



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN "SALVADOR ZUBIRÁN"

EFFECTO DEL TIEMPO DE ESPERA Y LA MODIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS
RESULTADOS DE LA GASOMETRÍA VENOSA CENTRAL

Resultados de un Estudio Piloto

TESIS DE POSGRADO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALIDAD MÉDICA EN:

MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO

PRESENTA:

DR. CARLOS TORRUCO SOTELO

ASESOR DE TESIS:

DR. SILVIO ÑAMENDYS SILVA



MÉXICO D.F. 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AUTORIZACIÓN

DR. LUIS FEDERICO USCANGA DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE ENSEÑANZA

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN "SALVADOR ZUBIRÁN"

DR. J. GUILLERMO DOMÍNGUEZ CHERIT

SUBDIRECTOR DE MEDICINA CRÍTICA

PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN "SALVADOR ZUBIRÁN"

AGRADECIMIENTOS

A Verónica, a mis Padres y a mis Hermanos por darme el ejemplo, brindarme su apoyo incondicional para todos mis proyectos y por estar siempre junto a mí en los momentos difíciles.

Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán” por continuar formándome como médico y ser humano, porque cada día en él es una enseñanza más, y porque entre sus paredes he aprendido la verdadera naturaleza de la medicina.

ÍNDICE

01.- MARCO TEÓRICO	5
02.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
03.- JUSTIFICACIÓN	11
05.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO	12
06.- METODOLOGÍA	13
07.- RESULTADOS	15
08.- DISCUSIÓN	17
09.- CONCLUSIONES	19
10.- ANEXOS	20
11.- BIBLIOGRAFÍA	24

MARCO TEÓRICO

Las gasometrías son una herramienta de gran utilidad hoy en día en cualquier unidad de cuidados intensivos. Los datos obtenidos a través de ella son básicos para el manejo ventilatorio, el abordaje de trastornos ácido-base y de la oxigenación, valorar perfusión, guiar el tratamiento de reanimación (p.e. terapia dirigida por metas), además de aportar datos que tienen valor pronóstico (lactato y saturación venosa central de oxígeno).

Los estudios gasométricos pueden realizarse en sangre arterial o venosa (periférica, central o mixta), dependiendo de cual es el parámetro que se desea obtener en un determinado paciente.

Con respecto a las gasometrías venosas centrales (GVC), los parámetros que reciben especial atención de ella son: el pH, la presión parcial de CO₂ (PCO₂), la presión parcial de O₂ (PO₂), la saturación venosa central de O₂ (ScvO₂), el bicarbonato (HCO₃) y el lactato.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA, MATERIAL DE LAS JERINGAS Y EL TIEMPO DE RETRASO EN EL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS SANGUÍNEAS PARA LAS GASOMETRÍAS

Las recomendaciones actuales para el procesamiento de muestras sanguíneas arteriales son variadas, debido a que desde la introducción de las jeringas de plástico en los años 70's se han realizado varios estudios acerca de los efectos del tiempo de almacenamiento y la temperatura en los gases arteriales. Los resultados respecto al pH, PaO₂ y PaCO₂ no han sido consistentes, llegándose a diferentes conclusiones debido a la diferencia en los diseños de los estudios, diferentes volúmenes sanguíneos utilizados, valores iniciales de O₂ en las muestras, ausencia de muestras control en algunos de ellos, tamaño de las jeringas, tipo de jeringas usadas (plástico o cristal) y diferentes concentraciones de oxígeno. Hasta el momento no se han realizado estudios de este tipo realizados en muestras venosas centrales.

Se cuentan con recomendaciones de 3 guías de práctica clínica para el manejo de preanalítico de las muestras arteriales, dos de ellas son de la Asociación Americana de Terapia Respiratoria^[01, 02], y la tercera es del Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio de Estados Unidos^[03].

La primera de ellas recomienda que las muestras sean enfriadas inmediatamente, o analizadas dentro de los primeros 10 a 15 minutos (a temperatura ambiente), teniendo en cuenta que las muestras enfriadas en hielo pueden ser analizadas hasta 1 hora después de la toma^[01].

Otra de las guías refiere como contraindicación el analizar una muestra sanguínea almacenada por más de 30 minutos en jeringas de plástico^[02].

Las guías de el Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio refiere que las jeringas de plástico no deben ser puestas en hielo o agua con hielo, sino que deben quedarse a temperatura ambiente y analizadas dentro de los primeros 30 minutos de la toma, y que se deben usar jeringas de cristal cuando el análisis se vaya a realizar después de 30 minutos de la recolección^[03].

Además, en estudios de material, parece ser que por el tamaño de los poros y la densidad de los mismos en las jeringas de plástico, el O₂ tiende a difundir de 4 a 150 veces con mayor facilidad a través de este material respecto al cristal^[04].

A continuación se describen los resultados de los estudios más significativos al respecto:

Knowles TP et al^[03] encontraron que la PaO₂ se incrementa de manera significativa en las jeringas de plástico almacenadas por 30 minutos a 22°C o a 0-4°C, siendo dicho incremento de 11.9 y 13.7 mmHg respectivamente. La PaCO₂ disminuyó en promedio 1.5 mmHg en las muestras se almacenaron en jeringas de cristal por 30 minutos a 0-4°C. Los autores concluyeron que para un resultado preciso, las muestras obtenidas en jeringas de plástico deben ser analizadas inmediatamente. Si no es posible el análisis inmediato, las muestras deben ser almacenadas en jeringas de cristal.

Liss HP et al^[05] encontraron que los valores promedio de PO₂, PCO₂ y pH a 0, 15 y 30 minutos en muestras almacenadas a temperatura ambiente y a 0 - 4 °C no fueron diferentes. Sin embargo, dentro de cada grupo si encontraron cambios estadísticamente diferentes con el transcurso de los minutos. La PO₂ se incrementó en relación al retraso del análisis de las muestras, siendo éste aumento mayor en las muestras almacenadas a 0 – 4 °C ; tanto la PCO₂ como el pH disminuyeron de manera significativa, siendo de menor magnitud en las muestras almacenadas a 0 – 4 °C.

Concluyen que no hay razón para almacenar una muestra arterial en hielo siempre y cuando ésta se analice dentro de los primeros 30 minutos.

Smeenk JDJ et al^[06] reportan que en su estudio que la PaO₂ se mantuvo estable en las muestras almacenadas en jeringas de cristal hasta por 60 minutos, todas las demás muestras mostraron una disminución significativa en la PaO₂ (de 15 a 214.5 mmHg). Determinaron que la disminución por efecto de difusión a través de las jeringas de plástico fue de 0.375 mmHg/min, y debido al metabolismo celular fue de 0.825 mmHg/min.

Así mismo, encontraron un aumento significativo de la PaCO₂ en las muestras almacenadas en jeringas de cristal a temperatura ambiente y analizadas después de 120 minutos, y en las muestras almacenadas en jeringas de plástico a temperatura ambiente con un retraso del análisis de 60 minutos o más.

Al realizar el cálculo de cortocircuitos, éstos se sobrestimaron aproximadamente en 0.8 a 9.9%, cuando no se utilizaron muestras almacenadas en jeringas de cristal y analizadas inmediatamente.

Nanji AA et al^[07] encontraron que el pH disminuyó tanto en las muestras almacenadas a temperatura ambiente como en hielo, siendo esta disminución mayor en las de temperatura ambiente. La PCO₂ mostró un incremento con el tiempo de retraso en el análisis, siendo éste mayor en las muestras almacenadas a temperatura ambiente, y la PO₂ disminuyó con el tiempo, siendo esta disminución significativa (p < 0.01) a partir de 20 minutos de retraso en el análisis.

Beaulieu M et al^[08] reportan una disminución significativa ($p < 0.001$) de la PO_2 con el tiempo de retraso de análisis en las muestras almacenadas a $22^\circ C$, mientras que se incrementó de manera significativa ($p \leq 0.005$) en las almacenadas en hielo. Además de tener cambios opuestos, los cambios en las muestras almacenadas a temperatura ambiente fueron mucho mayores en magnitud que las almacenadas en hielo. Además, los cambios en el PO_2 fueron dependientes de la concentración de dicho gas en las muestras sanguíneas, aumentando cuando la PO_2 inicial era menor de 250 mmHg y disminuyendo cuando la PO_2 fue mayor de esta cifra.

Consideraron que los cambios observados con el tiempo en la PO_2 de las muestras almacenadas en hielo son consecuencia del aumento en el coeficiente de solubilidad del O_2 en el plasma, además del aumento en la afinidad de la hemoglobina por el O_2 , ambos causados por la disminución en la temperatura de las muestras, todo en conjunto con la exposición a la presión parcial del O_2 en el agua a $4^\circ C$ (270 mmHg).

La PCO_2 y el pH cambiaron también de manera significativa ($p < 0.001$) con el tiempo en ambos grupos (la PCO_2 se incrementó y el pH disminuyó), los cuales fueron casi 3 veces mayores en las muestras almacenadas a $22^\circ C$.

Harsten A et al^[09] en muestras almacenadas en jeringas de cristal en agua con hielo solo se encontraron cambios significativos en el pH ($p < 0.02$), el cual disminuyó en promedio 0.02 unidades. La PO_2 y la PCO_2 permanecieron sin cambios.

En las muestras almacenadas a temperatura ambiente en jeringas de plástico se observaron cambios significativos en la PO_2 después de 20 minutos ($p < 0.001$) y, en la PCO_2 , después de 40 minutos ($p < 0.001$).

Encontraron que las burbujas de aire en las muestras causan alteraciones en la determinación de la PO_2 después de los 60 segundos (aumento) y en la PCO_2 (disminución) solo después de 30 minutos de exposición.

Pretto JJ y Rochford PD^[10] reportan una disminución significativa de la PO_2 en relación al retraso del análisis de las muestras almacenadas a temperatura ambiente después de 5 minutos. La disminución fue mayor en las jeringas de plástico (9.1 mmHg/minuto) que en las de cristal (3.7 mmHg/minuto). En las muestras almacenadas en agua con hielo con jeringas de plástico, la disminución de la PO_2 fue de 1.4 mmHg/minuto, y en jeringas de cristal de 0.33 mmHg/minuto.

Los cambios en la PCO_2 fueron menos dramáticos, disminuyendo 3.5 mmHg en el periodo de 2 horas en las jeringas de plástico a temperatura ambiente, y de 5.3 mmHg en el mismo periodo para las muestras almacenadas en jeringas de cristal.

En cuanto al pH, reportan una caída de 0.01 unidades en ambos tipos de jeringas (cristal y plástico) almacenadas en agua con hielo durante un periodo de 2 horas, y de 0.04 a 0.05 en las muestras dejadas a temperatura ambiente.

En los 60's *Sigaard Andersen*^[11] publicó un estudio en el que evaluó los cambios en el pH, PCO₂ y EB asociado al almacenamiento de las muestras de sangre capilar a diferentes temperaturas y a diferentes intervalos. Reportó una disminución del pH de aproximadamente 0.066 ± 0.014 unidades por hora e la sangre almacenada a 38°C, y de 0.026 ± 0.006 unidades por hora en la que se almacenó a 22 - 24 °C.

Restall RV et al^[12] evaluaron la fuga de O₂ a través de jeringas de plástico de polipropileno o de cristal almacenadas en agua con hielo o a temperatura ambiente. Reportaron que la PO₂ aumentó en relación al tiempo de retraso en el análisis en las muestras sanguíneas con concentraciones de PO₂ de 0 a 90 mmHg, pero una disminución en aquellas muestras con PO₂ de 665 mmHg, siendo dichos cambios más pronunciados en las muestras almacenadas en jeringas de plástico.

Biswas CK et al^[13] publicaron un estudio en los 80's en donde encontraron que no existió ningún cambio significativo en los valores de pH, bicarbonato, EB y PCO₂ hasta por 30 minutos de almacenamiento de las muestras en cualquiera de las 3 temperaturas evaluadas (22, 4 y 0°C). Sin embargo, si se observaron cambios significativos en éstos 3 parámetros después de 120 minutos a temperaturas de 0°C.

En cuanto a la PO₂, se observó una disminución significativa ($p < 0.001$) en muestras almacenadas a temperatura ambiente (22°C) y en las muestras almacenadas a 4°C ($p < 0.02$), ambas a partir de los 20 minutos. En las muestras almacenadas en agua con hielo (0°C), se observaron cambios significativos hasta los 60 minutos de almacenamiento ($p < 0.025$).

Al evaluarse el efecto de la presencia de burbujas de diferentes tamaños (0.1, 0.2 y 0.5 ml) se observaron cambios significativos en la PO₂ después de 2 minutos ($p < 0.0005$) y en la PCO₂ después de 3 minutos de exposición ($p < 0.0025$). No encontraron diferencias de efecto entre los diferentes tamaños de las burbujas.

El estudio de *Lenfant C y Aucutt C*^[14] analizaron el efecto en la PO₂ y PCO₂ en muestras arteriales o venosas almacenadas a 37°C. Reportan que en muestras con PO₂ > 150 mmHg tuvieron una disminución de 2.7 mmHg/minuto y la PCO₂ se incrementó 0.11 mmHg/minuto.

Finalmente *Scott PV et al*^[15] estudiaron también el efecto de diferentes temperaturas (37 y 4 °C) y el tiempo de almacenamiento sobre la PO₂ de muestras de sangre con diferentes concentraciones iniciales de oxígeno. Encontraron que las muestras con PO₂ iniciales de 650 mmHg cursaron con una disminución de la concentración de dicho gas, la cual fue menor en las muestras almacenadas a 4 °C; mientras que las muestras con PO₂ iniciales de 100 mmHg tuvieron un incremento, el cual fue mayor en las muestras almacenadas a 4 °C.

HURTO LEUCOCITARIO Y PLAQUETARIO

En el intervalo de tiempo que pasa entre la toma de la sangre arterial y su análisis gasométrico, la PaO₂ y el pH tienden a disminuir, y la PaCO₂ tiende a aumentar. La magnitud de estos cambios está

influencia por la temperatura, además de otros factores como la presión parcial inicial de ambos gases, así como con la cantidad inicial de leucocitos y plaquetas en la muestra. La cifra de eritrocitos no parece influir debido a que el metabolismo de éstos es por vía anaerobia, a menos que la muestra tenga cifras altas de reticulocitos, los cuales tienen un consumo mayor de O_2 .

Con cifras normales de leucocitos y plaquetas, el consumo total de cada uno de éstos tipos de células es el mismo, debido a que los leucocitos consumen cerca de 45 veces más O_2 , pero las plaquetas superan al número de leucocitos en 50 veces^[16].

Como ha sido demostrado con anterioridad^[16, 17], no solo la cifra total de leucocitos o plaquetas influyen en la tasa de disminución de O_2 de las muestras, sino también, el tipo de leucocito que se encuentre aumentado, así como el grado de maduración de los mismos.

En orden descendente de consumo de O_2 están los monocitos, seguidos por los granulocitos y los linfocitos. Los monocitos aumentan su tasa de consumo de O_2 a medida que su maduración progresa, mientras que el consumo disminuyen con el grado de maduración en los granulocitos y linfocitos^[16].

El enfriar a cero grados las muestras puede disminuir el descenso falso en la PO_2 de las muestras de pacientes con leucocitosis o trombocitosis, pero no lo puede abolir totalmente, lo que no impide que se reporten hipoxemias falsas en la sangre arterial o venosa mixta, lo anterior ha sido denominado como por algunos autores como "hurto leucocitario y plaquetario"^[16, 17].

Con todos los datos antes mencionados, se puede pensar en las gasometrías venosas centrales como un atractivo sustituto de las gasometrías arteriales en los pacientes críticamente enfermos, sin embargo, actualmente desconocemos el efecto que una mala manipulación de las muestras tiene sobre el resultado obtenido a partir de ellas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No se desconoce el impacto que tiene la manipulación de las muestras durante la fase preanalítica de las GVC (tiempo de espera antes del análisis y la mejor temperatura en la que se deben de conservar las muestras), y su influencia sobre los datos obtenidos a partir de dichas muestras.

Cualquier alteración de los valores de la PO_2 en una GVC se podría ver reflejada en cambios significativos de la $ScvO_2$, debido a que a las concentraciones de O_2 en la sangre venosa central, la curva de disociación de la oxihemoglobina se encuentra sobre la porción ascendente. Hecho que no parece afectar la SaO_2 , dado a las concentraciones de O_2 que tiene la sangre arterial, la curva se encuentra en la porción plana, pudiendo haber cambios de algunos milímetros de mercurio sin que se altere la saturación de oxígeno en las gasometrías arteriales.

Además de lo anterior, se desconoce cual es el impacto del tiempo y la temperatura en las determinaciones de PCO_2 , HCO_3 , EB y lactato de las muestras venosas centrales.

Es posible que la manipulación inadecuada de las muestras de sangre venosa central produzca alteraciones substanciales en la $ScvO_2$, pH, PCO_2 , HCO_3 , EB y Lactato, que lleven a abordajes y manejos inapropiados de los pacientes en las unidades de cuidados intensivos y servicios de urgencias.

JUSTIFICACIÓN

Es importante determinar la mejor forma de preservar las muestras sanguíneas venosas centrales para su posterior análisis, de manera que puedan hacerse modificaciones en las políticas institucionales para mejorar la calidad en la atención de nuestros pacientes.

Actualmente no hay reportes en relación al impacto del tiempo y la temperatura en los resultados de las gasometrías venosas centrales.

El resultado de este estudio podría favorecer la disminución de costos generados por la repetición de estudios gasométricos por sospecha de resultados alterados por mala manipulación de las muestras, o al evitar solicitar estudios en momentos en los que por cualquier motivo las muestras no puedan ser analizadas en la forma y tiempos adecuados.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo General

Determinar la mejor forma de transportar y preservar las muestras sanguíneas para los estudios gasométricos venosos centrales.

Objetivo Específico

Determinar el impacto que tiene el conservar las muestras en agua con hielo (0 a 4°C) sobre la ScvO₂, PO₂, PCO₂, HCO₃ y lactato.

Determinar el impacto que tiene el retraso en el análisis de las muestras sanguíneas venosas centrales, sobre la ScvO₂, PO₂, PCO₂, HCO₃ y lactato.

METODOLOGÍA

A. Tipo de Estudio

Prospectivo y comparativo.

B. Descripción de la Intervención

Previa obtención de consentimiento informado por parte del paciente o su familiar responsable y una vez que por indicación médica se requiera de la toma de una gasometría venosa central, se tomarán con técnica de descarte de 3 ml de sangre (protocolo habitual en Instituto), 10 ml extras de sangre venosa (almacenadas en 5 jeringas con 2 ml cada una) a través del lumen distal del catéter venoso central, utilizando jeringas de plástico para extracción de sangre arterial BD Preset™ (Becton, Dickinson and Company, Belliver Industrial Estate, Plymouth, Inglaterra).

Durante la toma de la muestra no se administró ninguna solución por algún otro de los lúmenes del catéter venoso central.

Se retiró inmediatamente cualquier burbuja de las muestras, se cerraron las jeringas con los tapones de rosca, y se colocaron 3 de las jeringas en agua con hielo (0 – 4°C) y las otras 2 a temperatura ambiente, además de la que fue solicitada por el médico responsable del paciente, haciendo un total de 3 jeringas a temperatura ambiente. La temperatura ambiente se determinó en cada uno de los días de estudio con termómetro ambiental.

El verificó que el rótulo de cada una de las jeringas no cubriera la parte de la jeringa que contenía sangre.

Las muestras fueron transportadas inmediatamente al laboratorio central para el procesamiento inicial de las muestras, sin que el tiempo entre la obtención y la primera determinación exceda de 5 minutos. Se utilizó un gasómetro Radiometer ABL 800 FLEX (Bronshoj, Dinamarca).

Posteriormente las muestras fueron analizadas a intervalos de 15, 30, 60 y 120 minutos de haberse obtenido las muestras.

De cada paciente se tomaron los siguientes datos: registro, edad, sexo, diagnóstico principal de ingreso, temperatura corporal y ambiente al momento de la toma de la muestra, fracción inspirada de O₂, la hemoglobina, hematocrito, leucocitos totales con diferencial y conteo plaquetario más recientes (con fecha y hora).

C. Selección de los Pacientes

Criterios de Inclusión

01. Pacientes cuyo familiar(es) responsable(es) hayan firmado la hoja de consentimiento informado.

02. Pacientes que tuvieran un catéter venoso central colocado por cualquier razón, hospitalizados en el servicio de urgencias o la unidad de cuidados intensivos, estuvieran o no bajo ventilación mecánica invasiva o no invasiva.

03. Pacientes en quienes por indicación médica se requirió de la determinación de una gasometría venosa central.

04. Pacientes con tratamiento a base de aminas vasopresoras o antihipertensivos I.V., cuya dosis haya permanecido estable en los 5 minutos previos.

Criterios de Exclusión

01. Pacientes en quienes la primera determinación de gases venosos centrales haya tardado más de 5 minutos en analizarse.

02. Pacientes en quienes no fue posible realizarse el análisis de las gasometrías en los tiempos especificados en el apartado de descripción de la intervención.

03. Pacientes con sangrado activo.

04. Pacientes que estaban siendo transfundidos o fueron transfundidos 1 hora antes.

05. Pacientes con leucocitos totales mayor o igual a $30,000/\text{mm}^3$ y/o plaquetas mayor o igual de $600,000/\text{mm}^3$.

06. Pacientes con neutropenia (menos de $1,500/\text{mm}^3$) y trombocitopenia (menos de $50,000/\text{mm}^3$)

07. Diagnóstico confirmado o sospecha diagnóstica de alguna enfermedad hemato-oncológica.

08. Pacientes bajo tratamiento a base de bicarbonato de sodio I.V. o V.O.

D. Análisis Estadístico

Las variables numéricas se expresan como promedio \pm desviación estándar. Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución de las variables continuas y análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas. Se utilizó la prueba de esfericidad de Mauchly. Si el estadístico W de Mauchly rechazó la hipótesis de esfericidad ($p < 0.05$), se utilizó la aproximación univariada; esfericidad asumida. En todos los casos, un valor de $p < 0.05$ fue considerado como estadísticamente significativo. Se utilizó el paquete estadístico SPSS 19.0.

RESULTADOS

Se analizaron a 5 pacientes, para un total de 50 estudios gasométricos (25 analizados a temperatura ambiente y 25 en agua con hielo).

La temperatura ambiente osciló entre los 23.5 y los 24.5°C, y la temperatura corporal de los pacientes estudiados osciló entre los 36.6 y 37.9°C.

La edad de los pacientes osciló entre los 23 y 51 años de edad, 3 hombres y 2 mujeres. Los diagnósticos de ingreso de los pacientes fueron: sangrado de tubo digestivo alto (variceal), neumonía asociada a cuidados de la salud, sepsis abdominal, pancreatitis aguda grave (por alcohol) y neumonía adquirida en la comunidad.

La FiO₂ al momento de la toma de las muestras fue del 32 al 60%.

Los valores de hemoglobina, leucocitos y plaquetas se muestran en el cuadro 01. En los cuadros 02 al 07 se muestran las medias \pm desviación estándar del pH, PO₂, PCO₂, ScvO₂, HCO₃ y lactato a 0, 15, 30, 60 y 120 minutos de las muestras almacenadas a temperatura ambiente (23.5 – 24.5°C) y en agua con hielo (0 a 4°C).

Tomando como valor de referencia las muestras analizadas dentro de los primeros 5 minutos de haber sido colectada la sangre venosa central, encontramos los siguientes resultados:

pH

En las muestras almacenadas a temperatura ambiente, el pH disminuyó con el tiempo de retraso en el análisis, siendo estadísticamente significativa a partir de los 15 minutos ($p = 0.013$), ver figura 01. En las muestras almacenadas en agua con hielo, no existió diferencia estadísticamente significativa a ningún intervalo.

PO₂

Se observó una tendencia hacia el aumento de la PO₂ con el tiempo en el retraso del análisis, sin embargo, dicha diferencia no alcanzó valores estadísticamente significativos en ninguno de los intervalos estudiados en las muestras almacenadas a temperatura ambiente. Para las muestras almacenadas en agua con hielo, se observó un aumento significativo de la PO₂ ($p = 0.013$) al comparar las muestras analizadas dentro de los primeros 5 minutos respecto de las analizadas a los 15 minutos. Ver figura 02.

ScvO₂

En las muestras almacenadas al aire ambiente se obtuvieron valores menores que los basales ($p = 0.046$) a partir de los 60 minutos. En las muestras almacenadas en hielo la tendencia de la ScvO₂ fue hacia el incremento de sus cifras, siendo éste diferente del valor de referencia ($p = 0.011$) después de 5 minutos de almacenamiento en agua con hielo. Ver figura 03.

Lactato

En las muestras almacenadas al aire ambiente existió un incremento franco de las cifras de lactato después de los primeros 5 minutos de retraso en el análisis de las muestras ($p = 0.005$), figura 04. Dicho incremento no fue observado cuando las muestras fueron almacenadas en agua con hielo.

PCO_2

En las muestras almacenadas al aire ambiente encontramos un aumento de la presión parcial de CO_2 en relación al tiempo de retraso en el análisis de la muestra, cuyo valor fue estadísticamente significativo a partir de los 30 minutos ($p = 0.011$).

Vale la pena mencionar que encontramos una diferencia significativa ($p = 0.003$) entre los valores de las muestras basales (muestras analizadas dentro de los primeros 5 minutos de haber sido colectada la muestra) de las muestras almacenadas al aire ambiente y las almacenadas en agua con hielo. No hubo diferencia entre los valores de las muestras almacenadas en hielo en relación al retraso del análisis de la muestra.

HCO_3

No se observó ninguna diferencia en las concentraciones de bicarbonato en relación al tiempo de retraso en el análisis de las muestras, ni en las almacenadas al aire ambiente ni en las almacenadas en agua con hielo.

DISCUSIÓN

Con los criterios de inclusión que utilizamos intentamos limitar el efecto del hurto leucocitario y plaquetario en las muestras y valorar de manera independiente los efectos del retraso del análisis por el consumo de O₂ por el número de células sanguíneas que más frecuentemente tienen los pacientes de nuestra unidad de cuidados intensivos, dado que no es una terapia intensiva exclusiva de enfermos hemato-oncológicos, además de que valoramos el efecto de la pérdida e intercambio de gases a través de las paredes de la jeringas de plástico de polipropileno con las que contamos.

Nuestra hipótesis inicial fue que los cambios en los resultados de las gasometrías venosas centrales con respecto al tiempo de retraso en su análisis sería más pronunciado que el encontrado en las gasometrías arteriales almacenadas en jeringas de plástico, debido a que el gradiente entre la presión parcial de O₂ y CO₂ del aire ambiente y del agua con hielo y el que se encuentra en la sangre venosa es mayor y, por lo tanto los cambios previamente mencionados en los artículos previamente descritos serían mayor, además que la ScvO₂ cambiaría drásticamente dado que la hemoglobina de la sangre venosa central se encuentra en la porción inclinada de la curva de disociación de la hemoglobina.

En cuanto al pH nuestro estudio encontró que el pH disminuye de manera significativa solo en las muestras almacenadas al aire ambiente, lo cual es similar a lo reportado previamente por otros autores ^[05, 07, 08, 10, 11].

La PO₂ mostró solo una tendencia hacia su incremento en las muestras almacenadas a temperatura ambiente y una elevación significativa en las almacenadas en agua con hielo, probablemente debido a la mayor presión parcial de O₂ en el agua con hielo (270 mmHg) ^[08], versus el aire ambiente en la ciudad de México (122 mmHg), aunado al aumento de la solubilidad del O₂ en las muestras de sangre refrigeradas ^[18], lo que facilita la difusión de O₂ a través de las paredes de las jeringas de plástico.

Encontramos una disminución del pH con un aumento del lactato de manera significativa solo en las muestras mantenidas a temperatura ambiente, además de que la concentración de HCO₃ no fue diferente en ninguno de los grupos. Es posible que la disminución del pH sea debida a la producción anaeróbica del lactato, como se ha postulado con anterioridad ^[05].

El aumento de la PCO₂ observado solo en las muestras almacenadas a temperatura ambiente puede ser debido al metabolismo celular, lo cual está respaldado por el hecho de que en las muestras almacenadas en agua con hielo no se observó ningún cambio en respecto al retraso en su análisis, debido a que las temperaturas bajas tienden a disminuir el metabolismo celular en la sangre.

Este es el primer estudio que reporta los efectos del retraso en el análisis de las muestras en la ScvO₂. En concordancia con lo encontrado para la PO₂, la ScvO₂ aumentó en las muestras almacenadas en agua con hielo. Las muestras almacenadas al aire ambiente mostraron una

tendencia no significativa al ascenso de la ScvO₂ con el tiempo. La disminución en la cifras de ScvO₂ a los 120 minutos de almacenamiento al aire ambiente no es posible correlacionarlo con los cambios encontrados en la PO₂, probablemente sea un efecto del número pequeño de muestras analizadas en este estudio piloto y se requerirá de un estudio con un mayor número de pacientes para aclarar este último punto, así como para corroborar los anteriores.

CONCLUSIONES

El retraso en el análisis y la temperatura de almacenamiento afecta los resultados de las gasometrías venosas centrales.

En general, para obtener resultados confiables en las gasometrías venosas centrales, éstas no deben ser almacenadas en agua con hielo, y su análisis puede retrasarse hasta 15 minutos a temperatura ambiente, a excepción de la cifra de lactato, la cual se afecta a partir de los 5 minutos a temperatura ambiente.

ANEXOS

Cuadro 01. Concentración de Hemoglobina y Conteos Leucocitario y Plaquetario

Hemoglobina (gr/dl)	Leucocitos (células / mm³)	Plaquetas (células / mm³)
8.72 ± 1.91	9820 ± 4536	270,200 ± 120053

* Valores expresados en media y DE.

Cuadro 02. Comparación de los valores de pH en ambas temperaturas

Tiempo (min)	Aire Ambiente	Agua con Hielo	Valor de p
0	7.388 ± 0.045	7.381 ± 0.042	0.105
15	7.384 ± 0.041	7.382 ± 0.041	0.295
30	7.374 ± 0.039	7.391 ± 0.041	0.086
60	7.370 ± 0.030	7.387 ± 0.039	0.048
120	7.342 ± 0.038	7.381 ± 0.033	0.003

* Valores expresados en media ± DE, el valor de p representa la comparación de muestras a diferentes temperatura pero medidos al mismo intervalo.

Cuadro 03. Comparación de los valores de la PO₂ en ambas temperaturas

Tiempo (min)	Aire Ambiente (mmHg)	Agua con Hielo (mmHg)	Valor de p
0	40.16 ± 4.37	41.24 ± 3.74	0.073
15	40.84 ± 3.74	42.16 ± 3.64	0.013
30	41.32 ± 4.09	41.26 ± 4.25	0.911
60	41.66 ± 3.01	41.98 ± 3.56	0.530
120	41.74 ± 4.09	43.02 ± 3.67	0.127

* Valores expresados en media ± DE, el valor de p representa la comparación de muestras a diferentes temperatura pero medidos al mismo intervalo.

Cuadro 04. Comparación de los valores de la PCO₂ en ambas temperaturas

Tiempo (min)	Aire Ambiente (mmHg)	Agua con Hielo (mmHg)	Valor de p
0	45.74 ± 9.29	46.62 ± 9.39	0.003
15	45.60 ± 9.30	46.24 ± 9.28	0.061
30	46.66 ± 9.69	45.42 ± 8.42	0.256
60	47.70 ± 9.52	46.04 ± 9.20	0.080
120	50.86 ± 9.59	46.18 ± 8.92	0.003

* Valores expresados en media ± DE, el valor de p representa la comparación de muestras a diferentes temperatura pero medidos al mismo intervalo.

Cuadro 05. Comparación de los valores de la ScvO₂ en ambas temperaturas

Tiempo (min)	Aire Ambiente (%)	Agua con Hielo (%)	Valor de p
0	69.62 ± 2.78	70.66 ± 2.50	0.159
15	70.62 ± 2.18	72.06 ± 2.33	0.055
30	70.24 ± 3.69	71.86 ± 3.77	0.001
60	70.72 ± 3.87	72.24 ± 4.36	0.081
120	68.44 ± 3.65	73.54 ± 2.40	0.014

* Valores expresados en media ± DE, el valor de p representa la comparación de muestras a diferentes temperatura pero medidos al mismo intervalo.

Cuadro 06. Comparación de los valores del HCO₃ en ambas temperaturas

Tiempo (min)	Aire Ambiente (mmol/L)	Agua con Hielo (mmol/L)	Valor de p
0	26.76 ± 4.81	26.82 ± 4.67	0.786
15	26.44 ± 4.72	26.64 ± 4.67	0.022
30	26.38 ± 4.82	26.88 ± 4.79	0.051
60	26.72 ± 4.72	26.84 ± 4.53	0.485
120	26.68 ± 4.77	26.60 ± 4.74	0.859

* Valores expresados en media ± DE, el valor de p representa la comparación de muestras a diferentes temperatura pero medidos al mismo intervalo.

Cuadro 07. Comparación de los valores del lactato en ambas temperaturas

Tiempo (min)	Aire Ambiente (mmol/L)	Agua con Hielo (mmol/L)	Valor de p
0	0.82 ± 0.30	0.82 ± 0.32	1.00
15	0.96 ± 0.32	0.84 ± 0.31	0.033
30	1.06 ± 0.27	0.84 ± 0.31	0.004
60	1.4 ± 0.28	0.86 ± 0.35	0.000
120	1.88 ± 0.19	0.88 ± 0.31	0.000

* Valores expresados en media ± DE, el valor de p representa la comparación de muestras a diferentes temperatura pero medidos al mismo intervalo.

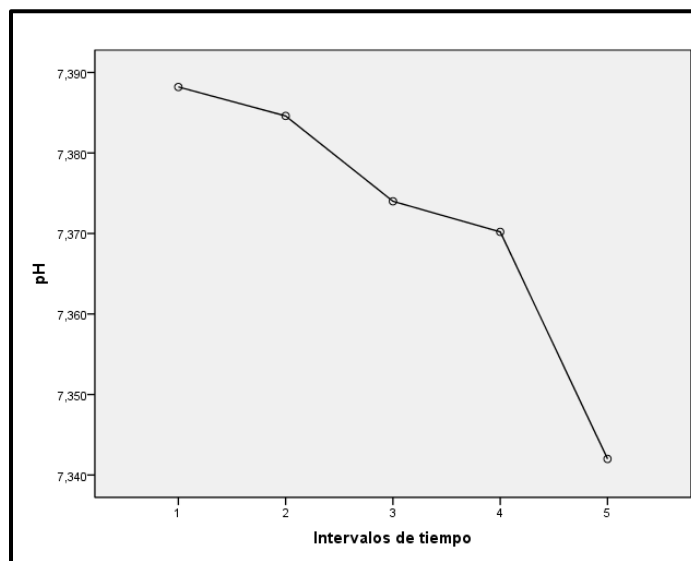


Figura 01. Cambios del pH en las muestras almacenadas al aire ambiente.

(1: pH dentro de los primeros 5 minutos, 2: pH a los 15 minutos, 3: pH a los 30 minutos, 4: pH a los 60 minutos, 5: pH a los 120 minutos).

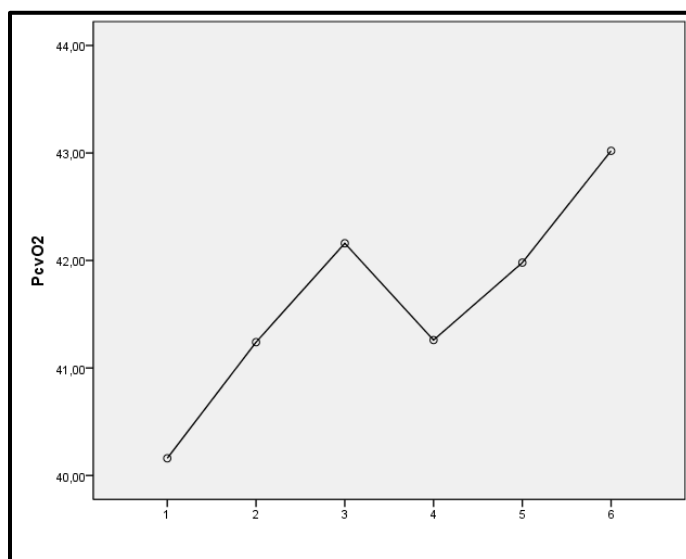


Figura 02. Cambios en la PO₂ en las muestras almacenadas en agua con hielo.

(PcvO₂: Presión venosa central de O₂, 1: PcvO₂ dentro de los primeros 5 minutos en agua a temperatura ambiente, 2: PcvO₂ dentro de los primeros 5 minutos en agua con hielo, 3: PcvO₂ a los 15 minutos en agua con hielo, 4: PcvO₂ a los 30 minutos en agua con hielo, 5: PcvO₂ a los 60 minutos en agua con hielo, 6: PcvO₂ a los 120 minutos en agua con hielo).

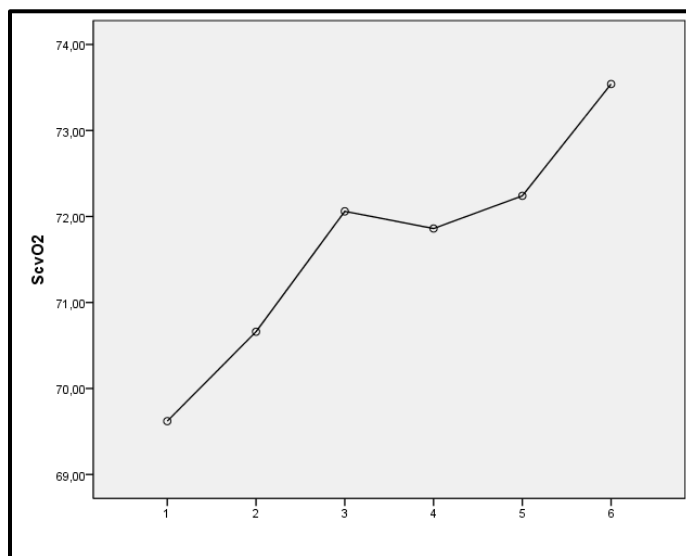


Figura 03. Cambios en la ScvO₂ en función del tiempo, en muestras almacenadas en agua con hielo

(ScvO₂: Saturación venosa central de O₂, 1: ScvO₂ a temperatura ambiente dentro de los primeros 5 minutos, 2: ScvO₂ en agua con hielo dentro de los primeros 5 minutos, 3: ScvO₂ en agua con hielo a los 15 minutos, 4: ScvO₂ en agua con hielo a los 30 minutos, 5: ScvO₂ en agua con hielo a los 60 minutos, 6: ScvO₂ en agua con hielo a los 120 minutos).

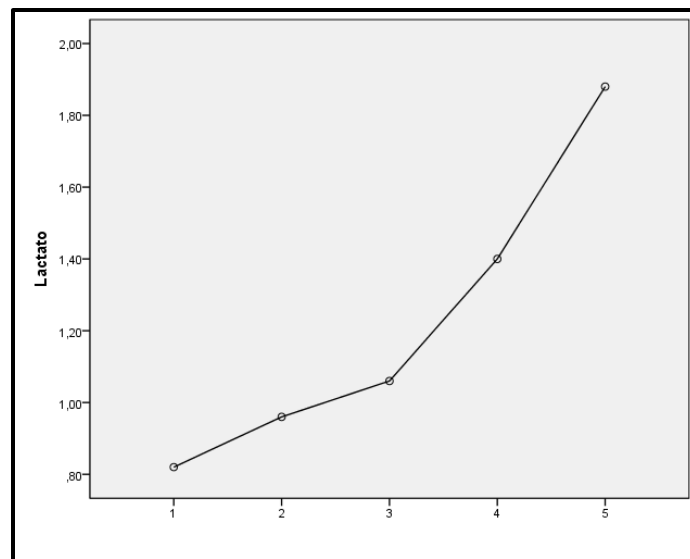


Figura 04. Cambios en la cifra de lactato en las muestras almacenadas al aire ambiente.

(1: Lactato a temperatura ambiente dentro de los primeros 5 minutos, 2: Lactato a temperatura ambiente a los 15 minutos, 3: Lactato a temperatura ambiente a los 30 minutos, 4: Lactato a temperatura ambiente a los 60 minutos, 5: Lactato a temperatura ambiente a los 120 minutos).

BIBLIOGRAFÍA

01. American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guideline: sampling for arterial blood gas analysis. *Respir Care* 1992;37(8):913-917.
02. American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guideline: blood gas analysis and hemoximetry: 2001 revision and update. *Respir Care* 2001;46(5):498-505.
03. Knowles TP, Mullin RA, Hunter JA, Douce FH. Effects of syringe material, sample storage time, and temperature on blood gas and oxygen saturation in arterialized human blood samples. *Respir Care* 2006;51(7):732-736.
04. Wiwanitkit V. Glass syringes are better than plastic for preserving arterial blood gas for oxygen partial pressure determination: an explanation based on nanomaterial composition. *Int J Nanomed* 2006;1(2):223-224.
05. Liss HP, Payne CP Jr. Stability of blood gases in ice and at room temperature. *Chest* 1993;103:1120-1122.
06. Smek FWJM, Janssen JDJ, Arends BJ, *et al.* Effects of four different methods of sampling arterial blood and storage time on gas tensions and shunt calculation in the 100% oxygen test. *Eur Respir J* 1997;10:910-913.
07. Nanji AA, Whitlow KJ. Is it necessary to transport arterial blood samples on ice for pH and gas analysis?. *Can Anaesth Soc J* 1984;31(5):568-571.
08. Beaulieu M, Lapointe Y, Vinet B. Stability of PO₂, PCO₂, and pH in fresh blood samples stored in a plastic siringe with low heparin in relation to various blood-gas and hematological parameters. *Clin Biochem* 1999;32(2):101-107.
09. Harsten A, Berg B, Inerot S, Muth L. Importance of correct handling of samples for the results of blood gas analysis. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988;32:365-368.
10. Petro JJ, Rochford PD. Effects of sample storage time, temperature and syringe type on blood gas tensions in samples with high oxygen partial pressures. *Thorax* 1994;49:610-612.
11. Siggaard Andersen O. Sampling and storing of blood for determination of acid-base status. *Scandinav J Clin & Lab Investigation* 1961;13:196-204.
12. Restall RV, Miller SE, Hahn CEW, Epstein HG, Foex P. Plastic of glass syringes: a comparison of the changes in oxygen tension when blood of water samples are stored in iced water. *Br J Anaesth* 1975;47(5):636-637.
13. Biswas CK, Ramos JM, Agroyannis B, Kerr DNS. Blood gas analysis: effect of air bubbles in syringe and delay in estimation. *BMJ* 1982;284:923-927.

14. Lenfant C, Aucutt C. Oxygen uptake and change in carbon dioxide tension in human blood stored at 37°C. *J Appl Physiol* 1965;20(3):503-508.
15. Scott PV, Horton JN, Mapleson WW. Leakage of oxygen from blood and water samples stored in plastic and glass syringes. *BMJ* 1971;3:512-516.
16. Hess CE, Nichols AB, Hunt WB, Suratt PM. Pseudohypoxemia secondary to leukemia and thrombocytosis. *N Engl J Med* 1979;301(7):361-363.
17. Fox MJ, Brody JS, Weintraub LR, Szymanski J, O'Donnell C. Leukocyte larceny: a cause of spurious hypoxemia. *Am J Med* 1979;67:742-746.
18. Christoforides C, Laasberg LH, Hedley-Whyte J. Effect of temperature on solubility of O₂ in human plasma. *J Appl Physiol* 1969;26(1):56-60.