mayor diferencia fue TRUEf, con valores elevados en el 100% de los casos, la diferencia fue mayor a 20 mg/dL con un máximo de diferencia de 70 mg/dL. El considerar el error de cada GM en personas saludables y corregir a través de una fórmula matemática puede dar solución a la sobreestimación, para no afectar psicológicamente a los usuarios. El GM que no presento diferencias significativas fue ONETu. Considerando que para el día mundial de la Diabetes se programan campañas para detección de casos con diabetes, a través del Ministerio de Salud⁶, que utilizan pruebas rápidas con GM, se debe considerar estas diferencias. Según el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia, el 2016 se detectaron 138 124 casos de diabetes, en relación al 2015 que se detectaron 98 100⁵, lo que indica que existe un aumento anual significativo de la enfermedad por lo que van en aumento campañas de

detección. Los valores esperados en personas saludables se reportaron entre 64 y 104 mg/dL¹² y los valores ACCU I, ACCU II, ONETu ingresaron en este rango en el 99% por lo que consideramos que son confiables en personas saludables, en relación al GM TRUEf, que presenta mayor error, se sugiere realizar antes de emplearlo, una prueba piloto en campañas de detección y utilizar fórmula de corrección, por otro lado, existen factores locales que podrían afectar el funcionamiento de los GM, como la presión de oxígeno y la altura, que en la ciudad de La Paz es de 3600 msnm, la ciudad de El Alto del departamento de La Paz está a 4050 msnm¹⁸, considerando que los GM son estabilizados en condiciones de altura diferentes¹⁹.

Para las muestras de pacientes diabéticos. Las referencias de los estudios comparativos de la efectividad de los GM, generalmente se han realizado en pacientes que padecen diabetes, así se cuenta con estudios que avalan el uso de GM portátiles, como la valoración de siete GM en relación al Gold Estándar: Contour Link, Accu-Chek Aviva, Glucocard, Optium Xceed, FreeStyle Freedom, One Touch Ultra, Breeze¹³, de estos los autores indican que son fiables. En la evaluación de Accu-Chek Go, Accu-Chek Advantage, Optium, CareSens and GlucoMen PC avalan su utilización²⁰. Otro estudio, en pacientes diabéticos reporta alta confiabilidad del GM Glucocard²¹. También hay estudios que reportan un elevado grado de inexactitud por una infravaloración de glucemia²², estudio en el que se valoraron 4 GM, Glucocard, Gluco touch, Accutrend y Precision. Los equipos que se utilizan en el punto de atención (glucómetros) son cada vez más utilizados en pacientes de alto cuidado, un estudio del medidor de glucosa SureStep Flexx indica que 1 de 5 tienen diferencias considerables en relación al método estándar¹⁷. Un reporte del 2019 indica inexactitud total en 5 GM evaluados en muestras de

gestantes¹⁵. En nuestro estudio, valorando los GM en pacientes diabéticos, el análisis estadístico indica que los GM no presentaron diferencias significativas en relación al MEL, sin embargo analizando a detalle se evidenció un 6.7% de casos no detectados por TRUEf y ONETu, incluso valores moderados de 146 y 256 mg/dL obtenidos por MEL por lo que consideramos que existen compuestos que interfieren en la lectura con una sobreestimación. Los 2 procedimientos de ACCU I y ACCU II no detectaron muestras valoradas por el método estándar sobre 370 mg/dL. Los resultados fueron muy dispersos, los GM, TRUEf y ONETu detectaron valores sobre estimados e infra estimados de 2 a 3 veces, que represento un 25% de los casos, significa que 1 de 4 muestras fueron altamente incoherentes en relación al método estándar, en el análisis de varianza no se observan las incongruencias por el equilibrio que existe entre resultados altamente sobreestimados y altamente infra estimados en relación al método estándar. ACCU II mostro el 6.7% de casos sobre estimados e infravalorados en 100 mg/dL de diferencia, significa que 1 de 15, presentan esta diferencia. ACCU I presento sobre estimaciones de 30 a 60 mg/dL en el 10% de casos, lo que significa que 1 de 10 presenta esta diferencia, considerando que la media por el método estándar fue de 208 mg/dL, las sobreestimaciones de ACCU I resultan tener menor impacto, lo que indica que ACCU I es el más apropiado para pacientes diabéticos.

Los GM, TRUEf y ONETu, presentan incoherencias en los mismos casos lo que indica que las interferencias alteran los sistemas de detección de estos GM de similar forma. Los GM que utilizan la tecnología enzimática de glucosa deshidrogenasa-pirroloquinolina quinona (GDH-PQQ), pueden interferir y exponer resultados falsamente elevados de glucosa en pacientes que reciben productos terapéuticos por vía parenteral o intra-peritoneal, que con-

tengan cantidades sustanciales de azúcares no glucídicos, como galactosa, maltosa, xilosa o icodextrina, una sustancia que se metaboliza en maltosa en el organismo¹⁹, no obstante muchos GM utilizan la tecnología de glucosa oxidasa²³. Según el manual de funcionamiento de TRUEf y ONETu, el acetaminofén, los salicilatos, ácidos urico y ascorbico entre otras sustancias reductoras en concentraciones elevadas pueden ocasionar resultados altos inexactos¹⁹. Los GM portátiles presentan una serie de ventajas con respecto a la rapidez en la obtención del resultado y a la cercanía al paciente, que en teoría, permiten una mejor estrategia para su manejo, por el contrario, tienen una serie de limitaciones que no son bien conocidas y pueden afectar a la fiabilidad global del procedimiento²⁴. Se encuentra una buena referencia de las interferencias en el documento de la Sociedad Española de Química Clínica señalando factores endógenos y exógenos que interfieren con las lecturas de los GM, entre las endógenas están, la hiper oxigenación, hipo oxigenación, hipertermia, hipotermia, hematocrito alterado, hiperuricemia, hemolisis, galactosemia, hiper bilirrubinemia, hiper natremia, pH, hipotensión, que afectan en diferente forma de acuerdo al sistema enzimático empleado. Entre las interferencias exógenas, maltosa, xilosa, paracetamol entre otras y finalmente manipulación del GM²⁴. Por lo que el utilizar GM en pacientes críticos si bien es altamente requerido debe ser también altamente controlado.

El GM, ACCU, en sus dos procedimientos fue el que reporto menos interferencias y en menor grado, en pacientes que cursan diabetes, es el GM que ingresa al rango permitido de variabilidad, acorde a ADA, que indica que los procedimientos rápidos deben tener una variabilidad inferior al 10% en un rango de concentración de glucosa de 30-400 mg/dL

en relación a los valores de referencia²⁰, según referencia de estudio de confiabilidad de un glucómetro Accu Chek *performa* en pacientes diabéticos, que indica alta correlación con MEL⁷, similar al resultado de nuestro estudio.

Para muestras con hematocrito alto (eritrocitosis). Los datos indican que los hematocritos altos afectan ligeramente los resultados de los GM, el análisis estadístico de varianza revela que los GM, TRUEf y ONETu, no presentan diferencia significativa en relación a MEL, también indica que el 50% de las muestras presentan resultados menores a los de referencia, que es explicable por el mayor consumo de glucosa por parte de los eritrocitos que son dependientes energéticos de este metabolito. Revisando a detalle se encuentra que 1 de cada 10 (10%) presenta valores inferiores a los obtenidos por MEL de los GM, TRUEf y ONETu, con una diferencia de 15 a 20 mg/dL, que no incide en el ANVA y 1 de 4.5 (18%) con ACCU I presenta la misma diferencia. Al contrario ACCU II presenta 2 de 5 (40%) de valores sobre estimados de 15 a 25 mg/dL, estas diferencias se deben tomar en cuenta considerando que la media en estas muestras es de 60.9 por MEL. Por otro lado las diferencias presentadas en ACCU I y ACCU II, indican que la forma de uso del GM ACCU, si es un factor que afecta en los resultados, analizando el procedimiento pudimos advertir que la lectura en el segundo procedimiento ocurre con mayor tiempo de impregnación de la muestra en las TR (segundos), lo que afecta el resultado, particularmente de muestras que contienen alto contenido de eritrocitos, caso que sería crítico en personas diabéticas insulino dependientes.

Para muestras con hematocrito bajo (anemia). Según nuestro estudio el hematocrito bajo afecta en mayor grado a los GM, ACCU y TRUEf, en el análisis de varianza el que coincide relativamente a

MEL es el GM ONETu, el porcentaje de valores sobre estimados son, el 20% para ONETu, 35% para TRUEf, 45% para ACCU II y 55% para ACCU I, con una diferencia mayor a 20 mg/dL, estos resultados están ratificados con los datos ya reportados que indican que hematocritos bajos inciden en mayor diferencia de lecturas por GM^{17,19}, el efecto de hematocrito bajo es el que en mayor % incide en las interferencias²⁴, causando una sobre estimación. Los métodos rápidos han ido desarrollándose de forma sofisticada a través de alta tecnología con biosensores catalíticos y electrodos de diferentes elementos de sensibilidad, que si bien resultan más efectivos también son más costosos. Actualmente la bioelectrónica implantable para analizar biomarcadores fisiológicos ha sido reconocida recientemente como una técnica prometedora en el tratamiento o diagnóstico médico. Se han desarrollado GM con sistema autoimpulsable implantable en la piel para la detección en tiempo real del nivel de glucosa en la sangre in vivo, el dispositivo bajo una deformación aplicada puede emitir activamente una señal piezoeléctrica que contiene la información de detección de glucosa, dando lugar a una nueva técnica para la profilaxis y el tratamiento de la diabetes²⁵, sin embargo las tecnologías innovadoras son costosas, por lo que el uso de GM no dejara de estar vigente, no obstante el método estándar seguirá siendo el más confiable.

En conclusión podemos indicar que los GM evaluados presentan diferentes grados de interferencias principalmente en pacientes diabéticos, el de mayor confiabilidad resulto ser ACCU I. Para los tamizajes en la detección de nuevos casos, podemos indicar que son efectivos en un alto porcentaje. En el caso de hematocrito bajo afecta en menor porcentaje a GM ONETu con una sobre estimación mayor a 20 mg/dL, en el caso de hematocritos elevados con una infra estimación de glucosa entre 15 y 25 mg/dL los

GM menos afectados son TRUEf y ONETu, que parecen tener sistemas de detección similares.

Dada la importancia de tratamiento en base al control de glucosa, se debe tener cuidado en verificar los datos antes de optar por cambios de tratamiento. Para realizar tamizajes en personas que no saben que cursan con diabetes, se debe verificar los GM en una muestra pequeña. Por la alta incidencia de personas anémicas en nuestro medio, es indispensable tomar en cuenta la sobreestimación de resultados proporcionados por los GM.

Conflictos de intereses

Los Autores declaran no tener conflictos de intereses con respecto a la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

Agradecimientos

Se agradece a la Unidad de Epidemiología del Servicio Departamental de Salud (SEDES) y al Proyecto Desarrollo de Aditivos Nutricionales, financiado por recursos de Impuestos de Hidrocarburos (IDH) de la Universidad Mayor de San Andrés por facilitar los glucómetros y tiras reactivas. A la Unidad de Laboratorio Clínico del Hospital de Clínicas por el apoyo técnico y logístico, en especial a la doctora Luz Quiroga por el apoyo institucional.

Aspectos éticos

El presente trabajo fue presentado por la Unidad de Laboratorio Clínico del Hospital de Clínicas Universitario de La Paz a la Comisión de Ética de la Investigación del Comité Nacional de Bioética (CEI-CNB), quienes otorgaron el aval correspondiente según criterios éticos.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Literatura citada

1. Instituto Nacional de Estadística. [Internet]. La Paz: Características de población y vivienda, Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 (Bolivia); 2015 [citado 10 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.ine.gob.bo/index.php/prensa/publicaciones/visor-de-publicaciones/item/3301-censo-de-poblacion-y-vivienda-2012-bolivia-caracteristicas-de-la-poblacion>
2. Spielvogel H, Paz Zamora M, Daigh AT, Jere DH, Beard JL. Sobre la incidencia de la eritrocitosis en la población masculina de La Paz. IBBA. 1988;(2):17-27.
3. Zapana V. Personas que tienen poliglobulia tienden a ser más agresivas. Estudio del Instituto de Investigación de la Altura (IBBA). Página siete 2014 oct 7; Sec Sociedad (col 1).
4. Instituto Nacional de Estadística [Internet]. La Paz: En Bolivia 29.9% de las mujeres en edad fértil sufren cualquier grado de anemia (Bolivia); 2018 [citado 10 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.ine.gob.bo/index.php/prensa/notas-de-prensa/item/3167-en-bolivia-29-9-de-las-mujeres-en-edad-fertil-sufren-cualquier-grado-de-anemia>
5. Instituto Nacional de Estadística [Internet]. La Paz: En 2016 se registraron 138.124 casos de diabetes (Bolivia); 2016 [citado 10 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.ine.gob.bo/index.php/principales-indicadores/item/2203-en-2016-se-registraron-138-124-casos-de-diabetes>
6. Tapia R. Campaña edil detecta diabetes en hospitales y plazas paceñas. Servicio Departamental de Salud (SEDES). Página siete 2016 abr 4; Sec Sociedad (col 1).
7. Commendatore V, González C, Zamboni M, Frías P, Buttazzoni E, Motura S et al. Confiabilidad clínica de un glucómetro biosensor utilizado en pulpejo, eminencia tenar e hipotenar. Rev SAD 2008;42 (3):168-75.
8. World Health Organization [Internet]. Geneva: Global status report on noncommunicable diseases (Switzerland); 2014 [citado 10 de agosto de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-status-report-2014/en/>
9. World Health Organization [Internet]. Geneva: Global health estimates for deaths by cause, age, and sex for years 2000-2012 (Switzerland); 2014 [citado 10 de agosto de 2019]. Recuperado a partir de: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/index1.html
10. Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. PLoS Med 2006;3(11):e442. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.0030442>
11. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. Diabetes Care 2004;27(5):1047-53. DOI: <http://doi.org/10.2337/diacare.27.5.1047>
12. Cook A, Laughlin D, Moore M, North D, Wilkins K, Wong G et al. Differences in glucose values obtained from point-of-care glucose meters and laboratory analysis in critically ill patients. Am J Crit Care 2009;18(1):65-71. DOI: <http://doi.org/10.4037/ajcc2009626>

13. Casas Oñate ML, Montoya Martínez D. ¿Son fiables los medidores de glucemia capilar? *Av Diabetol* 2012;28(5):110-3. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.avdiab.2012.09.003>
14. Karter AJ, Ferrara A, Darbinian JA, Ackerson LM, Selby JV. Self-monitoring of blood glucose: language and financial barriers in a managed care population with diabetes. *Diabetes Care* 2000;23(4):477-83. DOI: <http://doi.org/10.2337/diacare.23.4.477>
15. Dickson LM, Buchmann EJ, Janse van Rensburg C, Norris SA. Accuracy of five plasma calibrated glucometers to screen for and diagnose gestational diabetes mellitus in a low resource clinic setting. *J Clin Transl Endocrinol* 2018;16: 100174. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jcte.2018.12.003>
16. González GMM, Zavala GNA, Zavala RI, Rodríguez BR. Sensibilidad y especificidad de un refractómetro visual en el diagnóstico rápido de hipoglicemia en neonatos. *Rev Mex Pediatr* 1999; 66(3):88-91.
17. Ticona Quispe RM. Determinación de los valores de referencia de glicemia en personas clínicamente sanas del Seguro Social Universitario La Paz 2016 [tesis licenciatura]. [La Paz]: Universidad Mayor de San Andrés; 2009 [citado 26 de septiembre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/53>
18. Chávez Canaviri AM, Mamani P, Phillco Lima P. Prevalencia de síndrome metabólico y factores asociados en personal de salud dependiente del Gobierno Municipal de la ciudad de El Alto (4050 msnm), 2013. *Rev Méd La Paz*. 2016; 22(1):27-35.
19. One Touch. Medidor de glucosa OneTouch Ultra® 2 Manual del Usuario [Internet]. Johnson & Johnson Medical Devices & Diagnostics Group-Latin America, LLC; 2019 [citado ago 18 de 2019]. 62 p. Recuperado a partir de: <https://www.onetouchargentina.com/productos/medidores-glucosa/onetouch-ultra-dos>
20. Cohen M, Boyle E, Delaney C, Shaw J. A comparison of blood glucose meters in Australia. *Diabetes Res Clin Pract* 2006; 71(2):113-8. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.diabres.2005.05.03>
21. Ramírez Fernández NA, Pacheco Cervantes A, Lira Reyes AR. Evaluación de desempeño del glucómetro GLUCOCARD™ 01. *Rev Mex Patol Clin Med Lab* 2016;63(1):24-9.
22. Gomez Quevedo L, Pérula deTorrez LA, Jiménez García D, Marín Carmona FE, Villalba Marín P. Validez de cuatro glucómetros portátiles para su uso en atención primaria. *Med Fam Andal* 2001; 2 (2):132-8.
23. Silveira CM, Monteiro T, Almeida MG. Biosensing with paper-based miniaturized printed electrodes-a modern trend. *Biosensors (Basel)* 2016;6(4):piiE51. DOI: <http://doi.org/10.3390/bios6040051>
24. Izquierdo Quirce F, Fatela Cantillo D, Chueca Rodríguez MP, Díaz Ondina M. Detección de interferencias y otros errores en la medición de la glucemia en glucómetros portátiles. Recomendación (2012). Documentos de la Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular. Diciembre 2012 [consultado 19 Ago 2019]. Disponible en: <http://www.seqc.es/es/Publicaciones/2/8/Comision> de Interferencias y efectos de los medicamentos Documentos definitivos.
25. Zhang, W, Zhang L, Gao H, Yang W, Wang S, Xing L, et al. Self-powered implantable skin-like glucometer for real-time detection of blood glucose level in vivo. *Nanomicro Lett* 2018;10(32). <https://doi.org/10.1007/s40820017-0185-x>

Journal of the Selva Andina Research Society (JSARS) se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados mapas y afiliaciones institucionales.