

S. Arias-Rivera<sup>a</sup>,  
A. Copete-Vega<sup>a</sup>,  
P. Vadillo-Obeso<sup>a</sup>,  
S. Corrochano-Varas<sup>a</sup>,  
R. Sánchez-Izquierdo<sup>a</sup>,  
M.M. Sánchez-Sánchez<sup>a</sup>,  
A.I. Sáiz-Sanz<sup>b</sup>,  
F. Frutos-Vivar<sup>c</sup>  
y T. Pascual-Durán<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Enfermera del Servicio de Cuidados Intensivos y Unidad de Grandes Quemados. Hospital Universitario de Getafe, Madrid.

<sup>b</sup>Supervisora del Servicio de Cuidados Intensivos y Unidad de Grandes Quemados. Hospital Universitario de Getafe, Madrid.

<sup>c</sup>Facultativo especialista de Área del Servicio de Cuidados Intensivos y Unidad de Grandes Quemados. Hospital Universitario de Getafe, Madrid.

<sup>d</sup>Facultativo Especialista del Servicio de Bioquímica Clínica. Hospital Universitario de Getafe, Madrid.

Segundo premio Hospira-SEEIUC a la mejor comunicación presentada al XXXII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Enfermería Intensiva y Unidades Coronarias. Pamplona 25-28 junio de 2006.

### Correspondencia:

S. Arias Rivera.  
Hospital Universitario de Getafe.  
Servicio de Cuidados Intensivos.  
Carretera de Toledo Km. 12,5.  
28905 Getafe, Madrid.  
Correo electrónico: ariasrivera@eresmas.com

## Fiabilidad de la determinación de la glucemia a la cabecera del paciente en pacientes críticos

## *Reliability of the measurement of glucose at the bedside of critical patients*

**Introducción.** El objetivo de este estudio es determinar la fiabilidad de tres métodos de determinación, a pie de cama, de la glucemia en el paciente crítico comparados con la determinación de glucemia en el laboratorio central.

**Material y métodos.** Estudio observacional prospectivo desarrollado en una Unidad polivalente de 18 camas durante 4 meses. Se incluyeron pacientes que portaban catéter arterial. Se compararon con la glucemia plasmática (patrón oro) 8 muestras obtenidas a la cabecera del paciente: tres en sangre capilar, 4 en sangre arterial y una de sangre arterial en jeringa de gases. Las determinaciones a la cabecera fueron realizadas con tiras reactivas MediSense® Optium™ Plus y glucómetro MediSense® Optium™. Se realizó una comparación de medias

mediante la prueba de la «t» de Student y análisis de Bland y Altman.

**Resultados.** Obtuvimos 630 muestras en 70 pacientes. La glucemia media (desviación estándar [DE]) en mg/dl fue: a) muestras capilares: 149 (38), 149 (35), 147 (37); b) muestras arteriales: 140(34), 142 (35), 143 (35), 142 (34); muestra arterial en jeringa de gases: 143 (33); c) glucemia plasmática: 138 (33). Hubo diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) entre la glucemia plasmática y las muestras capilares, pero no con las muestras arteriales ( $p = 0,2$ ). En las muestras arteriales la presencia de algunos factores, como fármacos vasoactivos, perfusión de soluciones glucosadas, perfusión de insulina y concentración plasmática de hemoglobina, aumenta el error y la dispersión respecto al patrón oro.

- 16 **Conclusiones.** En enfermos críticos la medida de la glucemia a pie de cama es más fiable en muestras arteriales que en muestras capilares.

**Palabras clave:** glucemia capilar, glucemia arterial, determinaciones a la cabecera del paciente, monitorización.

**Introduction.** *The objective of this study is to measure the reliability of three measurement methods at the bedside of the patient, of glucose in the critical patient compared with the measurement of glucose in the central laboratory.*  
**Material and methods.** *Observational, perspective study developed in a polyvalent unit of 18 beds for four months. Patients who had arterial catheter were included. Eight samples obtained at the patient's bedside were compared with the plasma glucose (gold Standard): three in capillary blood, four in arterial blood and one in arterial blood gases from a syringe. The measurements at bedside were conducted with reactive strips MediSense® Optium™ Plus and glucometer MediSense® Optium™. A comparison was made of the means used in the Student's T test and Bland and Altman analysis.*

**Results.** *We obtained 630 samples in 70 patients. Mean glucose (SD) in mg/dl was: a) capillary samples: 149 (38), 149 (35), 147 (37); b) arterial samples: 140 (34), 142 (35), 143 (35), 142 (34); arterial gas sample syringe: 143 (33); c) plasma glucose: 138(33). There were significant differences ( $p < 0.001$ ) between plasma glucose and capillary samples but not with arterial samples ( $p=0.2$ ). In the arterial samples, the presence of some factors, such as vasoactive drugs, glycated solution perfusion, insulin perfusion and plasma concentration of hemoglobin, increase error and dispersion regarding the gold standard.*

**Conclusions.** *The measurement of glucose at bedside in critical patients is more reliable in arterial samples than in capillary ones.*

**Key words:** capillary glycemia, arterial glycemia, measurements at the patient's bedside, monitoring.

## INTRODUCCIÓN

Desde la publicación de los estudios Van den Bergh et al<sup>1,2</sup>, donde se demuestra que mantener unos niveles de glucosa plasmática por debajo de 110 mg/dl reduce la mortalidad y morbilidad de los enfermos quirúrgicos<sup>1</sup> y de los enfermos médicos con una estancia superior de tres días<sup>2</sup>, el control estricto de la glucemia se ha convertido en una práctica rutinaria en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI).

Son varios los métodos utilizados para las determinaciones de glucemia en los pacientes críticos: determinación mediante glucómetro a pie de cama, en muestra de sangre capilar, arterial o venosa y determinación, en laboratorio, en plasma obtenido de sangre arterial o venosa. Todos estos métodos pueden coexistir y ser utilizados simultáneamente en el mismo paciente.

El método más utilizado en las UCI, por su rapidez y por minimizar las pérdidas de sangre, es la determinación a través de glucómetro a la cabecera del paciente. Aunque es un método aceptado para las determinaciones de pacientes ambulatorios y no críticos<sup>3</sup>, los estudios llevados a cabo en pacientes críticos<sup>4-7</sup> no aportan datos concluyentes, al estar realizados con pocos pacientes y ponerse de manifiesto la existencia de variables, presentes en los pacientes críticos, que pueden dar medidas erróneas<sup>8-10</sup>.

El objetivo de este estudio es determinar la fiabilidad de tres métodos de determinación de la glucosa en el paciente crítico, a pie de cama, comparados con la determinación de glucemia en el laboratorio central (patrón oro).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio observacional prospectivo, desarrollado en el Servicio de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario de Getafe, hospital de tercer nivel, que cuenta con 18 camas de pacientes poli-

valentes. El estudio se desarrolló entre octubre de 2005 y enero de 2006.

### Pacientes

Se incluyeron todos los pacientes adultos con un ingreso mayor de 24 horas en la Unidad, portadores de catéter arterial Seldicath® (Plastimed, Saint-Leu-La-Forêt Cedex, Francia), conectado a un sistema de monitorización de presión Becton Dickinson® (Singapur). La permeabilidad del catéter se mantuvo con una perfusión de 500 ml de cloruro sódico 0,9%, en el que se añadieron 500 UI de heparina sódica, presurizado a 300 mmHg mediante un sistema de presurización Tycos®, que permite un ritmo de perfusión de 2-4 ml/h. No se incluyeron en el estudio pacientes embarazadas ni quemados.

### Recogida de datos

Se registraron datos demográficos (edad y sexo) y patología al ingreso, variables que se han relacionado con modificaciones en la determinación plasmática de glucosa: diabetes mellitus, hipertensión, tensión arterial, temperatura, administración de fármacos vasoactivos (noradrenalina, dopamina, nitroprusiato, nitroglicerina, labetalol y urapidilo) y dosis en las últimas 24 horas, administración de fármacos en las 24 horas previas a las determinaciones que pueden alterar la glucemia<sup>11,12</sup> (ácido valproico, atenolol, captopril, clortalidona, cortisona, dexametasona, diltiazem, enalapril, esmolol, furosemida, glucosa intravenosa, hidroclorotiazida, hidrocortisona, insulina, isoniazida, levotiroxina, metilprednisolona, nifedipino, octreótido, paracetamol, prednisolona, prednisona, propacetamol y somatostatina), hemoglobina, hematocrito, recuento de leucocitos y gasometría arterial (pH, PaO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub>), tiempo entre la primera y la última determinación de glucemia.

### Protocolo

Tras limpiar el lateral de un dedo con alcohol 70° se pincha y se realizan tres determinaciones capilares

consecutivas, tras desechar la primera gota (entre una y otra determinación, se limpia el dedo con una gasa seca). A continuación, se extraen 4 determinaciones arteriales, la primera tras la extracción de 1 ml de sangre (para eliminar el espacio muerto, determinado desde la punta distal del catéter hasta el extremo distal de la primera llave de tres pasos, por donde se realiza la extracción de 0,8 ml para los catéteres 3F y de 1 ml para los 5F), la segunda determinación fue realizada tras una extracción total de 2 ml de sangre, la tercera de 3 ml y la cuarta de 4 ml. A continuación se extrajeron muestras arteriales para la determinación, en el laboratorio central, de: hematocrito, hemoglobina, recuento de leucocitos, glucemia y gases arteriales. La última determinación a la cabecera del paciente fue realizada con la sangre procedente de la jeringa de gasometría. El volumen de sangre total utilizado para las 8 determinaciones y las muestras plasmáticas ha sido de 9,5 ml.

Las determinaciones a la cabecera fueron realizadas con tiras reactivas MediSense® Optium™ Plus (Abbott, Reino Unido) y glucómetro MediSense® Optium™ (Abbott, EE.UU.). Fueron utilizados dos glucómetros cuya correlación medida entre ellos fue de 0,98. La precisión de las tiras reactivas MediSense® Optium™ Plus presentan un coeficiente de variación de 3,8%-5,2%, según datos facilitados por Abbott. El valor de la glucosa plasmática determinado por el laboratorio central fue considerado el patrón oro.

Las muestras fueron extraídas por 7 enfermeras de la Unidad y remitidas al laboratorio siguiendo el procedimiento habitual, por lo que el laboratorio central era ciego al estudio. Los volúmenes de sangre que se desecharon fueron extraídos con jeringas y las muestras para determinaciones de bioquímica y hematología fueron con sistema Vacutainer® Luer Medisense Adapter (Becton Dickinson®, Reino Unido). Para las determinaciones de bioquímica se extrajeron 3 ml de sangre y fueron remitidas al laboratorio en un tubo Vacutainer® (Becton Dickinson®, Reino Unido) LH PST con gel separador, para las de hematología se extrajeron 2 ml de sangre y se introdujeron en un tubo Vacutainer® (Becton Dickinson®, Reino Unido) K2E 3,6 mg y para las de gasometría se extrajeron 0,5 ml en una jeringa de gasometría (Becton Dickinson®, Reino Unido) Preset™ con 30 IU Ca<sup>2+</sup> LH.

18 Las muestras, remitidas al laboratorio central, fueron centrifugadas y procesadas en los analizadores SYNCHRON CX3 Delta (Izasa), ABX penra DF120 (Horiba ABX) y GEM Premier 3000 (Izasa), utilizando plasma o sangre completa respectivamente.

### Análisis estadístico

Los datos descriptivos son expresados como media y desviación estándar (DE) o como porcentaje, según proceda. En las muestras de la misma procedencia (capilares o arteriales) se realizó un análisis de fiabilidad denominado coeficiente de correlación intraclase (CCI), mediante una comparación de varianzas (ANOVA) con medidas repetidas<sup>13</sup>, donde la máxima concordancia posible corresponde a un valor de CCI = 1. En el caso de que el análisis de fiabilidad mostrase una correlación intraclase adecuada (CCI > 0,95) se realizará una comparación de medias entre la de la primera muestra capilar o arterial con el patrón oro (glucemia plasmática), mediante la prueba de la «t» de Student. En el caso de que el análisis de fiabilidad mostrase una correlación intraclase no adecuada (CCI < 0,95) se realizará una comparación de medias entre la de la muestra capilar o arterial que menos se desvíe de la media de la glucemia plasmática. Las diferencias entre las determinaciones capilares y arteriales y el patrón oro se expresan gráficamente utilizando el método de Bland y Altman<sup>14</sup>, método gráfico que mide la concordancia entre los resultados de dos sistemas de medida. En nuestro caso, el procedimiento utilizado por Bland y Altman representa la diferencia entre los resultados de las glucemias obtenidas con glucómetro (capilares o arteriales) y las plasmáticas. Se representa en un diagrama de dispersión con la diferencia de ambas extracciones (diferencia de las medias de las determinaciones con glucómetro - diferencia de las medias de las determinaciones plasmáticas) en el eje de las ordenadas y el promedio de las extracciones (suma de las medias del glucómetro y de las plasmáticas dividido por 2) en el eje de las abscisas. En este gráfico el error sistemático se define como la media de las diferencias entre las determinaciones estudiadas (si la media se corresponde con la línea de «0», no existe error sistemático), la precisión

es la DE de las diferencias entre las determinaciones y los intervalos de confianza del 95% superior e inferior, son  $\pm 2$  DE de la media de error. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS para Windows.

### RESULTADOS

Obtuvimos 630 muestras (210 capilares, 350 arteriales y 70 plasmáticas) procedentes de 70 pacientes. Las características de los pacientes en el momento de la extracción de las muestras se observan en la tabla 1. El tiempo medio empleado en la extracción de las 9 determinaciones fue de 161 (52) segundos.

**Tabla 1. Características de los pacientes incluidos en el estudio**

<b>Edad, años, media (DE)</b>	60 (17)
<b>Mujer, n (%)</b>	30 (43)
<b>Patología al ingreso, n (%)</b>	
Médico	55 (78)
Quirúrgico	11 (16)
Politraumatizado	4 (6)
<b>Hipertensión arterial, n (%)</b>	35 (50)
<b>Diabetes mellitus, n (%)</b>	19 (27)
<b>Fármacos recibidos en las 24 horas previas a la extracción, n (%)</b>	
Fármacos vasoactivos	
Noradrenalina	27 (39)
Dopamina	1 (1)
Labetalol	2 (3)
Nitroglicerina	1 (1)
Urapidilo	1 (1)
Ácido valproico	3 (5)
Atenolol	1 (2)
Captopril	10 (16)
Dexametasona	3 (5)
Furosemida	24 (38)
Glucosa	53 (84)
Hidroclorotiazida	1 (2)
Hidrocortisona	6 (10)
Insulina	42 (67)
Levotiroxina	4 (6)
Metilprednisolona	7 (11)
Nifedipino	7 (11)
Paracetamol	19 (30)
Prednisolona	1 (2)
Somatostatina	2 (3)

### Fiabilidad de la determinación de la glucemia en muestras capilares

En la tabla 2 se muestran los rangos y la media de las glucemias medidas en las 210 muestras capilares. En el análisis de fiabilidad observamos un alto coeficiente de correlación intraclase entre las muestras capilares: 0,979 (intervalo de confianza para el 95%: 0,969-0,986). La comparación entre la primera muestra capilar y la glucemia plasmática muestra una diferencia estadísticamente significativa: 149 (38) mg/dl frente a 138 (33) mg/dl ( $p < 0,001$ ). En el análisis de Bland y Altman se observa un error sistemático de 11 mg/dl y una dispersión desde -22 mg/dl a 44 mg/dl (fig. 1).

### Fiabilidad de la determinación de la glucemia en muestras arteriales

En la tabla 2 se muestran los rangos y la media de las glucemias medidas en las 350 muestras arteriales. Obtuvimos un coeficiente de correlación intraclase alto en la comparación de las 5 muestras arteriales: 0,993 (intervalo de confianza para el 95%: 0,990-0,996). No hallamos diferencias significativas en la comparación entre la primera muestra arterial y la glucemia plasmática: 140 (34) mg/dl frente a 138 (33) mg/dl ( $p = 0,2$ ). El gráfico de Bland y Altman (fig. 2) nos muestra un error sis-

temático de 2 mg/dl y una dispersión entre -27 mg/dl a 31 mg/dl.

Como en la práctica clínica es habitual determinar la glucemia arterial con una muestra obtenida de la jeringa para la obtención de gases arteriales, decidimos comparar, por separado, la media de los valores obtenidos en esta muestra con el patrón oro. Aunque no observamos diferencias significativas con la glucemia determinada en las otras muestras arteriales, sí que las hubo con la glucemia plasmática: 143 (33) mg/dl frente a 138 (33) mg/dl ( $p = 0,006$ ). El análisis de Bland y Altman nos muestra un error sistemático de 5 mg/dl y una dispersión entre -24 mg/dl y 34 mg/dl (fig. 3).

### Variables que pueden influir en la fiabilidad de las muestras arteriales

#### Patología principal al ingreso en Cuidados Intensivos

De las 630 determinaciones, 495 muestras se obtuvieron en pacientes con patología médica, 99 en pa-

Tabla 2. Rangos, medias y desviaciones estándar (DE) de la glucemia, en mg/dl, en cada una de las muestras obtenidas		
	Rango	Media (DE)
Muestras capilares		
Primera	52-265	149 (38)
Segunda	48-283	149 (35)
Tercera	51-271	147 (37)
Muestras arteriales		
Primera	79-263	140 (34)
Segunda	85-266	142 (35)
Tercera	86-256	143 (35)
Cuarta	88-256	142 (34)
Quinta (muestra obtenida de la jeringa de gasometría)	84-248	143 (33)
Muestra plasmática (patrón oro)	56-241	138 (33)

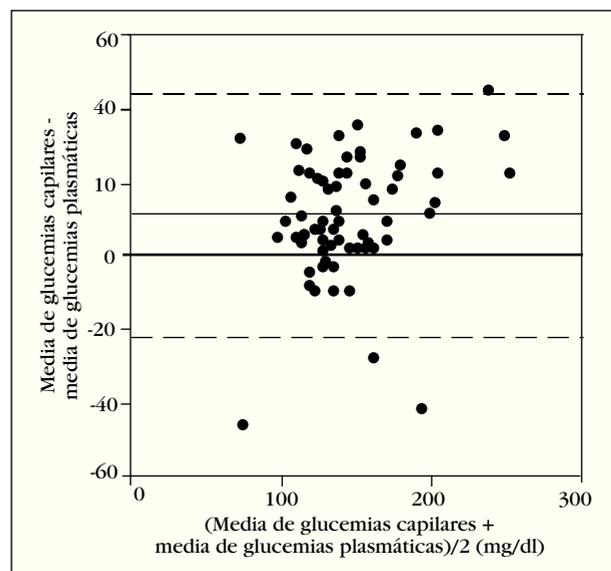
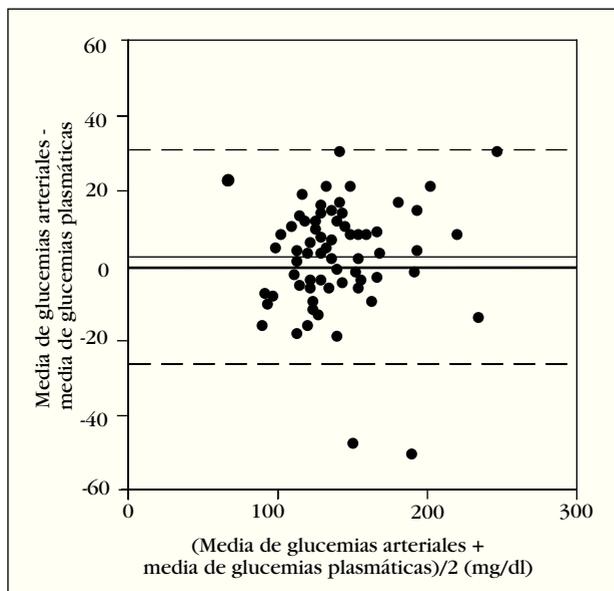


Figura 1. Error y dispersión de la determinación de glucemia en la primera muestra capilar comparada con la glucemia plasmática (patrón oro).

20

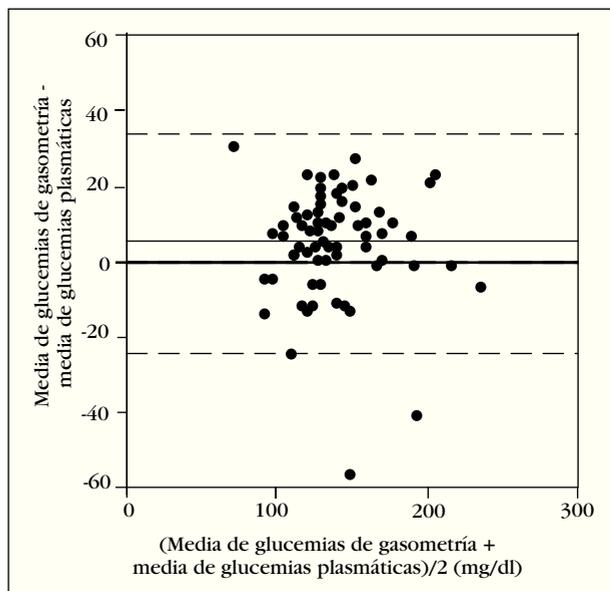


**Figura 2.** Error y dispersión de la determinación de glucemia en la primera muestra arterial comparada con la glucemia plasmática (patrón oro).

cientos con patología quirúrgica y tan sólo 36 procedían de pacientes politraumatizados. No hemos hallado diferencias significativas en ninguno de los grupos al comparar la primera muestra arterial y la glucemia plasmática: 142 (33) mg/dl frente a 139 (32) mg/dl ( $p = 0,3$ ) en pacientes con patología médica, 137 (47) mg/dl frente a 136 (44) mg/dl ( $p = 0,8$ ) en pacientes quirúrgicos y 134 (6) mg/dl frente a 127 (8) mg/dl ( $p = 0,3$ ) en pacientes politraumatizados. El análisis de Bland y Altman muestra un error sistemático en pacientes médicos y quirúrgicos de 2 y 1 mg/dl respectivamente, con precisiones de 15 y 14 mg/dl y con dispersiones de -27 mg/dl a 31 mg/dl y -27 mg/dl a 29 mg/dl. En el caso de los pacientes politraumatizados el error sistemático fue de 7 mg/dl y la dispersión de -17 mg/dl a 31 mg/dl.

#### Antecedentes de hipertensión arterial

Trescientas quince muestras (50%) corresponden a pacientes con antecedentes de hipertensión arterial y

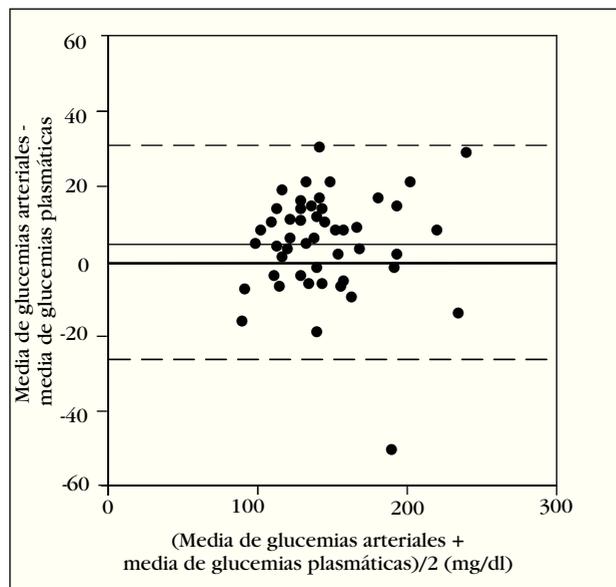


**Figura 3.** Error y dispersión de la determinación de glucemia en la muestra arterial obtenida con jeringa de gasometría comparada con la glucemia plasmática (patrón oro).

el resto (50%) a pacientes sin dichos antecedentes. No encontramos diferencias significativas en la comparación de la primera muestra arterial y la glucemia plasmática en los enfermos con o sin hipertensión; pacientes hipertensos: 139 (34) mg/dl frente a 139 (33) mg/dl ( $p = 0,9$ ) y 142 (34) mg/dl frente a 138 (35) mg/dl ( $p = 0,1$ ) en pacientes no hipertensos. Los errores sistemáticos observados en los gráficos de Bland y Altman fueron de 0,4 mg/dl (dispersión de -27 mg/dl a 27 mg/dl) y de 4 mg/dl (dispersión de -25 mg/dl a 34 mg/dl), respectivamente.

#### Antecedentes de diabetes mellitus

De las 630 determinaciones 171 muestras procedían de enfermos con antecedentes de diabetes mellitus (27%) y 459 muestras (73%) fueron obtenidas en pacientes no diabéticos. No observamos diferencias significativas entre la primera muestra arterial y la glucemia plasmática: 147 (37) mg/dl frente a 142 (40) mg/dl ( $p = 0,2$ ) en los pacientes diabéticos y 138 (33)



**Figura 4.** Error y dispersión de la determinación de glucemia en la primera muestra arterial comparada con la glucemia plasmática (patrón oro) en pacientes que han recibido perfusión de insulina en las 24 horas previas a las determinaciones.

mg/dl frente a 137 (31) mg/dl ( $p = 0,5$ ) en pacientes no diabéticos. Los errores sistemáticos observados en los gráficos de Bland y Altman fueron de 5 mg/dl (dispersión de -27 mg/dl a 37 mg/dl) y de 1 mg/dl (dispersión de -26 mg/dl a 29 mg/dl), respectivamente.

#### Fármacos recibidos en las 24 horas previas a la extracción

Se realizó un análisis de los fármacos recibidos por más del 25% de los pacientes. Los fármacos o soluciones intravenosas que influyeron en la fiabilidad de las muestras arteriales fueron: la noradrenalina 146 (35) mg/dl en la muestra arterial frente a 140 (38) mg/dl de glucemia plasmática ( $p = 0,001$ ); la perfusión intravenosa de glucosa 141 (35) mg/dl frente a 136 (34) mg/dl ( $p = 0,01$ ) y la perfusión de insulina intravenosa 148 (37) mg/dl frente a 143 (36) mg/dl ( $p = 0,01$ ).

En los pacientes con perfusión de insulina observamos un error sistemático de 5 mg/dl con una dispersión de -23 mg/dl a 33 mg/dl (fig. 4).

#### Datos clínicos

De las otras variables analíticas que hemos analizado hemos encontrado diferencias significativas al comparar las medias de la primera muestra arterial con la glucemia plasmática, con una hemoglobina  $< 10$  g/dl 138 (29) mg/dl frente a 130 (29) mg/dl ( $p < 0,0001$ ) y con una hemoglobina  $> 12$  g/dl 124 (23) mg/dl frente a 137 (30) mg/dl ( $p = 0,02$ ).

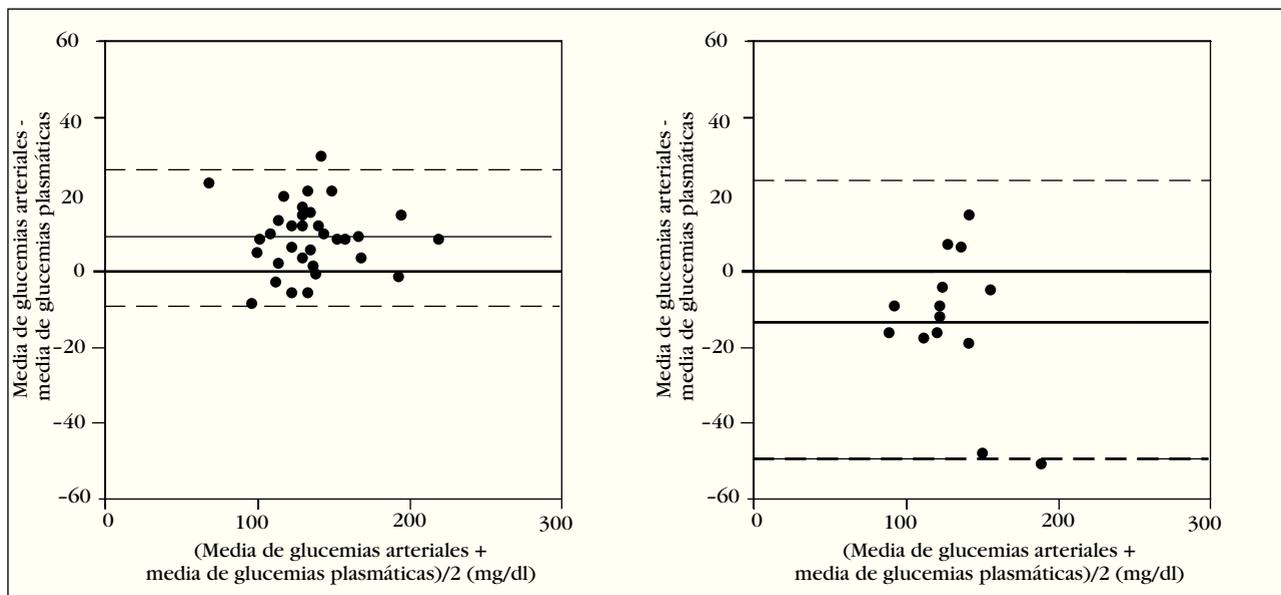
En los pacientes con una hemoglobina  $< 10$  g/dl el error sistemático fue de 8 mg/dl, con una dispersión entre -9 mg/dl y 26 mg/dl. Por el contrario, en los enfermos con hemoglobina  $> 12$  g/dl, el error fue -13 mg/dl, con una dispersión entre -50 mg/dl y 24 mg/dl (fig. 5).

#### DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de nuestro estudio fueron:

1. La glucemia medida a pie de cama con los medidores de glucosa utilizados habitualmente en la práctica clínica de muestras obtenidas de un catéter arterial es similar a la glucemia plasmática considerada como patrón oro.
2. La glucemia medida de muestras capilares tiene un error y dispersión significativos.
3. Algunas variables -noradrenalina, perfusión de glucosa, perfusión de insulina, pH y hemoglobina- pueden aumentar el error y la dispersión de la medida de la glucemia en las muestras arteriales.

La hiperglucemia, debida a diferentes factores como resistencia a la insulina, alteración en el metabolismo de la glucosa o el uso de algunos fármacos, es una complicación frecuente en los enfermos críticos. Estudios recientes han evaluado que un control estricto de la glucemia se asocia con un mejor pronóstico de algunos enfermos críticos<sup>1,2</sup>. Como consecuencia, la monitorización rutinaria de la glucemia es uno de los procedimientos más habituales en las UCI. Para la determinación de la glucosa disponemos de di-



**Figura 5.** Error y dispersión de la determinación de glucemia en la primera muestra arterial comparada con la glucemia plasmática (patrón oro), en pacientes con hemoglobina inferior a 10 g/dl en el gráfico de la izquierda y en los pacientes con hemoglobina superior a 12 g/dl en el gráfico de la derecha.

ferentes métodos de obtención de muestra y de medición. La glucemia puede ser determinada en sangre total, obtenida de capilar, de vena o de un catéter arterial mediante tiras reactivas en un glucómetro, o en analizador de gases arteriales con multi-electrodo disponibles en las UCI, o en suero o plasma mediante analizadores situados en los laboratorios centrales.

El objetivo de nuestro estudio fue comprobar la fiabilidad de la determinación de la glucemia en las muestras que habitualmente se obtienen en una UCI (capilares y arteriales en los enfermos con catéter arterial) comparadas con la glucemia plasmática, que es lo que se considera el patrón oro. Realizamos la determinación de tres muestras capilares para estimar el efecto del alcohol de 70°, utilizado en la limpieza cutánea, en la variabilidad de los resultados y 4 muestras arteriales, para determinar el efecto de la heparina utilizada en los sueros de mantenimiento de los sistemas de monitorización de presión. Como no se han observado diferencias significativas entre las tres muestras capilares y entre las arteriales, asumimos que los factores del alcohol y de la heparina no interfieren en los resultados.

En nuestro estudio observamos que la glucemia determinada a partir de las muestras capilares tuvieron un error y una dispersión significativamente mayor que la determinada en muestras arteriales. Aunque un error de 11 mg/dl podría parecer clínicamente poco relevante, la dispersión observada, que puede llegar hasta 44 mg/dl, puede ser causa de hipoglucemias no detectadas, sobre todo si se aplica la recomendación de mantener unos niveles de glucosa entre 80 y 110 mg/dl<sup>1,2</sup>. Una disminución en el hematocrito, la acidosis metabólica y la hipoxia son causas que pueden interferir con las medidas capilares de la glucosa<sup>8-10</sup>. Aunque nuestro estudio incluyó enfermos estables en el momento de la obtención de las muestras, un 39% de ellos estaban recibiendo perfusión de noradrenalina, lo cual puede producir vasoconstricción capilar y una hipoperfusión tisular en el punto de la punción, lo cual se ha reportado, y puede interferir la medida de la glucosa capilar<sup>15-17</sup>.

Hay evidencia de que la validez de la determinación de la glucosa mediante tiras reactivas puede modificarse tras la administración o en presencia de algu-

nos fármacos. En nuestro estudio hemos encontrado que la fiabilidad de la glucemia medida en estas muestras se puede modificar en los enfermos que están recibiendo noradrenalina, probablemente por la misma razón que hemos comentado previamente. El motivo del aumento en el error y una mayor dispersión en los enfermos que están recibiendo soluciones glucosadas o perfusión continua de insulina podría estar relacionado con el hecho de que la glucemia con tiras reactivas se mide en sangre total, mientras que el patrón oro que hemos considerado es una determinación de la glucemia en el plasma. En cualquier caso, a pesar de la significación estadística observada, podemos considerar tanto el error como la dispersión dentro de los límites de tolerancia clínica.

Se ha descrito en varios estudios, *in vitro*<sup>8-10</sup> e *in vivo*<sup>18</sup>, que las mediciones de la glucemia con tiras reactivas se modifican en función del pH, la PaO<sub>2</sub> y el hematocrito. De estas variables, en la que nosotros hemos encontrado más relevancia clínica es la relación entre hemoglobina/ hematocrito y glucemia. En los enfermos con una hemoglobina baja (definida en nuestro estudio como inferior a 10 g/dl, que equivale a un hematocrito inferior al 30%) encontramos que las tiras reactivas sobrevaloran la glucemia, mientras que en enfermos con hemoglobina superior a 12 g/dl (equivalente a un hematocrito superior al 36%), la glucemia está infravalorada. El motivo para estas modificaciones de la glucemia, en presencia de una mayor o menor concentración de hemoglobina, se debe a la mayor concentración de glucosa en suero o plasma que en el hematíe, además de otros factores como cambios en la viscosidad de la sangre y modificaciones en la permeabilidad de las tiras reactivas. Para evitar este error se han empezado a comercializar glucómetros que determinan simultáneamente el hematocrito y la glucemia y realizan una corrección automática del efecto del hematocrito<sup>19</sup>. En relación con la acidosis y la hipoxia no hemos podido estimar su influencia sobre la glucemia debido a la baja incidencia de estas alteraciones en nuestra cohorte de enfermos.

Nuestro estudio puede tener algunas limitaciones. La población incluida fue una cohorte de enfermos estables, aunque algunos estuviesen con perfusión de fármacos vasoactivos, con una glucemia media cercana al límite de 150 mg/dl recomendado para los enfer-

mos críticos en conferencias de consenso como la *Surviving Campaign Sepsis*<sup>20</sup>. Esto ha condicionado que hayamos tenido pocas determinaciones con hipoglucemia y, por lo tanto, aunque hemos observado diferencias estadísticamente significativas, en las muestras capilares y en algunas muestras arteriales en presencia de los factores que afectan la determinación de la glucemia, el error y la dispersión observados caen dentro de unos límites clínicamente aceptables.

En conclusión, en nuestro estudio hemos observado que la determinación de la glucemia a pie de cama en los enfermos críticos es más fiable cuando se mide en muestras de sangre arterial que en sangre capilar. Las mediciones pueden tener un mayor error y dispersión en pacientes que están recibiendo noradrenalina, soluciones glucosadas o perfusión de insulina y en relación con la concentración de hemoglobina.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, Verwaest C, Bruyninckx F, Schetz M, et al. Intensive insulin therapy in critically ill patients. *N Engl J Med*. 2001;345(19):1359-67.
2. Van den Berghe G, Wilmer A, Hermans G, Meersseman W, Wouters PJ, Milants I, et al. Intensive Insulin Therapy in the Medical ICU. *N Engl J Med*. 2006;354:449-61.
3. Harding K. A comparison of four glucose monitors in a hospital medical surgical setting. *Clin Nurse Spec*. 1993;7:13-6.
4. Maser RE, Butler MA, DeCherney GS. Use of arterial blood with bedside glucose reflectance meters in an intensive care unit: are they accurate? *Crit Care Med*. 1994;22:595-9.
5. Ray JG, Hamielec C, Mastracci T. Pilot study of accuracy of bedside glucometry in the intensive care unit. *Crit Care Med*. 2001;29:2205-7.
6. Kanji S, Buffie J, Hutton B, Nubting PS, Singh A, McDonald K, et al. Reliability of point-of-care testing or glucose measurement in critically ill adults. *Crit Care Med*. 2005; 33:2778-85.
7. Kulkarni A, Saxena M, Price G, O'Leary MJ, Jacques T, Myburgh JA. Analysis of blood glucose measurements using capillary and arterial blood samples in intensive care patients. *Intensive Care Med*. 2005;31:142-5.
8. Tang Z, Lee JH, Louis RF, Post GJ. Effects of different hematocrit levels on glucose measurements with handheld meters for point-of-care testing. *Arch Pathol Lab Med*. 2000;124:1135-40.
9. Tang Z, Du X, Louis RF, Post GJ. Effects of pH glucose measurements with handheld glucose meters and a portable glucose analyzer for point-of-care testing. *Arch Pathol Med*. 2000;124: 577-82.

- 24
10. Tang Z, Louie RF, Payes M, Chang KCJ, Kost GJ. Oxygen effects on glucose measurements with a reference analyzer and three handheld meters. *Diabetes Technol Ter.* 2000;3:349-62.
  11. Base de datos del medicamento. Consejo General de Colegios Farmacéuticos. [en Internet] 2005 [fecha de acceso 20 de octubre de 2005]. Disponible en: <http://www.portalfarma.com/home.nsf>
  12. Fichas técnicas de las especialidades autorizadas por la Agencia Española del Medicamento. Agencia Española del Medicamento. Ministerio de Sanidad y Consumo. [en Internet] 2005 [fecha de acceso 20 de octubre de 2006]. Disponible en: <https://sinaem.agemed.es:83/presentacion/principal.asp>
  13. Pita Fernández S, Pértigas Díaz S. La fiabilidad de las mediciones clínicas: el análisis de concordancia para variables numéricas. Investigación: Análisis de concordancia para variables numéricas. Disponible en: <http://www.fisterra.com>
  14. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 8476:307-10.
  15. Atkin SH, Dasmahapatra A, Jaker MA, Chorost M, Reddy S. Finger-stick glucose determination in shock. *Ann Intern Med.* 1991;114:1020-4.
  16. Thomas SH, Gough JE, Benson N, Austin PE, Stone CK. Accuracy of fingerstick glucose determination in patients receiving CPR. *South Med J.* 1994;87:1072-5.
  17. Sylvain HF, Pokorny ME, English SM, Benson NH, Whitley TW, Ferenczy C, et al. Accuracy of fingerstick glucose values in shock patient. *Am J Crit Care.* 1995;4:44-8.
  18. Louie RF, Tang Z, Sutton DV, Lee JH, Kost GJ. Point-of-care glucose testing. Effects of critical care variables influence of reference instruments, and a modular glucose meter design. *Arch Pathol Lab Med.* 2000;124:257-66.
  19. Rao LV, Jakubiak F, Sidwell JS, Winkelman JW, Snyder ML. Accuracy evaluation of a new glucometer with automated hematocrit measurement and correction. *Clin Chim Act.* 2005;356:178-83.
  20. Dellinger RP, Carlet JM, Masur H, Gerlach H, Calandra T, Cohen J, et al. Surviving Sepsis Campaign guidelines for management of severe sepsis and septic shock. *Intensive Care Med.* 2004;30:536-55.