

# Análisis de la monitorización de gases en línea CDI500<sup>®</sup> y SYSTEM M-M4<sup>®</sup>.

## ¿Son herramientas comparables para la práctica clínica de la perfusión?

### RESUMEN / ABSTRACT

**Objetivo:** comparar los datos obtenidos del CDI500<sup>®</sup> y Spectrum M4<sup>®</sup> para valorar la fiabilidad de los resultados y su repercusión en la Circulación Extracorpórea.

**Material y métodos:** estudio observacional prospectivo de pacientes intervenidos de cirugía cardiaca con CEC entre enero-2017 y febrero-2018. Se recogieron los datos proporcionados por CDI y M4. Se utilizaron como control gasometrías arteriales y venosas realizadas en Radiometer ABL90 Flex<sup>®</sup>. Con la primera muestra se ajustaron los datos de ambos analizadores. Se realizó un mínimo de dos muestras y un máximo de cuatro.

**Resultados:** se estudiaron 100 pacientes y 292 muestras (32% mujeres) con una edad media de 65,2 ± 11,5 años. Los parámetros del CDI y M4 prácticamente no presentaron diferencias significativas tras el primer ajuste, y sin afectar a la práctica clínica, excepto en el bicarbonato y el exceso de base donde CDI no se ajusta a los valores. Se realizó un análisis con los gráficos de Bland/Altman, la PCO<sub>2</sub> y PO<sub>2</sub> fueron mejor medidas por el CDI mientras que Hto, Hb y SvO<sub>2</sub> por M4, lo cual se corroboró comparando los porcentajes de error menores al ± 5% en ambos sistemas, siendo las diferencias significativas en los cinco parámetros.

**Conclusión:** ambos sistemas proporcionan datos fiables, aunque necesitan de una calibración previa. El M4 permite valorar de forma directa datos que facilitan una perfusión dirigida a objetivos.

**Palabras clave:** circulación extracorpórea; monitorización en línea; análisis de gases sanguíneos; perfusión dirigida a objetivos.

### Analysis of online gas monitoring CDI 500<sup>®</sup> and SYSTEM M-M4<sup>®</sup>. Are they comparable tools for clinical perfusion practice?

**Objective:** to compare the data obtained from the CDI500<sup>®</sup> and Spectrum M4<sup>®</sup> to assess the reliability of the results and their impact on cardiopulmonary bypass.

**Methods:** a prospective observational study of patients undergoing cardiac surgery with CPB was conducted between January-2017 and February-2018. The data provided by CDI and M4 was collected. Arterial and venous blood gases taken from Radiometer ABL90 Flex<sup>®</sup> were used as control. With the first sample, the data of both analyzers were adjusted. A minimum of two samples and a maximum of four were made.

**Results:** 100 patients and 292 samples (32% women) with a mean age of 65.2 ± 11.5 years were studied. The parameters of the CDI and M4 practically did not present significant differences after the first adjustment, and without affecting the clinical practice, except in the bicarbonate and the excess of base where CDI does not adjust to the values. The analysis was done with the Bland / Altman charts, the PCO<sub>2</sub> and PO<sub>2</sub> were better measured by the CDI while Hto, Hb and SvO<sub>2</sub> by M4, which was corroborated comparing the error percentages less than ± 5% in both systems, the significant differences being in the five parameters.

**Conclusions:** both systems provide reliable data, although they require a previous calibration. The M4 allows direct evaluation of data to help a goal directed perfusion.

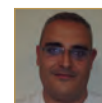
**Keywords:** cardiopulmonary bypass; in line monitoring; blood gas analysis; goal directed perfusion.



**Mariluz Recio Recio**  
Enfermera Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga



**Mª Carmen Santos Palomino**  
Enfermera Perfusionista  
Hospital «Virgen de la Victoria» de Málaga



**Carlos Casado Sánchez**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

**Juan Carlos Santos Palomino**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

**Antonio Cabrera López**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

**Rafael Cid Vivas**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

Juan Carlos Santos Palomino  
Avenida Carlos Haya s/n  
29010 Málaga  
e-mail: pscj17@hotmail.com

Recibido: febrero de 2019  
Aceptado: abril de 2019

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de determinados parámetros en la Circulación Extracorpórea (CEC) se ha convertido en algo imprescindible para la toma de decisiones durante la misma. Desde que se podían hacer gasometrías en el laboratorio, posteriormente se tuvo un analizador de gases sanguíneos cerca y hasta que hace un par de décadas que se dispuso del primer sistema de gases en línea,<sup>1</sup> la evolución ha sido constante en este campo. Mientras que el «gold standard» sigue siendo el analizador de gases en quirófano, donde se pueden obtener los datos en pocos minutos pero cada cierto espacio de tiempo, la medición de gases en línea poco a poco se ha ido imponiendo y se ha convertido en algo común, ya que la información continua permite un ajuste mayor a los parámetros óptimos de perfusión,<sup>2,3,4</sup> lo que facilita el manejo de la CEC y permite la detección precoz de errores en la transferencia de gases de la membrana.<sup>5</sup>

El CDI 500® (Terumo Europe NV, Leuven, Belgium, CDI) lleva, como hemos dicho, más de veinte años en el mercado, pero en realidad sin muchas actualizaciones importantes, que hayan cambiado el comportamiento del sistema, quizás porque casi no ha tenido competencia durante este tiempo. Es una monitorización mínimamente invasiva con dos tipos de sensores distintos, una cubeta para hematocrito (Hto), hemoglobina (Hb) y saturación venosa de oxígeno (SvO<sub>2</sub>); y un sensor para determinación de gases sanguíneos y potasio, normalmente colocado en la parte arterial. En distintos estudios ha presentado una buena correlación de sus datos con los valores analíticos obtenidos en gasómetros y laboratorios.<sup>6,7,8</sup>

Hace solo unos años apareció el System M-M4® (Spectrum Medical, Gloucester, UK, M4), un sistema de medición de gases en línea no invasivo, sin necesidad de material fungible, midiendo una variedad de parámetros mayor que la del CDI, que permiten hacer el cálculo del aporte de oxígeno (DO<sub>2</sub>), consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), ratio entre oxígeno consumido y aportado (ecO<sub>2</sub>ER), medición directa de la fracción expirada de CO<sub>2</sub> (FeCO<sub>2</sub>), total CO<sub>2</sub> extraído (VCO<sub>2</sub>), y el ratio de perfusión, cociente entre aporte y CO<sub>2</sub> extraído (ecPR). Estos parámetros aportan una información mayor y dan la posibilidad de realizar una perfusión dirigida a objetivos. Este sistema tiene actualizaciones frecuentes que han ido mejorando la calidad de sus resultados, aunque en sus inicios no eran tan ajustados como cabía esperar.<sup>9</sup>

Por eso nos hemos planteado como objetivo comparar los datos obtenidos del CDI500® y System M-M4® para valorar la fiabilidad de los resultados y su aplicación en la práctica clínica de la Circulación Extracorpórea tomando como referencia los del gasómetro ABL90 Flex.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, analítico de pacientes adultos intervenidos de cirugía cardiaca con CEC entre enero de 2017 y febrero de 2018 en el Hospital Regional de Málaga. Se usaron simultáneamente ambos aparatos para la medición de gases en línea, M4 y CDI. Como criterios de inclusión fueron cirugía programada, posibilidad de uso del M4 y la realización de un mínimo de 2 controles en el Radiometer ABL90 Flex (Radiometer Medical, Bronshoj, Denmark, ABL90). Como criterios de exclusión consistieron en el uso de CO<sub>2</sub> en el campo quirúrgico y cirugía urgente.

Cada control incluyó una gasometría arterial y venosa realizada en el ABL90, la captura de los datos de la pantalla del CDI y del M4 en el momento de la extracción, así como minuto de CEC, FiO<sub>2</sub>, flujo de gas, flujo de bomba y temperatura. CDI y M4 solo compartían los siguientes parámetros de medición: presión parcial arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>), presión parcial arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>), saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>), SvO<sub>2</sub>, Hto y Hb. El resto de los parámetros del CDI se compararon con los del ABL90, excepto el potasio que no estudió.

Para ambos aparatos se usaron las instrucciones facilitadas por el fabricante para su uso. En el caso del CDI, se realizó la calibración previa, y en el del M4, aparte, se introdujeron los datos pertinentes para el cálculo de los parámetros.

El primer control se realizó tras la primera dosis de cardioplejia y sirvió para ajustar los parámetros de ambos analizadores, de ahí que necesitáramos un mínimo de dos controles para valorar el adecuado funcionamiento de ambos, además en el análisis conjunto de los datos se excluyó ese primer control por este motivo.

El M4 creó un registro de cada paciente en una tabla de cálculo, donde recogieron todos los datos cada 5 segundos, tanto los medidos como los calculados. Se calculó de dicha tabla la media y la desviación estándar de la DO<sub>2</sub>, para comprobar si la medición puntual era similar a la medición continua durante toda la CEC.

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS v 16. Primero se realizó un análisis descriptivo de las variables, todos los datos se expresaron en media ± desviación estándar. Posteriormente se realizó un análisis inferencial en el que usó la correlación de Pearson entre variables cuantitativas, y se aplicó la t de Student para comparación de medias. Como complemento se aplicó el prueba de Bland-Altman,<sup>10</sup> que es un método gráfico que se usa para valorar el grado de acuerdo entre variables cuantitativas, se aplica a casos en los que se requiere medir la diferencia entre un método nuevo con respecto a uno ya establecido, y así poder validar o no el nuevo en función de si resulta fiable y reproducible según los resultados. Para ello, el método de Bland-Altman cuantifica la diferencia media entre ambos

sistemas y un rango de confianza, entre los cuales se espera que se incluyan el 95 % de las diferencias entre una técnica de medida y la otra. Para ello hay que calcular en una variable la diferencia entre la medida de un sistema y el de referencia (eje Y), y esa diferencia se pone en relación con el resultado obtenido con el sistema de referencia (eje X), a su vez se trazan tres líneas, la central, que marca la media de la diferencia entre ambas medidas y los límites superior e inferior del rango de confianza que se obtienen de multiplicar la desviación estándar por 1,96, que serían los límites de acuerdo (LA). Es el propio investigador el que tiene que fijar previamente los límites de las diferencias máximas aceptables en base a criterios biológicos y/o analíticos y en este caso se aceptó una diferencia máxima del 5 %. Cuanto más se acerque la diferencia al 0, será un índice de concordancia de los resultados, otro aspecto importante es la cercanía de los puntos a esta línea, ya que igualmente indicará menos diferencia entre las dos mediciones. A la vez se mantuvieron las escalas iguales en los gráficos relacionados para poder comparar visualmente la dispersión de los puntos. También se calculó el porcentaje de error de cada medición con la efectuada por el ABL, admitiendo como aceptable un error menor al  $\pm 5\%$ , pero teniendo en cuenta que cada aparato en sí puede tener un error del  $\pm 5\%$ , se hizo un grupo entre el  $\pm 5-10\%$  y un tercero mayor al  $\pm 10\%$ . La significación en el resto de las pruebas se fijó  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Se recogieron datos de 100 pacientes, un total de 292 muestras (100 en la primera y segunda cada una, 82 en la tercera y 10 en la cuarta), siendo una media de 2,9 muestras por paciente, un 32 % de mujeres. La edad media fue de  $65 \pm 11$  años. Los tiempos de CEC de  $103' \pm 34'$  y de isquemia de  $75' \pm 28'$ .

Si hacemos un primer análisis cuantitativo, en la tabla I podemos ver los resultados obtenidos por los 3 sistemas de medición en cuanto a la  $\text{PaCO}_2$ ,  $\text{PaO}_2$ ,  $\text{SaO}_2$ ,  $\text{SvO}_2$ , Hto y Hb, diferenciando la primera muestra, la segunda muestra y agrupando la 3ª y 4ª muestra, debido a que el número de cuartas muestras era muy pequeño, así mismo hay que tener en cuenta que en la primera muestra los sistemas de medición CDI y M4 no habían tenido una calibración previa. En la  $\text{PaCO}_2$  aparecen diferencias significativas sobre todo en las últimas muestras: ABL  $37,3 \pm 2,4$  mmHg, CDI  $38,3 \pm 2,7$  mmHg ( $p=0,014$ ) y M4  $38,4 \pm 3,1$  mmHg ( $p=0,009$ ). Mirando inicialmente la  $\text{SvO}_2$ , el CDI antes de ser calibrado, da unos valores significativamente elevados, que se vuelven más ajustados en las siguientes muestras. Algo parecido ocurre con el Hto y la Hb, hace una medición inicial significativamente optimista, que una vez regulado se correlaciona con los datos de los otros dos aparatos.

Centrándonos en el CDI, puesto que el M4 carece de la medición de pH, bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y exceso de base (EB), en la tabla II se pueden observar los resultados obtenidos de estos tres parámetros. Con respecto al pH se mantiene un punto por encima el CDI, con diferencias solo estadísticamente significativas. Mientras que  $\text{HCO}_3^-$  y EB presentan las mayores diferencias que hemos visto en el estudio, tanto en las primeras muestras como en las siguientes, cuya diferencia se va ampliando, ya que estos parámetros no hay posibilidad de calibrarlos directamente (tienen cierta corrección cuando se realiza el ajuste del pH), siendo más llamativo en el EB: 1ª muestra  $-0,4 \pm 3,0$  vs  $1,3 \pm 3,5$  ( $p < 0,0001$ ) y última muestra  $-0,8 \pm 2,5$  vs  $1,7 \pm 2,6$  ( $p < 0,0001$ ).

Si aplicamos el método gráfico de Bland-Altman para la  $\text{PaCO}_2$  (Figura 1), la medias son  $0,74 \pm 1,53$  (LA  $-2,25$  y  $3,73$ ) en el CDI y  $0,57 \pm 2,25$  (LA  $-3,84$  y  $4,98$ ) en el M4, aunque la media es ligeramente inferior en este último, al tener una desviación estándar mayor hace que los límites de acuerdo sean más amplios, por lo que podemos ver una mayor dispersión de puntos en el gráfico del M4. En el caso de la  $\text{PaO}_2$  (Figura 2) ocurre algo parecido, CDI  $-1,1 \pm 29,0$  (LA  $-57,9$  y  $55,7$ ) y M4,  $7,1 \pm 37,5$  (LA  $-66,4$  y  $80,6$ ). En la Figura 3, los cuales se han agrupado por su interrelación Hto y Hb, los datos son  $0,05 \pm 1,6$  (LA  $-3,18$  y  $3,08$ ) y  $0,17 \pm 0,62$  (LA  $-1,04$  y  $1,38$ ) en el CDI y de  $0,35 \pm 1,45$  (LA  $-3,19$  y  $2,49$ ) y  $0,04 \pm 0,5$  (LA  $-0,94$  y  $1,02$ ) en el M4. En estas variables existe una mayor dispersión en la diferencia media de los valores registrados por el CDI. Lo mismo se puede ver en la figura 4 con la  $\text{SvO}_2$ , el CDI presenta  $1,27 \pm 4,24$  (LA  $9,61$  y  $-7,09$ ), mientras que M4 tiene  $0,38 \pm 3,54$  (LA  $7,31$  y  $-6,55$ ).

Si analizamos el margen de error que hemos fijado que sea menor al  $\pm 5\%$ , los resultados vienen a coincidir con los gráficos de Bland-Altman, la  $\text{PaCO}_2$  y la  $\text{PaO}_2$  presentan un menor error en la medición del CDI si la comparamos con el M4. Mientras que ocurre lo contrario cuando nos referimos a Hto, Hb y  $\text{SvO}_2$ , donde existe un mayor acuerdo entre M4 y ABL (Tabla III). Si comparamos los grupos  $< 5\%$ , en todos los parámetros hay diferencias significativas.

Si comparamos las medias de  $\text{DO}_2$  de la medición continua y de la medición puntual, vemos que es ligeramente superior la medición puntual sin ser significativa ( $261 \pm 43$  vs  $255 \pm 44$ , ns), pero podemos ver en la Figura 5 que la correlación entre ambas medidas es prácticamente absoluta ( $r=0,925$ ).

## DISCUSIÓN

En primer lugar, no se puede olvidar que tanto CDI como M4, según recomendaciones de los fabricantes, deben ser usados como aparatos de medición de tendencias, así como aconsejan hacer un ajuste tras la primera muestra obtenida del gasómetro. Por lo que aún no podemos pres-

cindir de los datos de referencia de dicho gasómetro durante toda la CEC, pues ambos aparatos pueden facilitar datos que pueden no ajustarse a la realidad de forma puntual.

Una vez dicho esto, la variación en las medidas de CDI y M4 comparadas con ABL90, aunque haya diferencias significativas en los resultados, es mínima, lo que de forma inicial ambos aparatos nos aportarían datos fiables de cara a la aplicación clínica durante la CEC, teniendo en cuenta lo dicho en el párrafo anterior. Lo que no se puede perder de vista es que el M4 nos facilita parámetros continuos de  $DO_2$ ,  $VO_2$ ,  $ecO_2ER$ ,  $FeCO_2$ ,  $VCO_2$  y  $ecPR$ , que nos facilitan una perfusión dirigida a objetivos, aunque algunos de ellos se podrían calcular con datos del CDI, hay otros que no. Es un nivel superior de información para el perfusionista.

Primeramente, en la  $PCO_2$  arterial vemos que no existen diferencias entre los aparatos incluso sin haber sido calibrados M4 y CDI, lo mismo ocurre en la segunda muestra y aunque en la tercera hay diferencias significativas, estas no lo son en el aspecto clínico, al existir una mínima diferencia de 1 mmHg, si hablamos de comparar las medias. Mientras que si la analizamos mediante los gráficos de Bland-Altman, vemos que el valor medio es muy similar, pero las líneas de acuerdo difieren bastante entre ambos, viéndose claramente una mayor dispersión en el gráfico del M4, a la vez que presenta una tendencia a sobrestimar valores bajos de  $PCO_2$  y subestimar los valores altos. Si se valora el porcentaje inferior al 5%, el 79,4 % es el acuerdo del CDI con el ABL, mientras que 62,5 % en el M4. ( $p=0,006$ )

La  $PO_2$  se encuentra bien relacionada entre todos los aparatos en la Tabla I. Sin embargo, en los gráficos Bland-Altman se puede observar una media más cercana a cero y unos límites de acuerdo más ajustados para el CDI, así como una mayor concentración de los puntos en torno a la línea media. Por el contrario, en el M4 se identifica una mayor dispersión de los puntos y una tendencia a sobrestimar los valores más bajos y a subestimar los valores más altos de  $PO_2$  igual que ocurría con el parámetro anterior. Además, es el parámetro que menos valores tiene por debajo del 5%, 42,5 % para CDI y 28,1 % para M4, y lo podemos explicar diciendo que tratamos un valor alto (media en torno a 190). Aun así, si aceptamos valores inferiores al 10 %, los porcentajes serían 73,9 para CDI y solo un 50,5 para el M4 siendo sus diferencias significativas ( $p<0,0001$ )

Con respecto a la  $SaO_2$ , ni M4 ni CDI aportan decimales lo que hace que las diferencias numéricas no deban ser tenidas muy en cuenta, ya que no superan las 2-3 décimas por lo que no se ha seguido analizando en mayor profundidad como el resto de los parámetros.

Si nos vamos al lado venoso en el CDI en la Tabla I, los parámetros  $SvO_2$ , Hto y Hb de forma inicial presentan diferencias significativas con respecto a las medidas de ABL90, llegando a ser de relevancia clínica, pero una vez ajustado, las mediciones tuvieron coincidencia casi completa. Por el

contrario, el M4 tuvo un comportamiento similar al ABL90 durante toda la CEC. En los gráficos Bland-Altman para Hto y Hb, vemos que, aunque el valor medio del Hto en el CDI es más próximo a 0, existe una mayor dispersión en los puntos con un margen de acuerdo más amplio, además se pueden observar que las diferencias fuera del rango se dan tanto en valores bajos como en valores altos. Igualmente, en la Hb se observa una menor dispersión en los puntos del M4, teniendo un buen ajuste en valores inferiores a 10 gr/dl, cosa que no ocurre con el CDI. En los gráficos de la  $SvO_2$  existe una distribución parecida, aunque los valores del M4 están menos dispersos (valor medio más cercano a 0 y líneas de acuerdo más próximas). Se observa en ambos que sobrestiman cuando hay una  $SvO_2$  baja y tienen tendencia a infravalorarla cuando hay una  $SvO_2$  más alta. Centrándonos en los porcentajes, en el Hto, la diferencia es la menor que se ha apreciado, 82,8 % en M4 contra 77,6 % en el CDI, aunque sigue siendo significativa ( $p<0,0001$ ). En la Hb esa diferencia se amplía desde 79,2 % a 69,3 % ( $p<0,0001$ ). Siendo para la  $SvO_2$  de 78,6 vs 72,4, a favor también del M4 ( $p<0,0001$ ). En este aspecto nuestros resultados presentan diferencias con el estudio realizado por Reagor,<sup>9</sup> donde CDI sale mejor parado en cuanto a  $SvO_2$  y Hb. Pensamos que las actualizaciones del M4 posteriores a la publicación de su artículo probablemente han mejorado la medición de estos parámetros.

Los parámetros del CDI a los que menos se ajustan los resultados son el bicarbonato y exceso/defecto de base, con el problema añadido de que no se pueden calibrar, tan solo el ajuste del pH los modifica. Durante la CEC las diferencias solo van aumentando, llegando a un nivel donde puede comprometer la decisión de administrar bicarbonato sódico o no (son 2,5 puntos de diferencia). La alternativa es trabajar con la tendencia y tener la referencia del ABL90 antes de corregir el defecto de base.

Digamos que en nuestro caso, la medida puntual de  $DO_2$  es muy similar a la medida continua y era una forma de controlar que no se cambiaban determinados valores para la toma de la muestra y así obtener unos mejores resultados. Por lo que para futuros estudios no sería imprescindible el cálculo de la media de los datos registrados en el M4.

## CONCLUSIONES

Tanto CDI como M4, son aparatos de tendencias que necesitan tanto una calibración inicial como un control durante la CEC con los datos de un gasómetro, que continúa siendo el estándar de oro. Aun siendo los datos de ambos aparatos fiables, el M4 va un paso por delante pues permite cambiar la práctica clínica y realizar una perfusión dirigida a objetivos.

**CONFLICTO DE INTERES**

Los autores no presentan conflictos de intereses

**REFERENCIAS**

- Southworth R, Sutton R, Mize S, Stammers AH, Fristoe LW, Cook D, et al. Clinical evaluation of a new in-line continuous blood gas monitor. *J Extra Corpor Technol.* 1998;30(4):166-172.
- Trowbridge CC, Vasquez M, Stammers AH, Glogowski K, Tremain K, Niimi K, et al. The effects of continuous blood gas monitoring during cardiopulmonary bypass: a prospective, randomized study--Part II. *J Extra Corpor Technol.* 2000;32(3):129-137.
- Trowbridge CC, Vasquez M, Stammers AH, Glogowski K, Tremain K, Niimi K, et al. The effects of continuous blood gas monitoring during cardiopulmonary bypass: a prospective, randomized study--Part I. *J Extra Corpor Technol.* 2000;32(3):120-128.
- Ottens J, Tuble SC, Sanderson AJ, Knight JL, Baker RA. Improving cardiopulmonary bypass: does continuous blood gas monitoring have a role to play? *J Extra Corpor Technol.* 2010;42(3):191-198.
- Santos JC, Recio ML, Santos MC, Cabrera A, Cid R, Romero LM, et al. Fallo progresivo en la transferencia de gases de un oxigenador: interposición de una nueva membrana en serie. *Rev Esp Perfus.* 2018;64:5-10.
- Fried DW, Leo JJ, Mattioni GJ, Mohamed H, Rector RP, Weber F, et al. CDI Blood Parameter Monitoring System 500--a new tool for the clinical perfusionist. *J Extra Corpor Technol.* 2000 Mar;32(1):25-30. PubMed PMID: 10947620.
- Santos JC, Rodriguez R, Santos MC, Romero R. Evaluación del analizador de gases en línea CDI 500 como sistema de control en la infusión de K+ en un protocolo simplificado de miniplejía. *Rev Esp Perfus.* 2008;45:11-16.
- Bellaiche AL, Nielsen PF, Brantlov S, Møller MB, Winterdahl M. Clinical evaluation of the accuracy and precision of the CDI 500 in-line blood gas monitor with and without gas calibration. *J Extra Corpor Technol.* 2011;43(2):53-57.
- Reagor JA, Gao Z, Lombardi JP, Millin BB, Tweddell JS, Cooper DS. Accuracy of the Spectrum Medical M4 and Terumo CDI 500 compared to the Radiometer ABL90 FLEX benchtop blood analyzer. *Perfus (United Kingdom).* 2017;32(7):523-528. doi:10.1177/0267659117702710
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England).* 1986;1(8476):307-310. doi:10.1016/S0140-6736(86)90837-8

**Tabla I. Valores de la PCO<sub>2</sub>, PO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, SvO<sub>2</sub>, hematocrito y hemoglobina**

		1ª MUESTRA		2ª MUESTRA		3ª-4ª MUESTRA	
		Media ± DE	p	Media ± DE	p	Media ± DE	p
PCO <sub>2</sub>	ABL90	38,5 ± 3,1	-	37,3 ± 2,5	-	37,3 ± 2,4	-
	CDI	38,4 ± 2,8	NS	37,9 ± 2,2	NS	38,3 ± 2,7	0,014
	M4	38,5 ± 3,1	NS	37,6 ± 2,3	NS	38,4 ± 3,1	0,009
PO <sub>2</sub>	ABL90	188 ± 44	-	179 ± 36	-	190 ± 49	-
	CDI	194 ± 43	NS	180 ± 33	NS	186 ± 43	NS
	M4	193 ± 45	NS	186 ± 32	NS	193 ± 37	NS
SaO <sub>2</sub>	ABL90	99,6 ± 0,5	-	99,5 ± 0,5	-	99,5 ± 0,5	-
	CDI	99,5 ± 0,6	NS	99,4 ± 0,5	NS	99,4 ± 0,7	NS
	M4	99,8 ± 0,5	0,03	99,8 ± 0,4	0,001	99,8 ± 0,3	0,001
SvO <sub>2</sub>	ABL90	76,4 ± 5,9	-	76,0 ± 5,9	-	73,9 ± 6,4	-
	CDI	81,2 ± 5,1	,0001	77,8 ± 4,9	0,018	74,6 ± 5,8	NS
	M4	76,6 ± 3,1	NS	76,7 ± 5,0	NS	73,9 ± 5,7	NS
Hto	ABL90	30,1 ± 4,6	-	31,0 ± 4,6	-	30,8 ± 4,4	-
	CDI	32,3 ± 5,4	,003	30,9 ± 5,0	NS	30,8 ± 4,5	NS
	M4	30,1 ± 5,0	NS	30,7 ± 4,5	NS	30,6 ± 4,1	NS
Hb	ABL90	9,9 ± 1,5	-	10,2 ± 1,5	-	10,1 ± 1,4	-
	CDI	10,8 ± 1,9	,0001	10,3 ± 1,7	NS	10,3 ± 1,6	NS
	M4	9,9 ± 1,6	NS	10,2 ± 1,5	NS	10,1 ± 1,3	NS

Tabla II. Valores de pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y EB en ABL y CDI

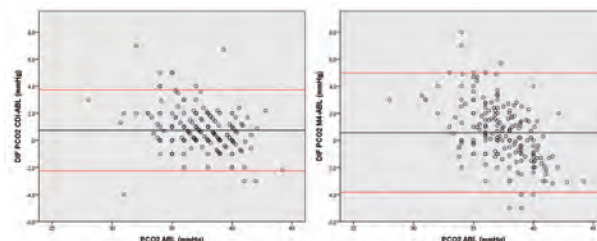
		1ª MUESTRA		2ª MUESTRA		3ª-4ª MUESTRA	
		Media ± DE	p	Media ± DE	p	Media ± DE	p
pH	ABLgo	7,40 ± 0,04	-	7,41 ± 0,04	-	7,41 ± 0,04	-
	CDI	7,41 ± 0,05	,034	7,42 ± 0,05	NS	7,42 ± 0,05	0,023
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ABLgo	24,2 ± 2,4	-	24,1 ± 2,1	-	23,8 ± 2,1	-
	CDI	25,2 ± 3,0	0,016	25,1 ± 2,3	0,002	25,5 ± 2,2	,0001
EB	ABLgo	-0,4 ± 3,0	-	-0,4 ± 2,7	-	-0,8 ± 2,5	-
	CDI	1,3 ± 3,5	,0001	1,4 ± 2,8	,0001	1,7 ± 2,6	,0001

Tabla III. Porcentaje de error en comparación con ABL90

	SISTEMA	%	N	%
PCO <sub>2</sub>	CDI (n=192)	<5%	153	79,7
		5-10%	28	14,6
		>10%	11	5,7
	M4 (N=192)	<5%	120	62,5
		5-10%	51	26,6
		>10%	21	10,9
PO <sub>2</sub>	CDI (n=192)	<5%	93	48,4
		5-10%	49	25,5
		>10%	50	26,0
	M4 (N=192)	<5%	54	28,1
		5-10%	43	22,4
		>10%	95	49,5
HTO	CDI (n=192)	<5%	149	77,6
		5-10%	30	15,6
		>10%	13	6,8
	M4 (N=192)	<5%	159	82,8
		5-10%	24	12,5
		>10%	9	4,7
HB	CDI (n=192)	<5%	133	69,3
		5-10%	38	19,8
		>10%	21	10,9
	M4 (n=192)	<5%	152	79,2
		5-10%	28	14,6
		>10%	12	6,3
SV0 <sub>2</sub>	CDI (n=192)	<5%	139	72,4
		5-10%	33	17,2
		>10%	20	10,4
	M4 (N=192)	<5%	151	78,6
		5-10%	30	15,6
		>10%	11	5,7

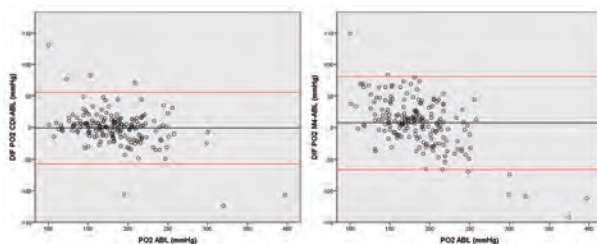
Mientras que para PCO<sub>2</sub> y PO<sub>2</sub> el CDI presenta mayor porcentaje de acuerdo con los resultados del ABL, el M4 lo hace para Hto, Hb y SvO<sub>2</sub>. Las diferencias entre ambos sistemas en los valores inferiores al 5% fueron significativas en las cinco variables.

Figura 1. Gráfico Bland-Altman para análisis de la PCO<sub>2</sub>



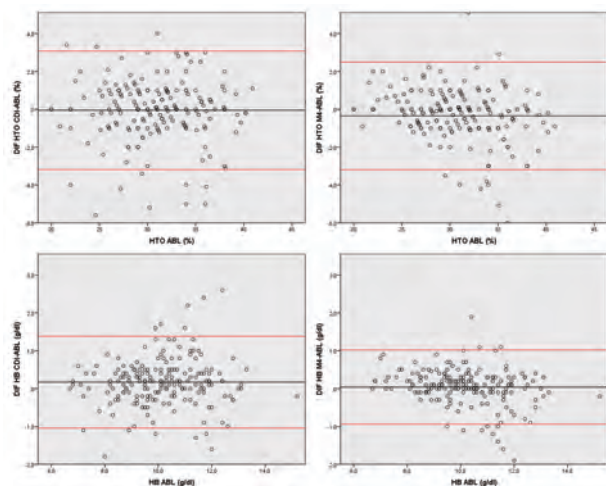
Existe una mayor agrupación de los datos en el CDI, aunque el valor medio es muy similar, las líneas de acuerdo difieren bastante entre ambos, viéndose claramente una tendencia en M4 de sobre estimar valores bajos de PCO<sub>2</sub> y subestimar los valores altos.

Figura 2. Gráfico Bland-Altman para la PO<sub>2</sub>



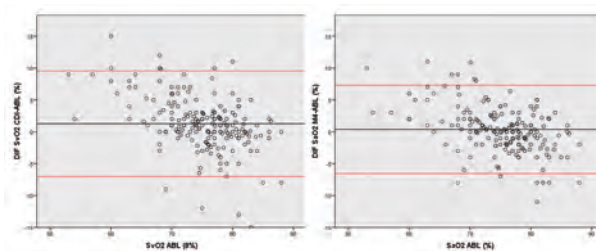
Se observa una media más cercana a cero y unos límites de acuerdo más ajustados para el CDI, así como una mayor concentración de los puntos en torno a la línea media. Mientras que en el M4 se identifica una mayor dispersión de los puntos y una tendencia a sobrestimar los valores más bajos y a subestimar los valores más altos de PO<sub>2</sub>.

Figura 3. Gráfico Bland-Altman para hematocrito y hemoglobina



Aunque el valor medio del Hto en el CDI es más próximo a 0, existe una mayor dispersión en los puntos que hace que el margen de acuerdo sea más amplio, además se puede observar las diferencias fuera del rango dan tanto a valores bajos como a valores altos. Mientras en la Hb se observa una menor dispersión en los puntos del M4, teniendo un buen ajuste en valores inferiores a 10 gr/dl, cosa que no ocurre con el CDI..

Figura 4. Gráfico Bland-Altman para la SvO<sub>2</sub>



Existe en los dos gráficos una distribución parecida, aunque los valores del M4 están menos dispersos (valor medio más cercano a 0 y líneas de acuerdo más próximas). Se observa en ambos que sobreestiman cuando hay una SvO<sub>2</sub> baja y tienen tendencia a infravalorarla cuando hay una SvO<sub>2</sub> más alta.

Figura 5. Relación entre la medición puntual y continua de DO<sub>2</sub>

