

Concordancia de tres métodos para la determinación de la hemoglobina en donantes de un banco de sangre de Medellín, Colombia – 2012

Carmen Yulieth Mantilla Gutiérrez*, Rocío Pérez Escobar*,
Jaiberth Antonio Cardona Arias*.

Resumen

Introducción: una medición fundamental en la selección de los donantes de sangre es la concentración de hemoglobina; sin embargo se han reportado resultados variables dependiendo de la metodología utilizada para su cuantificación.

Métodos: estudio descriptivo transversal. Se cuantificó la hemoglobina en 70 donantes mediante el Compolab y el Sysmex XE2100. Además se determinó la hemoglobina reticulocitaria y se aplicó una encuesta sobre hábito tabáquico y actividad física. La concordancia entre los parámetros se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclase. Los datos se analizaron en SPSS.

Resultados: la hemoglobina de eritrocitos maduros fue estadísticamente más alta en hombres y en fumadores. No hubo diferencias según grupo etario ni actividad física. Tuvo buena concordancia entre los resultados del Compolab y el Sysmex y un bajo coeficiente de correlación intraclase entre la hemoglobina reticulocitaria y la de eritrocitos maduros.

Conclusiones: la selección del donante puede basarse en la hemoglobina dada por el hemoglobinómetro, cuyas cuantificaciones son intercambiables con las del Sysmex XE2100.

Palabras clave

Hemoglobina; Donantes de Sangre; Hemoglobinometría; Tabaquismo; Reticulocitos; Actividad Motora; Sexo.

* Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia
E-mail: jaiberthcardona@gmail.com

Concordance between three methods for the hemoglobin determination in blood donors of a blood bank from Medellin, Colombia – 2012

Abstract

Introduction: hemoglobin quantification is fundamental in the selection of blood donors, but has reported varying results depending on the methodology used for its determination.

Methods: cross-sectional study. Hemoglobin was quantitated in 70 donors by the Sysmex XE2100 and Compolab. We also determined reticulocyte hemoglobin, We surveyed about smoking and physical activity. The correlation between parameters was assessed using the intraclass correlation coefficient. Data were analyzed in SPSS

Results: the mature erythrocyte hemoglobin was statistically higher in men and in smokers. There were no differences by age group and physical activity. There was good agreement between the results of Compolab and Sysmex. There was a low intraclass correlation coefficient between reticulocyte hemoglobin and mature erythrocyte hemoglobin.

Conclusions: the donor selection may be based on hemoglobin given by hemoglobinometer whose quantifications are interchangeable with the Sysmex XE2100.

Key words

Hemoglobins; Blood Donors; Hemoglobinometry; Smoking; Reticulocytes; Motor Activity; Sex.

Correspondência três métodos para determinação de hemoglobina em doador de um banco de sangue de Medellín, Colômbia – 2012s

Resumo

Introdução: a medição fundamental na seleção de doadores de sangue é a hemoglobina, mas relataram resultados variáveis dependendo do método utilizado para a quantificação.

Métodos: a hemoglobina foi quantificada em 70 doadores, e pelo Sysmex XE2100 Compolab. Também determinou a hemoglobina de reticulócitos, foram pesquisados sobre o tabagismo e atividade física. A correlação entre os parâmetros foi avaliada pelo coeficiente de correlação intraclasse. Os dados foram analisados no SPSS

Resultados: a hemoglobina de eritrócitos maduros foi estatisticamente maior em homens e em fumantes. Não houve diferenças por faixa etária e atividade física. Houve boa concordância entre os resultados de Compolab e Sysmex. Houve um baixo coeficiente de correlação entre hemoglobina e reticulócitos eritrócito maduro.

Conclusões: a seleção dos doadores pode ser baseada em hemoglobina dada pelo hemoglobinômetro cujas quantificações são permutáveis com a XE2100 Sysmex.

Palavras Chave

Hemoglobinas; Doadores de Sangue; Hemoglobimetria; Tabagismo; Reticulócitos; Atividades Motora; Sexo.

Fecha de recibo: Noviembre/2012

Fecha aprobación: Mayo/2013

Introducción

La hemoglobina es una de las proteínas más importantes del organismo, dado que transporta el oxígeno hacia todas las células. Está constituida por cuatro subunidades, cada una de ellas conformada por una globina, un grupo hemo y una molécula de hierro que se une de forma reversible con el oxígeno (1).

Su medición en el laboratorio clínico es útil para el diagnóstico de anemia, evento que se presenta cuando la hemoglobina disminuye por debajo de 12 gr/dl en mujeres mayores de 15 años o 13 gr/dl en varones mayores de 15 años (2), y cuya prevalencia global estimada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 24,8%, siendo los niños de edad preescolar y las mujeres no embarazadas los grupos de mayor riesgo (3).

Además de su importancia en niños y mujeres, la determinación de la hemoglobina es de gran relevancia en poblaciones como pacientes críticos, quirúrgicos y de urgencias, principalmente para decidir oportunamente la necesidad de una transfusión (4); así mismo, es una medición fundamental en el proceso de selección de donantes de sangre, la cual pretende:

- i) proteger la salud del donante al detectar concentraciones bajas que podrían derivar en anemia si se procede con la donación y
- ii) garantizar al receptor la transfusión de una unidad con adecuada concentración de esta proteína, que contribuya a mejorar la oxigenación corporal (5).

Para la cuantificación de la hemoglobina se han diseñado e implementado diversas metodologías en respuesta a diferentes necesidades clínicas, como realizar procedimientos no invasivos o dolorosos; y tecnológicas, como emplear baja cantidad de muestra, obtener de forma inmediata la cuantificación y facilidades para el transporte de equipos (5).

Entre los métodos empleados se tiene:

- i) El gravimétrico con sulfato de cobre, caracterizado por ser menos costoso, pero arroja gran proporción de resultados falsamente normales en sujetos anémicos (6),
- ii) El espectrofotométrico, basado en la cuantificación de un complejo coloreado, la cianometahemoglobina (5), método de referencia que se utiliza ampliamente para determinaciones con sangre capilar y venosa, en analizadores hematológicos o hemoglobímetro portátiles y
- iii) Métodos eléctricos, acústicos y ópticos, los cuales se caracterizan por ser no invasivos (7).

Además de los anteriores métodos, en la década de los 90 se inició la determinación de hemoglobina reticulocitaria, parámetro que indica la hemoglobina de los reticulocitos más no de los glóbulos rojos maduros, como sucede con los métodos inicialmente mencionados y cuya relevancia radica en la detección temprana de eritropoyesis deficiente en hierro. Es un parámetro proporcionado por analizadores hematológicos automatizados de última generación mediante citometría de flujo, y se ha demostrado su correlación directa con la hemoglobina de los glóbulos rojos maduros.

No obstante la diversidad de métodos para la determinación de hemoglobina, la elección de unos u otros depende del contexto de aplicación; así, los métodos automatizados son estables y estandarizados pero no generan resultados inmediatos y los equipos utilizados no son de fácil transporte, por lo cual se manejan más en servicios ambulatorios; mientras que los métodos de gravimetría y espectrofotometría en hemoglobímetro, permiten resultados inmediatos y de bajo costo, siendo más frecuentes en servicios de urgencias y bancos de sangre.

A pesar de las ventajas de las anteriores técnicas, se han descrito diferentes factores que ocasionan variabilidad en sus resultados. Se han reportado diferencias en los valores obtenidos con hemoglobímetro y con analizadores automatizados (8), así como en los valores resultantes a partir de muestras venosas y capilares (9), divergencias que no permiten concluir si los métodos rápidos ofrecen resultados fiables sobre los cuales se pueda basar la toma de decisiones en la práctica clínica. Es por ello que se hace necesario evaluar si los resultados obtenidos con un hemoglobímetro, concuerdan con los obtenidos por la prueba de referencia.

Con el fin de disminuir factores que causen mayor variabilidad en las mediciones, como lo podrían ser condiciones patológicas de los individuos, el presente estudio utiliza como sujetos de estudio donantes de sangre repetidores; población que se supone sana.

También se reporta variación dependiendo del operador, la postura, las condiciones ambientales, el sexo, el grupo etario, la actividad física y el hábito tabáquico.

Diferentes reportes indican mayor concentración de hemoglobina en hombres respecto a las mujeres, pues en estas el embarazo y la menstruación ocasionan una disminución fisiológica del hierro corporal, la hemoglobina, el hematocrito y demás determinaciones del eritrograma (10). Sin embargo, cuando inicia la menopausia la anterior relación se invierte y los hombres son quienes presentan 50% más de riesgo de diferimiento por hemoglobina baja, riesgo que aumenta cada diez años (11).

Con relación a la actividad física, durante esta el organismo experimenta una disponibilidad de oxígeno reducida, la cual inicialmente se compensa con aumento del volumen sanguíneo, y alrededor de la segunda semana de entrenamiento con incremento de los glóbulos rojos, hemoglobina y mioglobina (12), manteniéndose hasta por un mes (13).

En fumadores se evidencia una situación similar a los deportistas, hay disminución de la disponibilidad de oxígeno en los tejidos por el aumento en la concentración de carboxihemoglobina, la cual pasa de un 2% en no fumadores a un 12-14% en fumadores crónicos (14). La hipoxia tisular generada estimula la producción de hemoglobina de manera dosis-dependiente y aparte del sexo (10, 15), y cuyos valores elevados pueden mantenerse hasta por tres años después de dejar de fumar (16).

Dada la cantidad de factores que modifican la cuantificación de la hemoglobina y la divergencia que se encuentra respecto a los métodos y tipo de muestra empleados, se realizó un estudio con el objetivo de comparar tres métodos para la determinación de hemoglobina

y su variación según características demográficas, actividad física y hábito tabáquico.

Materiales y métodos

Tipo de estudio: descriptivo transversal.

Sujetos: se incluyeron 70 donantes repetitivos de sangre total y de aféresis de plaquetas, captados de Marzo a Junio de 2012 en el banco de sangre de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia, sede Clínica León XIII - IPS Universitaria.

El cálculo del tamaño de muestra se basó en un coeficiente de correlación de 0,4, confianza y potencia del 95%, más un 10% de corrección de muestreo.

Se tomaron como criterios de inclusión la firma del consentimiento informado y el cumplimiento de los requisitos contenidos en el Manual de Normas Técnicas, Administrativas y de Procedimientos en Bancos de Sangre (17).

Los criterios de exclusión fueron: i) Que exigieren remuneración y ii) Donantes bajo el efecto de sustancias psicoactivas o con trastornos mentales evidentes, que pudiesen generar sesgo de información.

Recolección de la información: la hemoglobina pre-donación se evaluó con el hemoglobinómetro Compolab HB® (Fresenius Kabi) del equipo de selección de donantes del Banco de Sangre, cuyo fundamento es la medición de cianometahemoglobina. La punción capilar se realizó en posición sedente, en el pulpejo de los dedos medios (corazón o anular). El control de calidad del hemoglobinómetro consistió en la evaluación diaria de un calibrador

proporcionado por el fabricante y medición semanal de controles internos Streck HQ Chex (bajo, normal y alto); además del control externo (RIQAS). En la donación de sangre total se extrajeron 450 a 500 ml y la aféresis de plaquetas se realizó con el equipo Trima Accel® (TerumoBCT). Durante la donación se tomó una muestra en un tubo con EDTA para la determinación de la hemoglobina y la hemoglobina reticulocitaria (Ret-He) en el analizador hematológico multicanal Sysmex XE 2100 (Roche,SA); las mediciones fueron realizadas en el Laboratorio Clínico de la Clínica León XIII de Medellín, quienes cumplen con el control de calidad interno (controles diarios bajo, normal y alto) y externo (RIQAS).

A cada donante se le aplicó una encuesta sobre su hábito tabáquico y el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ) en el formato corto. Se calculó la energía gastada durante la actividad física (Metabolic Equivalent Task – MET) por minuto y por semana, con las siguientes fórmulas:

- a. $3.3 \times \text{minutos caminando} \times \text{días que camina}$
 - b. $4.0 \times \text{minutos de actividad moderada} \times \text{días de actividad moderada}$
 - c. $8.0 \times \text{minutos de actividad vigorosa} \times \text{días de actividad vigorosa}$
- $$\text{METS/mins/sem} = a+b+c$$

Según el total de METs, los donantes se categorizaron como: físicamente activos (≥ 3000 MET/minuto/semana) o sedentarios (< 3000 MET/minuto/semana), siendo un MET equivalente a la energía gastada en reposo y dos METs equivalentes al doble de energía que se utiliza al estar en reposo (18).

La recolección de información demográfica como sexo y edad, se realizó a partir de los registros de la encuesta de selección del donante. La edad se categorizó según los grupos etarios establecidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia, en adolescentes o menores de 20 años, adultos jóvenes entre 21 y 45 años, y adultos medios entre 46 y 64 años.

Análisis estadístico: para la descripción de las características demográficas, clínicas y hematológicas, se realizó análisis de frecuencias y medidas de resumen.

Para la comparación de la concentración de la hemoglobina según sexo, grupo etario y características clínicas, se realizaron las pruebas T Student, U de Mann Withney, H de Kruskal Wallis y Anova de un factor, según el cumplimiento del supuesto de normalidad; adicional el de homocedasticidad para el Anova. El cumplimiento del supuesto de regularidad se evaluó con las pruebas Kolmogorov Smirnov con corrección de Lilliefors y Shapiro Wilk, y el de homocedasticidad con el estadístico de Levene. El Anova se complementó con comparaciones múltiples, método de diferencia estadísticamente significativa (HSD) de Tukey.

Se determinó el coeficiente de correlación intraclase para calcular la concordancia entre la hemoglobina automatizada, la del hemoglobímetro y la hemoglobina reticulocitaria, análisis complementado con la gráfica de Bland y Altman, donde se representan las diferencias entre dos mediciones de un mismo sujeto, y permite establecer si son clínica o biológicamente importantes. Si el 95% de dichas diferencias se encuentran por debajo de las dos

desviaciones estándar del promedio de las diferencias entre ambas mediciones, los dos métodos podrán considerarse concordantes e intercambiables. Para la interpretación del coeficiente de correlación intraclase se consideró una baja concordancia por debajo de 0,4; buena entre 0,4 a 0,75; y excelente, valores superiores a 0,75 (19).

Los datos se almacenaron en Excel, se analizaron en el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences para sistema operativo Windows (SPSS) versión 20.0 y en el Programa para Análisis Epidemiológico de Datos Tabulados (EPIDAT) versión 4.0. Se consideró un nivel de significación estadística de 0,05.

Aspectos éticos: de acuerdo con la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia, donde se establecen los requisitos para el desarrollo de la actividad investigativa en salud, este estudio se clasifica como una investigación de riesgo mínimo, y el equipo de investigación garantizó la confidencialidad de la información obtenida. Cada donante firmó el consentimiento informado para autorizar la toma de las muestras y el uso de sus resultados con fines investigativos. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Sede de Investigación Universitaria (SIU) de la Universidad de Antioquia.

Resultados

Se incluyeron 70 donantes, de los cuales 60% fueron del sexo femenino; 63% adultos jóvenes; 34% realizaban actividad física de forma regular, y 20% eran fumadores, con una mediana de 4 cigarrillos diarios (Figura 1). La media de

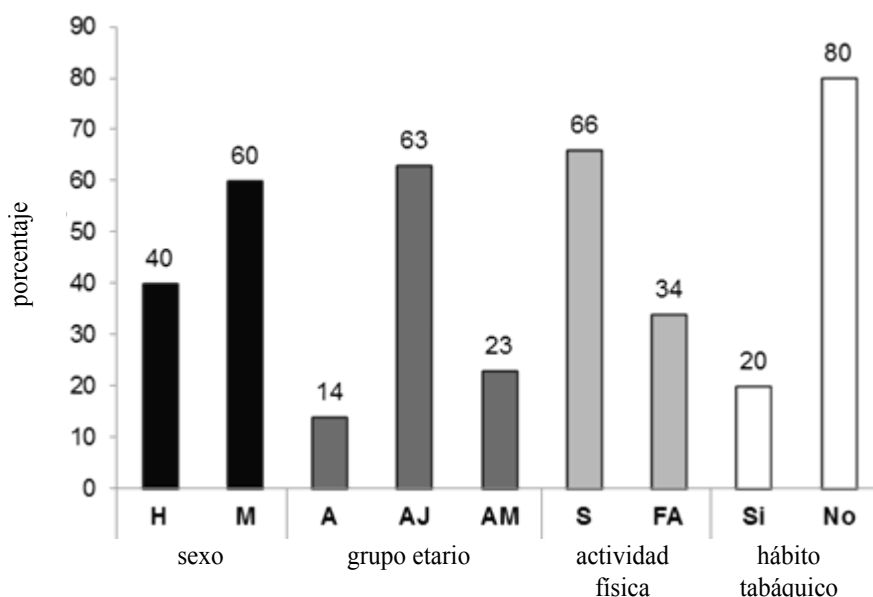


Figura 1. Distribución porcentual de los sujetos de estudio según sexo, grupo etario, actividad física y hábito tabáquico

las determinaciones de hemoglobina por reticulocitaria, fueron de 14,6gr/dl, el Compolab, el Sysmex y la hemoglobina 14,4gr/dl y 32,7pg, respectivamente.

Cuadro 1. Distribución por sexo y grupo de edad de los 43 participantes en el estudio. Una comunidad indígena de Antioquia, 2012.

Variable		Sysmex XE 2100	Compolab	Ret-He
Total	X ± DE	14,4 ± 1,3	14,6 ± 1,3	32,7 ± 2,1
	Me (RI)	14,4 (13,5 - 15,2)	14,4 (13,7 - 15,3)	33,1 (31,8 - 33,9)
Sexo				
Hombres	X ± DE	15,5 ± 1,0	15,7 ± 1,2	33,1 ± 2,1
	Me (RI)	15,5 (14,8 - 16,3)	15,5 (14,8 - 16,5)	33,5 (32,2 - 34,5)
Mujeres	X ± DE	13,7 ± 0,9	13,9 ± 0,8	32,4 ± 2,1
	Me (RI)	13,6 (13,2 - 14,4)	13,8 (13,2 - 14,4)	32,8 (31,6 - 33,8)
	vp	0,0**†	0,0**†	0,159‡
Hábito tabáquico				
No	X ± DE	14,2 ± 1,2	14,3 ± 1,1	32,5 ± 2,3
	Me (RI)	14,2 (13,5 - 14,9)	14,1 (13,6 - 14,9)	33,0 (31,4 - 33,9)
Si	X ± DE	14,9 ± 1,5	15,3 ± 1,6	33,2 ± 1,8
	Me (RI)	15,2 (13,8 - 16,0)	15,3 (14,5 - 16,2)	33,6 (32,0 - 33,9)
	vp	0,073†	0,014*†	0,475‡
Edad	CCS	-0,28	-0,53	0,18
	vp	0,82	0,67	0,13

Hb: Hemoglobina, X: Media, DE: Desviación estándar, Me: Mediana, RI: Rango intercuartílico, CCS: Coeficiente de correlación de Spearman

† T de Student, ‡U de Mann-Withney, ††Anova de una vía, ‡‡ Kruskal wallis

**Diferencias estadísticamente significativas al nivel 0,01.

* Diferencias estadísticamente significativas al nivel 0,05

Al comparar por sexo, la hemoglobina del Sysmex y del Compolab fue estadísticamente más alta en hombres. No se observaron diferencias significativas por grupo etario ni actividad física. Respecto al tabaquismo, los valores de hemoglobina solo fueron estadísticamente

mayores en fumadores cuando esta fue medida por el Compolab. En cuanto a la hemoglobina reticulocitaria no se presentaron diferencias estadísticamente significativas según sexo, grupo etario, actividad física y hábito tabáquico. Cuadro 1.

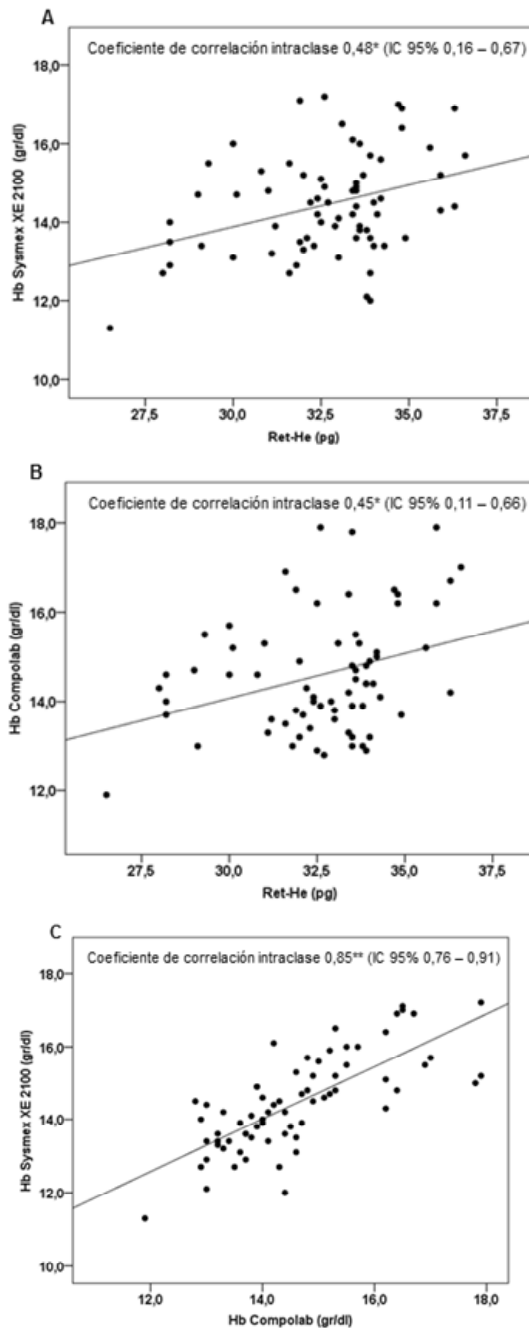


Figura 2. Correlación entre los métodos para medir HB.

*El estadístico es significativo en el 0,05. **El estadístico es significativo en el 0,01

Se observó una buena concordancia entre el Sysmex XE 2100 y el Compolab, con un coeficiente de correlación intraclase de 0,85 (IC 95% 0,76 a 0,91). Las diferencias entre las dos mediciones oscilaron entre -0,38 a 0,07 g/dl y no fueron clínicamente

significativas dado que no superan las dos desviaciones estándar de la media de las diferencias (Media -0,16; DE 0,94), tal como se evidencia en el gráfico de Bland Altman (Figura 2 y 3).

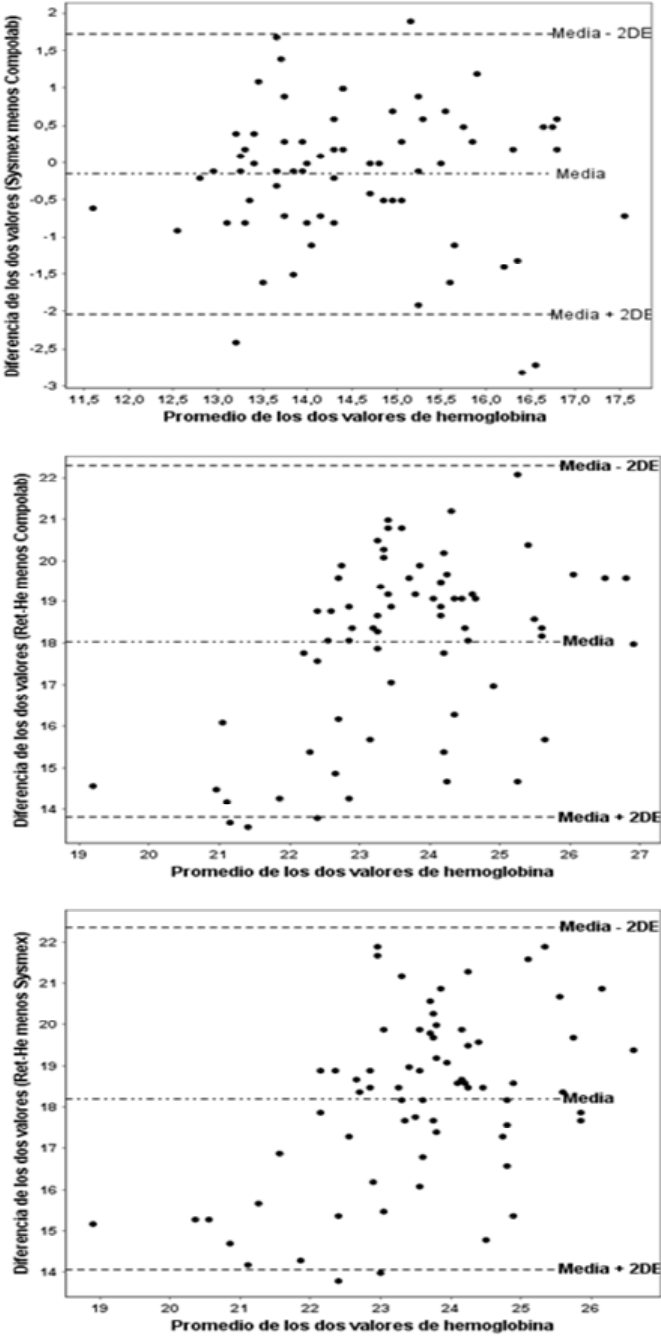


Figura 3. Gráficos de Bland Altman para comparar los tres métodos para determinar hemoglobina

Respecto a la hemoglobina reticulocitaria, se observó una baja correlación intraclase al compararla con la hemoglobina de los eritrocitos maduros, medida ya sea con el Compolab o con el Sysmex, con coeficientes de correlación intraclase de 0,45 (IC 95% 0,11 – 0,66) y 0,48 (IC 95% 0,16 – 0,67) respectivamente. Adicional a ello, la evaluación gráfica de Bland Altman muestra que las diferencias entre el Ret-He y la hemoglobina de células maduras no son clínicamente relevantes, dado que no superan las dos desviaciones estándar de la media de las diferencias (Ret-He menos Sysmex: Media 18,2 y DE 2,1; Ret-He menos Compolab: Media 18,0 y DE 2,1) (Figura 2 y 3)

Discusión

En este estudio participaron 42 mujeres, quienes evidenciaron baja concentración de hemoglobina, reporte similar al encontrado en la literatura (20), situación dada por las pérdidas de sangre durante la menstruación u otras condiciones no evaluadas en este estudio como partos, abortos, legrados o aumento de los requerimientos durante el embarazo.

Los valores de hemoglobina difieren básicamente entre adolescentes y mayores de 51 años, especialmente en mujeres quienes experimentan un aumento de la hemoglobina entre los 51 a los 60 años, por cese de menstruación (11); en esta investigación no se observaron diferencias estadísticas según grupo etario, lo que podría explicarse por el hecho de que el grupo de estudio presentó una edad que osciló entre 18 y 50 años.

Respecto a la concentración de hemoglobina según el hábito tabáquico, se halló diferencia estadísticamente significativa con la medición hecha en

el Compolab, lo cual concuerda con los reportes de otros autores y podría explicarse por la hipoxia generada gracias a la gran concentración de carboxihemoglobina, lo que estimula la producción de hemoglobina (21, 22). Dicha diferencia se mantuvo posterior a la corrección de esta medición en los fumadores propuesta por la OPS (-0,3 g/l para fumadores) (2).

En cuanto a la actividad física, los resultados de hemoglobina de eritrocitos maduros encontrados en quienes tenían actividad física saludable, no concuerdan con los hallazgos reportados en la literatura. Lo anterior podría explicarse por el tiempo que los donantes llevaban realizando dicho esfuerzo físico, dado que a mayor tiempo de entrenamiento, la hemoglobina y el hematocrito disminuyen como mecanismo regulador de la hiperviscosidad sanguínea. Otra posible explicación puede ser un corto tiempo transcurrido entre el ejercicio y la toma de la muestra; durante las primeras tres horas después del esfuerzo físico, se da una hemodilución transitoria por aumento del volumen plasmático, la cual puede persistir hasta por cinco días (23).

Los resultados de la hemoglobina reticulocitaria no difirieron según sexo, grupo etario, actividad física o tabaquismo, lo que da idea de la adecuada respuesta hematopoyética en todos los donantes, independientemente del aumento en los requerimientos que experimentan los sujetos físicamente activos y los fumadores.

En este estudio hubo una buena correlación intraclase entre el Compolab y el método de referencia, indicando que son mediciones intercambiables, datos similares a los informados por

varios autores, incluso con otros hemoglobímetros y diferentes equipos automatizados (24-26). Sin embargo, Shalini (27) reporta mayor variabilidad entre las mediciones con sangre capilar y con sangre venosa, atribuyendo la baja correlación a problemas técnicos como aire o humedad en las cubetas de medición. No obstante esta explicación, cabe mencionar que fisiológicamente el flujo sanguíneo de la microvasculatura difiere del flujo venoso. La circulación de la microvasculatura no depende de la necesidad de nutrientes y de oxígeno que requiera el tejido cutáneo, sino de la temperatura corporal, la hidratación, la presión y el nerviosismo del sujeto. Es así como un donante nervioso, con pulpejos fríos reacciona con vasoconstricción que deriva en hemoconcentración “reactiva/relativa” (28, 29).

Teniendo en cuenta lo anterior y a pesar de la buena correlación reportada en este estudio, se recomienda verificar la hemoglobina de los donantes con el método automatizado, especialmente las que resulten en el límite inferior.

Pese a que la Ret-He informa sobre la hemoglobina de los glóbulos rojos que en 1 a 2 días completarán su proceso de maduración, se evidenció un coeficiente de correlación intraclase bajo entre esta medición y la hemoglobina de los glóbulos rojos maduros, situación que pudo haberse presentado por la medida de los dos parámetros en un mismo momento. La hemoglobina reticulocitaria está influenciada por el estado de la médula ósea del individuo, aproximadamente 10 días antes; estado que puede variar dependiendo del grado de hipoxia de ese momento, sin que ello indique un cambio inmediato en los glóbulos rojos maduros; por ejemplo, ante las pérdidas por la

menstruación, la médula ósea puede responder aumentando ligeramente la concentración de hemoglobina de los reticulocitos sin que ello implique un cambio significativo en la cuantificación de la hemoglobina de los glóbulos rojos maduros. Por lo tanto, se puede decir que estas mediciones no son intercambiables y deben ser evaluadas teniendo en cuenta la historia clínica del individuo, que permita conocer el estado o la reactividad de la médula ósea.

Las anteriores relaciones se evaluaron mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI), cuya elección en lugar de la correlación de Pearson, se basó en que este último:

- i) es un índice de relación lineal, donde una buena correlación no indica necesariamente una concordancia entre las variables evaluadas, especialmente cuando dos instrumentos miden sistemáticamente cantidades diferentes uno del otro; en este caso se obtendría una correlación perfecta sin que haya concordancia entre las dos mediciones,
- ii) se calcula a partir de pares ordenados de mediciones, y cualquier variación en dicho orden ocasiona variabilidad en los coeficientes (30), y
- iii) se afecta por el tamaño muestral haciendo que un coeficiente pequeño pueda ser estadísticamente significativo. Por el contrario, el CCI no depende del orden de los pares de las mediciones puesto que calcula el coeficiente, teniendo en cuenta todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles (31).

Dentro de las limitaciones del estudio se menciona que no se pudo evaluar el tiempo transcurrido entre la finalización de la actividad física y la toma de las muestras, ni se realizaron mediciones de muestras capilares en el Sysmex ni de venosas en el Compolab, con el fin de discernir si la variabilidad responde a diferencias inherentes a los equipos o al tipo de muestra utilizada.

Finalmente se concluye que las decisiones en la práctica clínica se pueden basar en las mediciones del hemoglobínómetro, con la consecuente mejoría en la oportunidad del servicio, dado que las determinaciones de la hemoglobina

en el Sysmex XE 2100 y el Compolab son intercambiables. No obstante la excelente correlación reportada para estas mediciones, debe tenerse en cuenta la variabilidad biológica y los posibles errores técnicos, principalmente cuando los resultados del hemoglobínómetro se hallen en los límites de referencia, asegurándose de esta forma el cuidado de la salud del donante.

Agradecimientos

A la empresa ROCHE S.A. por el suministro de los reactivos empleados para llevar a cabo esta investigación.

Referencias

1. Rodak B. Hematología: fundamentos y aplicaciones clínicas. 2 ed. Buenos Aires-Argentina: Ed. Médica Panamericana; 2005. p. 107-16
2. Organización Mundial de la Salud (OMS). Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. WHO/NMH/NHD/MNM/111. Ginebra 2011. p. 7.
3. De Benoist B, McLean E, Egli I, Cogswell M. Worldwide Prevalence of Anaemia 1993-2005 of: WHO Global Database of Anaemia. 2008.
4. Muñoz M, Naveira E, Romero A, Ramírez G. Exactitud y precisión de la determinación inmediata de hemoglobina con el HemoCue B Hemogloblin en pacientes urgentes, quirúrgicos y críticos. Rev Esp Anestesiol Reanim 2003; 50 (7)::332-9.
5. Speedy J, Minck S, Marks D, Bower M, Keller A. The challenges of managing donor haemoglobin. ISBT Science Series 2011;6(2):408-15.
6. James V, Jones K, Turner E, Sokol R. Statistical analysis of inappropriate results from current Hb screening methods for blood donors. Transfusion 2003; 43 (3):400-4.
7. McMurdy J, Jay G, Suner S, Crawford G. Noninvasive optical, electrical, and acoustic methods of total hemoglobin determination. Clinical Chemistry 2008; 54 (2):264-72.
8. Radtke H, Polat G, Kalus U, Salama A, Kiesewetter H. Hemoglobin screening in prospective blood donors: Comparison of different blood samples and different quantitative methods. Transfusion and Apheresis Science 2005; 33 (1):31-5.
9. Tong E, Murphy W, Kinsella A, Darragh E, Woods J, Murphy C, et al. Capillary and venous haemoglobin levels in blood donors: a 42-month study of 36,258 paired samples. Vox Sang 2010; 98 (4):547-53.
10. Skjelbakken T, Dahl M, Løchen M-L. Changes in body mass index and smoking habits have a different impact on hemoglobin concentration in men and women: A longitudinal follow-up of the tromso study, 1994-2002. Gender Medicine 2010; 7 (3):230-9.
11. Mast A, Schlumpf K, Wright D, Custer B, Spencer B, Murphy E, et al. Demographic correlates of low hemoglobin deferral among prospective whole blood donors. Transfusion 2010; 50 (8):1794-802.
12. Schmidt W, Prommer N. Effects of various training modalities on blood volume. Scandinavian journal of medicine & Science in Sports 2008; 18 (s1):57-69.

13. Vived Á. Fundamentos de Fisiología, de la Actividad Física y el Deporte. España: Ed. Médica Panamericana; 2005. p.60-3
14. Ayuntamiento de Madrid. Tabaquismo programa para dejar de fumar. Área de Salud y Consumo: Ediciones Díaz de Santos; 2003.
15. Nordenberg D, Yip R, Binkin N. The effect of cigarette smoking on hemoglobin levels and anemia screening. *JAMA: the journal of the American Medical Association* 1990; 264 (12):1556-9.
16. Suwazono Y, Dochi M, Oishi M, Tanaka K, Morimoto H, Sakata K. Longitudinal effect of smoking cessation on physical and laboratory findings. *American journal of preventive medicine* 2010; 38 (2):192-200.
17. Resolución 00901 de 1996, Manual de Normas Técnicas, Administrativas y de Procedimientos para bancos de sangre, 42.837 (1996).
18. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)—Short and Long Forms. IPAQ Web site 2005:15.
19. Cortés-Reyes E, Rubio-Romero J, Gaitán-Duarte H. Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. *Rev Colomb Obstet Ginecol* 2010; 61 (3). 247-55
20. Clark K H. Pruebas de rutina en hematología. En *Hematología Fundamentos y aplicaciones clínicas*. Buenos Aires 2005. p. 155-72
21. Kume A, Kume T, Masuda K, Shibuya F, Yamazaki H. Dose-dependent effects of cigarette smoke on blood biomarkers in healthy Japanese volunteers: Observations from smoking and non-smoking. *Journal of health science* 2009; 55 (2): 259-64.
22. Echagüe G, Díaz V, Pistilli N, Ríos R, Echeverría O, Alonso E, et al. Niveles de hemoglobina en varones fumadores. *Mem Inst Invest Cienc Salud (Impr)* 2005;1(1):19-22.
23. Orrego M. Valores de hematocrito y de hemoglobina en deportistas evaluados en Instituto de Deportes de Medellín (Colombia). *Acta Med. Colomb.* 2007; 32 (4). 196-205
24. Paiva A, Rondó P, Silva S, Latorre M. Comparison between the HemoCue® and an automated counter for measuring hemoglobin. *Revista de Saúde Pública* 2004; 38:585-7.
25. Neufeld L, García-Guerra A, Sánchez-Francia D, Newton-Sánchez O, Ramírez-Villalobos M, Rivera-Dommarco J. Hemoglobin measured by Hemocue and a reference method in venous and capillary blood: a validation study. *Salud Pública de México* 2002; 44 (3):219-27.
26. Morris S, Ruel M, Cohen R, Dewey K, de la Brière B, Hassan M. Precision, accuracy, and reliability of hemoglobin assessment with use of capillary blood. *The American journal of clinical nutrition* 1999; 69 (6):1243-8.
27. Bahadur S, Jain S, Jain M. Estimation of hemoglobin in blood donors: A comparative study using hemocue and cell counter. *Transfusion and Apheresis Science* 2010; 43 (2):155-7.
28. Gal B, López M, Martín A, Prieto J. Bases de la fisiología. Madrid: Editorial Tebar; 2007.
29. Giannetti A, Ricardo L G. Tratado de dermatología. Italia: Editorial Piccin Nuova Libreria S.p.A; 2011.
30. Bland M, Altman D. Measurement error and correlation coefficients. *BMJ* 1996;313:744.
31. Pita S, Pértegas S. La fiabilidad de las mediciones clínicas: el análisis de concordancia para variables numéricas. *Cad Aten Primaria* 2003;10 (4): 290-96.