Educación Médica 22 (2021) S112–S124

Educación Médica

www.elsevier.es/edumed

ORIGINAL

Conocimiento de la fase preanalítica y postanalítica de la gasometría arterial en médicos residentes e internos

Juan Amado Ojeda Bello[a,*], **Cecilia Cruz López**[b], **Ernesto Pedro Menéndez Acuña**[c], **Juan Miguel Terán Soto**[d] y **Luis Alberto Huesca Pizarro**[e]

[a] *Maestría en Ciencias Bioquímicas, Instituto de Fisiología Celular, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM*
[b] *Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana, UV*
[c] *Facultad de Matemáticas, Universidad Veracruzana, UV*
[d] *Anestesiología, Adscripción del Hospital Civil de Xalapa, Veracruz «Dr. Luis F. Nachón» SSA*
[e] *Línea Acute Care Diagnostics en Werfen*

Recibido el 26 de junio de 2020; aceptado el 1 de octubre de 2020
Disponible en Internet el 7 de diciembre de 2020

PALABRAS CLAVE
Gasometría arterial;
Médicos;
Educación;
Médicos Residentes;
Internos

Resumen
Introducción: Médicos internos de pregrado y residentes de las distintas especialidades son los primeros en tener contacto con el paciente y solicitar estudios como la gasometría arterial, interpretarla y a partir de eso, dar un diagnóstico y tratamiento adecuado. Sin embargo, el porcentaje de error en la fase preanalítica y en la interpretación puede ser alto. El objetivo de esta investigación es evaluar el nivel de conocimiento que tienen médicos internos y residentes, de la fase preanalítica y de la interpretación de la gasometría arterial.
Materiales y métodos: Estudio prospectivo, observacional y transversal de muestra no probabilística por conveniencia. Se aplicó un instrumento de medición a 54 internos y residentes de primer año, donde se evaluó el conocimiento sobre la preanalítica e interpretación de la gasometría arterial.
Resultados: En conocimientos generales, ninguno de los participantes tuvo un nivel suficiente avanzado, en conocimientos suficientes básicos los residentes fueron superiores a los internos, los internos en su mayoría presentaron conocimientos insuficientes. Respecto a los conocimientos de preanalítica y de fisiología, ninguno de los dos grupos fue superior al otro, siendo la preanalítica el área con menor conocimiento. En cuanto a los conocimientos de la interpretación básica y avanzada el grupo de residentes tuvo mayor nivel de conocimiento, sin embargo, este nivel no fue suficiente para una interpretación adecuada.
© 2020 Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: juan.amado26@gmail.com (J.A. Ojeda Bello).

https://doi.org/10.1016/j.edumed.2020.10.005
1575-1813/© 2020 Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Discusión: Los conocimientos sobre gasometría arterial (preanalítica e interpretación) en médicos internos y residentes, no se encuentran dentro de lo esperado. Es necesario realizar un adecuado plan de enseñanza en las escuelas de medicina y en los hospitales escuela.
© 2020 Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

KEYWORDS
Blood gas analysis;
Physicians;
Education;
Medicine Residents;
Internal Doctors

Knowledge of the pre-analytical and post-analytical phase of arterial blood gas analysis in post-graduate trainees and undergraduate doctors

Abstract
Introduction: Undergraduate interns and residents of the different specialties are the first to have contact with the patient and request studies such as arterial blood gas analysis, interpret it and, from that, give an adequate diagnosis and treatment. However, the percentage of error in the preanalytical phase and in the interpretation can be high. The objective of this research is to evaluate the level of knowledge that undergraduate interns and residents have of the preanalytical phase and the interpretation of arterial blood gases.
Materials and methods: Prospective, observational and cross-sectional study with a non-probabilistic convenience sample. A measurement instrument was applied to 54 undergraduate interns and first-year residents, where knowledge about the preanalytics and interpretation of arterial blood gas was evaluated.
Results: In general knowledge, none of the participants had a sufficiently advanced level, in sufficient basic knowledge the residents were superior to the undergraduate interns, most of the undergraduate interns had insufficient knowledge. Regarding knowledge of preanalytics and physiology, neither group was superior to the other, preanalytics being the area with less knowledge. Regarding the knowledge of basic and advanced interpretation, the group of residents had a higher level of knowledge, however, this level was not sufficient for an adequate interpretation.
Discussion: The knowledge about arterial blood gas (preanalytical and interpretation) in undergraduate interns and residents is not within the expected. It is necessary to carry out an adequate teaching plan in medical schools and teaching hospitals.
© 2020 Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Introducción

La gasometría arterial (GA) ha sido uno de los exámenes de laboratorio imprescindibles en cualquier servicio de medicina por la gran variedad de afectaciones clínicas que evalúa. Esto ha llevado a que este estudio sea de interés para especialistas, residentes, médicos generales y médicos internos de pregrado que tengan un paciente en estado grave o crítico[1–3].

Como cualquier estudio de laboratorio tiene tres fases: preanalítica, analítica y postanalítica[4,5]. Sin embargo, es muy frecuente que en cada una de sus fases se presenten errores[6]. De manera general en la fase preanalítica es donde se presenta la mayor cantidad de errores, el porcentaje puede variar pero aproximadamente del 46-75% de todos los errores ocurren en esta fase, en contraste en la fase postanalítica solo se reporta del 18,5-21% de estos[7,8].

En México, los médicos internos de pregrado y los residentes de las distintas especialidades son los primeros en tener contacto con el paciente y solicitar estudios como la GA, interpretarla y a partir de eso, dar un diagnóstico y tratamiento adecuados. Sin embargo, la GA puede resultar difícil de aprender para muchos médicos y es frecuente ver errores, que son resultado de muestras mal tomadas, mal transportadas o de condiciones propias del paciente, que no se toman en cuenta o de conocimiento insuficiente para su interpretación[9].

Algunos errores pueden ser identificados fácilmente, sin embargo, otros pueden pasar desapercibidos, lo que ocasionaría una mala interpretación, retrasando el diagnóstico y tratamiento de los pacientes o en el peor de los casos, un diagnóstico y tratamiento erróneos[10].

En la literatura médica existe poca información sobre los conocimientos de la preanalítica e interpretación de la GA. El objetivo de esta investigación es evaluar el nivel de conocimiento que tienen médicos residentes e internos, de las fases preanalítica y postanalítica de la gasometría arterial.

Métodos

Se realizó un estudio prospectivo, observacional y transversal, en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, entre agosto del 2018 y febrero del 2019. Fueron incluidos médicos internos y residentes de primer año de especialidad. El instrumento de medición se aplicó de forma personal con un tiempo de 60 min para contestarlo. Todos los cuestionarios fueron anónimos. Para este estudio no fue necesaria la apro-

bación por el Comité de Ética del hospital, debido a que no se realizó ninguna intervención de tipo clínica.

Como instrumento de medición se utilizó un cuestionario diseñado para evaluar el nivel de conocimientos que tienen médicos internos y residentes sobre la gasometría arterial, el cual fue aprobado por expertos en el tema.

En un primer tiempo, el cuestionario fue revisado por expertos, los cuales dieron sugerencias para modificar algunas preguntas y buscar evaluar otros conocimientos. Posteriormente se llevó a cabo una aplicación piloto a 15 médicos. Aquellas preguntas y respuestas que resultaron confusas, fueron reformuladas.

El cuestionario final estuvo compuesto por dos secciones, en la primera se investigaron aspectos sociodemográficos, y en la segunda los conocimientos de la GA (esta sección tuvo un total de 50 preguntas) (tabla 1).

Para la sección de conocimientos, se consideraron dos dominios: fase preanalítica y postanalítica; en la primera se evaluaron dos aspectos: preanalítica y fisiología; y en la postanalítica: interpretación básica e interpretación avanzada.

Se creó una escala ponderada para transformar las variables en mediciones cuantitativas, obteniendo un total de 50 puntos. Como resultado de esta ponderación, el nivel de conocimientos general se clasificó según la puntuación total obtenida en tres dimensiones o puntos de corte: *conocimiento insuficiente* (igual o menor a 30 puntos), *conocimiento suficiente básico* (de 31 a 40 puntos) y *conocimiento suficiente avanzado* (de 41 a 50 puntos).

Para el análisis estadístico de los datos se tomaron los puntajes de las diversas áreas que formaron la sección de conocimientos: preanalítica, fisiología, interpretación básica e interpretación avanzada. El puntaje total se recodificó en tres niveles de conocimiento: insuficiente, suficiente básico y suficiente avanzado.

Se realizaron pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas a las variables antes mencionadas. Para aquellas que cumplieron los supuestos de normalidad se optó por realizar la prueba t de Student para muestras independientes, y para aquellas que no cumplieron estos supuestos se realizó la prueba U de Mann Whitney.

Se consideró un valor p <0,05 como estadísticamente significativo. Los datos se analizaron en el paquete estadístico SPSS en su versión 23.

Resultados

En este estudio participaron 55 residentes e internos, uno fue excluido por no tener información completa, por lo que la población final fue de 54 médicos, de los cuales el 55,6% eran del sexo femenino y 27,8% del sexo masculino. La edad media fue de 25,5 $\pm$ 1,6 años. De los 54 médicos, el 53,7% fueron internos y 46,3% residentes.

Las especialidades participantes en este estudio fueron: ginecología y obstetricia, anestesiología, medicina interna, pediatría, cirugía y medicina familiar. Todos los residentes se encontraban en su primer año de la especialidad.

El 14,8% de los médicos reportaron haber asistido a por lo menos un curso de gasometría arterial. En cuanto a la enseñanza, solo el 33,3% mencionaron haber recibido instrucción por parte de alguno de sus superiores en la técnica correcta de la toma de la muestra, transporte o interpretación adecuada de la gasometría arterial; de estos el 18,5% eran internos y solo el 14,8% residentes.

En los conocimientos de preanalítica, los médicos internos obtuvieron una media de 10,6 puntos y los médicos residentes 11,5 puntos de un total de 20. Ninguno de los médicos (internos o residentes) obtuvo un puntaje completo en esta área de conocimiento. No se encontró diferencia entre los grupos con la prueba U de Mann Whitney (U = 300; p = 0,274) (fig. 1).

En el área de fisiología tanto internos como residentes tuvieron un desempeño similar, y mejor en comparación a las demás áreas. La media fue de 7 y 7,2 puntos de un total de 10, para internos y residentes respectivamente. No se encontró diferencia significativa para ambos grupos con la prueba t de Student (t = -0,603; p = 0,549).

En la interpretación básica de la gasometría el desempeño disminuyó en comparación a las dos anteriores, las medias fueron de 4,3 y 5,5 de un total de 10 puntos para internos y residentes respectivamente. Aunque el conocimiento es bajo en esta área, se encontró una diferencia significativa para ambos grupos con la prueba t de Student (t = -2.653; p = 0,011) (fig. 2).

Tanto internos como residentes presentaron aún más dificultades en la interpretación avanzada de la gasometría en comparación con la interpretación básica. La media para esta área fue de 3,6 y 5,2 de un total de 10 puntos para internos y residentes respectivamente. En general, la tasa de respuestas correctas se encuentra por debajo del 50% en prácticamente todas las preguntas. Nuevamente, se encontró una diferencia significativa entre los grupos en esta área con la prueba t de Student (t = - 3.821; p = <0,001) (fig. 3).

Respecto al nivel de conocimientos generales, ninguno de los participantes tuvo un nivel de conocimientos suficiente avanzado, para hacerle frente a una variedad diversa de situaciones clínicas. No se encontró diferencia significativa entre niveles de conocimiento según el grado académico de los médicos con la prueba U de Mann Whitney (U = 286,5; p = 0,121).

Discusión

En este estudio solo un pequeño porcentaje de internos y residentes tiene conocimientos suficientes básicos. Por otra parte ningún médico residente e interno tiene conocimientos suficientes avanzados, similar a lo encontrado por Austin y Jones[11]. Se esperaría que los médicos internos tuvieran conocimientos básicos y los residentes conocimientos avanzados, ya que en su mayoría son estos los que se enfrentan a situaciones clínicas diversas y complejas.

Todo lo anterior muestra un panorama inquietante en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes en el ámbito hospitalario que requieren de gasometría arterial para su correcto abordaje. Pero esto no es algo nuevo, desde la década de los 70 Powles et al., describieron que el 24% de los residentes y pasantes tuvieron interpretaciones inadecuadas de la gasometría arterial[12].

Ertok et al., observaron que hay una mejora significativa del número de respuestas correctas con la realización de cursos institucionales[13]. Si bien es cierto que el tiempo puede ser algo corto para la enseñanza, con el advenimiento

Tabla 1 Preguntas y respuestas de cada pregunta, ordenadas por campo del conocimiento

Área de conocimiento	Pregunta	
Preanalítica	P 1	¿Cuáles son las condiciones ideales de transporte y almacenamiento, cuando contamos con un servicio de gasometría en un área descentralizada, es decir fuera del área crítica? a) De no analizarse inmediatamente, la muestra debe colocarse en una red de frío b) De no analizarse inmediatamente, la muestra debe colocarse en un recipiente que se encuentre entre 6 °C y 4 °C c) Bolsa de gel congelada
	P 2	¿Cuál es la concentración adecuada de heparina sódica que se debe utilizar en heparinización tradicional para una toma de muestra de gasometría arterial? a) 5000 UI/ml b) 10000 UI/ml c) 1000 UI/ml
	P 3	¿Cuál es la cantidad mínima y máxima de sangre que se debe obtener en una jeringa heparinizada tradicional? a) 0,5 ml a 1 ml b) 0,3 ml a 0,5 ml c) 0,1 ml a 0,3 ml
	P 4	¿Cuál es el tiempo máximo recomendado para transportar una muestra de gasometría arterial a temperatura ambiente desde el momento de la toma hasta el procesamiento en el laboratorio? a) 15 minutos b) 30 minutos c) 5 minutos
	P 5	¿Cuál es el anticoagulante recomendado para el análisis de una gasometría? a) Heparina de litio balanceada con calcio b) Heparina sódica 5000 U c) Heparina de Benzalconio
	P 6	¿Qué prueba se debe realizar para corroborar que el flujo sea adecuado en las dos arterias de la muñeca? a) Prueba de Trosseau b) Prueba de Allen c) Prueba de Phalen
	P 7	¿Cuál es el error que se evita si utilizamos heparina de litio liofilizado tamponado con calcio? a) Disminución del calcio b) Aumento del calcio c) Aumento del calcio y disminución de la pO2
	P 8	Si va a obtener la muestra arterial de un catéter arterial, este debe enjuagarse antes del muestreo. ¿Cuál es el volumen de enjuague recomendado? a) 10 ml b) 20 ml c) 3 veces el volumen muerto del catéter
	P 9	Si una muestra presenta un alto contenido de leucocitos y plaquetas, es decir, pacientes con trombocitosis y leucocitosis, ¿cuál es el tiempo máximo para análisis? a) 15 minutos b) 30 minutos c) 5 minutos

Tabla 1 (*continuación*)

Área de conocimiento	Pregunta	
	P 10	¿Cuáles son los criterios para la selección del sitio de punción?
		a) Arteria radial exclusivamente y presencia de flujo sanguíneo colateral adecuado
		b) Presencia de flujo sanguíneo colateral adecuado, así como tamaño y accesibilidad de la arteria
		c) Tamaño y accesibilidad de la arteria adecuados, sin importar un flujo sanguíneo colateral adecuado
	P 11	En situaciones en las que se han realizado cambios ventilatorios en pacientes, ¿cuál es el tiempo recomendado que se debe esperar para alcanzar un «estado estable» y obtener un resultado confiable de los gases en sangre?
		a) Entre 5 y 10 minutos b) No es necesario esperar algún tiempo en específico c) Entre 30 y 40 minutos
	P 12	¿Cuáles son los efectos que produce la ansiedad en los resultados gasométricos y el desequilibro ácido base?
		a) Alcalosis respiratoria b) Acidosis respiratoria c) Acidosis metabólica
	P 13	¿Cuál es la jeringa adecuada para la extracción de la muestra?
		a) Jeringa de insulina de 100 UI b) Jeringa de polipropileno de baja densidad c) Jeringa de polipropileno de alta densidad
	P 14	¿Cuáles son los errores atribuibles al anticoagulante?
		a) Coagulación de la muestra, disminución del calcio, disminución de la pCO2, alteración del exceso de base y HCO3
		b) Cambios en las presiones parciales de la pO2
		c) No existen errores por el anticoagulante.
	P 15	¿Cuáles son los cambios en una muestra que ha sido conservada en hielo?
		a) Coagulación de la muestra, disminución del calcio, disminución de la pCO2, aumento de la pO2
		b) Cambios en las presiones parciales de la pO2 y hemólisis de eritrocitos
		c) Alteración del pH y exceso de base, alteraciones de la pO2 y Pco2
	P 16	¿Cuáles son los errores derivados de la conservación y transporte de la muestra?
		a) Coagulación de la muestra, disminución del calcio, disminución de la pCO2, aumento de la pO2
		b) Cambios en las presiones parciales de la pO2
		c) Alteración del pH y exceso de base, alteraciones de la pO2 y Pco2

Tabla 1 (*continuación*)

Área de conocimiento	Pregunta	
	P 17	¿Cuáles son los principales parámetros afectados con el uso de anticoagulante inadecuado?
		a) HCO3 y PCO2 b) Na y K c) HCO3, PCO2, Na y K
	P 18	¿Cuáles son las zonas de punción más frecuentes en la gasometría arterial?
		a) Arteria radial, braquial y femoral b) Arteria radial, braquial y carótida c) Arteria radial, braquial y poplítea
	P 19	¿Cuál es el porcentaje de FiO2 que se debe poner en la solicitud de una gasometría cuando el paciente tiene puntas nasales, con un flujo de O2 de 5 L/min?
		a) 20-30% b) 38-40% c) 19- 21%
	P 20	¿Cuál es el efecto que tienen las burbujas y/o aire en la muestra para una gasometría arterial?
		a) Aumentan el pO2 y la pCO2
		b) Disminuye el pO2 y aumenta la pCO2
		c) Aumenta el pO2 y disminuye la pCO2
Fisiología	P 21	¿Cuántos sistemas primarios o vías existen para la regulación del equilibrio ácido-base y cuáles son?
		a) 2; sistemas de amortiguación ácido-básicos y riñones
		b) 3; sistemas de amortiguación ácido-básicos, centro respiratorio-pulmones y riñones
		c) 4; sistemas de amortiguación ácido-básicos, sistema nervioso, centro respiratorio-pulmones, riñones
	P 22	¿Cuál es el papel de la hemoglobina en el equilibrio ácido-base?
		a) Transporte de oxígeno b) Sirve como amortiguador; transporta oxígeno, H^+ y CO_2 c) No tiene ningún papel en el equilibrio ácido-base
	P 23	¿Qué es el pH?
		a) Es el −log [H^+] b) Significa potencial hidrógeno c) a y b son correctas
	P 24	¿A través de qué mecanismo controlan los riñones el estado ácido-base?
		a) Secreción de H^+ b) Reabsorción de los HCO_3^- filtrados
		c) Secreción de H^+, reabsorción de los HCO_3^- filtrados y producción de nuevos HCO_3^-

Tabla 1 (*continuación*)

Área de conocimiento	Pregunta	
	P 25	¿Cuál es el mecanismo renal más importante de eliminación de ácido en la acidosis crónica?
		a) Sistema amortiguador de fosfato b) Sistema amortiguador del amoníaco
		c) Sistema amortiguador del bicarbonato
	P 26	¿Cuáles son los valores normales de pH, -HCO3 y pCO2?
		a) 7,35-7,45, 22-26 mmol/l, 35-45 mmHg
		b) 7,10-7,15, 10-26 mmol/l, 30-40 mmHg
		c) 7,30-7,40, 20-30 mmol/l, 45-55 mmHg
	P 27	¿Cuáles son los órganos principales encargados del balance ácido-base?
		a) Riñón y encéfalo b) Riñón y pulmón c) Pulmón e hígado
	P 28	¿Qué nombre recibe la sustancia encargada de evitar grandes variaciones del valor de pH?
		a) Enzima b) Buffer o tampón c) Electrólito
	P 29	¿Qué establece el principio de electroneutralidad?
		a) La cantidad de cationes es igual a la de aniones y la resta de ambos debe ser cero.
		b) La cantidad de cationes es menos a la de aniones y la resta de ambos debe ser menor a 1.
		c) La cantidad de aniones es mayor a la de cationes y la resta de ambos debe ser mayor a 2.
	P 30	¿Qué nombre se le da a la presión parcial de O2 necesaria para conseguir una saturación de la Hb del 50% y su valor suele rondar los 27 mmHg?
		a) Efecto Aldane b) p50 c) Efecto Bohr
Interpretación básica	P 31	¿Qué otros parámetros son útiles para la completa interpretación de una gasometría arterial?
		a) Marcadores tumorales, pruebas de funcionamiento hepático, ácido úrico
		b) Electrólitos séricos y urinarios, química sanguínea, lactato sérico y albúmina sérica
		c) Electrólitos séricos y urinarios, lactato sérico y albúmina sérica

Tabla 1 (*continuación*)

Área de conocimiento	Pregunta	
	P 32	En un reporte de gasometría arterial, ¿cuáles son los valores calculados indirectamente?
		a) HCO3-, HCO3std, BE, BE std, A-aDO2
		b) pH, pCO2, Ca++
		c) pO2, K+, lactato
	P 33	En un paciente con acidosis metabólica, ¿cuál sería la compensación adecuada de su pCO2 de acuerdo a la fórmula de Winter con los siguientes datos: pH: 7.20, HCO3-: 12 mmol/l, pCO2: 32 mmHg?
		a) 24-28 mmHg b) 25-45 mmHg c) 40-50 mmHg
	P 34	Un hombre de 30 años de edad es trasladado al servicio de urgencias en mal estado general, pH 7,57, pCO2 29, pO2 100, satO2 98% y HCO3 25. ¿Cuál es el diagnóstico?
		a) Alcalosis respiratoria
		b) Alcalosis respiratoria compensada
		c) Alcalosis respiratoria no compensada
	P 35	Los siguientes parámetros son de una gasometría arterial: pH 7,20, pCO2 21, pO2 100, satO2 98% y HCO3 8. Responde a la siguiente pregunta. ¿Cuál es el diagnóstico?
		a) Acidosis metabólica
		b) Acidosis metabólica compensada
		c) Acidosis metabólica no compensada
	P 36	A una mujer de 25 años de edad están por realizarle una cirugía de abdomen. Antes de entrar a quirófano, los cirujanos solicitan una gasometría, la cual reporta los siguientes parámetros: pH 7,50, pCO2 43, pO2 100, satO2 98%, HCO3 33. ¿Cuál es el diagnóstico?
		a) Alcalosis
		b) Alcalosis metabólica compensada
		c) Alcalosis metabólica no compensada

Tabla 1 (*continuación*)

Área de conocimiento	Pregunta	
	P 37	Un paciente hospitalizado en urgencias tiene una gasometría con los siguientes resultados: pH: 7,40, pCO2: 25 mmHg, HCO3-:15 mmol/l. ¿Cuál es el trastorno ácido-base de este paciente? a) No tiene ningún trastorno ácido-base porque su pH es normal b) Acidosis metabólica descompensada c) Trastorno mixto: acidosis metabólica descompensada con alcalosis respiratoria agregada
	P 38	¿Cuál es la fórmula utilizada para estimar la compensación de la pCO2 en los trastornos metabólicos, específicamente en acidosis? a) Fórmula delta pCO2 b) Fórmula de Figge c) Fórmula de Winter
	P 39	¿Cuáles de los siguientes valores son corregidos de acuerdo a la temperatura del paciente? a) pH, pCO2 y pO2 b) pH, lactato y Na c) pH, lactato y pO2
	P 40	Con respecto a la compensación, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es incorrecta? a) En la acidosis metabólica compensada hay disminución del HCO3, pH disminuido y pCO2 disminuido b) En la alcalosis metabólica el HCO3, pH y pCO2 se encuentran aumentados c) En la alcalosis respiratoria la pCO2 está disminuida, el pH aumentado y el HCO3 se encuentra aumentado
Interpretación avanzada	P 41	¿Cuál índice sirve para determinar si hay un trastorno ácido-base agregado en las acidosis metabólicas con anión gap elevado? a) Brecha aniónica urinaria b) Anion Gap c) Delta Gap
	P 42	Paciente femenina de 55 años de edad que acude a urgencias por presentar vómitos severos de 3 días de evolución. A la exploración física se encuentra con hipotensión, taquicardia, turgencia de la piel disminuido. Se le realizan electrólitos séricos, gasometría y química sanguínea, los cuales reportan: Na 149, K 3,4; Cl 98, HCO3- 14 mmol/L, pH 7,23; pCO2 22 mmHg, Cr 2,1; Urea 120, BUN 92. ¿Cuál es el diagnóstico? a) Acidosis metabólica descompensada de brecha aniónica elevada más alcalosis metabólica b) Acidosis metabólica descompensada c) Acidosis metabólica descompensada de brecha aniónica normal
	P 43	Masculino 4 años de edad, llevando polipneico al servicio de urgencias pediátricas; refiere disuria y mal estado general. Como dato de importancia presenta talla por debajo de 4 deviaciones estándar. Se solicitan exámenes de laboratorio, los cuales reportan los siguientes parámetros: pH 7,25; pCO2 30 mmHg, pO2 95 mmHg, satO2 94%, HCO3 17, Na 135, K 2,5; Cl 110. ¿Cuál es el diagnóstico? a) Acidosis metabólica compensada b) Acidosis metabólica compensada con brecha aniónica normal c) Acidosis metabólica descompensada con brecha aniónica normal

Tabla 1 (*continuación*)

Área de conocimiento	Pregunta	
	P 44	Mujer de 27 años, desde hace varias semanas presenta debilidad generalizada, mialgias, calambres en miembros inferiores y espasmos carpo-pedales. Se solicitan exámenes de laboratorio los cuales reportan lo siguiente: urea 33 mg/dl, creatinina 0,7 mg/dl, glucosa 87 mg/dl, Na 141 mmol/L, K 2,2 mmol/L, Cl 10,4 mg/dl, fósforo 3,8 mg/dl, pH 7,6; HCO3 32, pCO2 44,2; satO2 95%, pO2 96.¿Cuál es su diagnóstico?
		a) Alcalosis metabólica descompensada
		b) Alcalosis metabólica
		c) Alcalosis metabólica compensada
	P 45	¿Cuál es la prueba de laboratorio que se debe realizar si nuestro paciente tiene una brecha aniónica normal y se sospecha de algún problema renal?
		a) Electrólitos urinarios b) Anión gap c) Lactato
	P 46	En la acidosis metabólica con anión gap normal y se sospeche de algún problema renal tubular, ¿cuál es el índice que se debe realizar para determinar el factor desencadenante de HCO3?
		a) Brecha aniónica urinaria b) Anion Gap c) Delta Gap
	P 47	A un paciente en estado grave se le realiza una gasometría, la cual arroja lo siguiente: pH normal, pCO2 y HCO3 elevados. ¿En cuál trastorno ácido-base pensarías?
		a) Acidosis respiratoria
		b) Trastorno mixto (acidosis respiratoria con alcalosis metabólica concomitante)
		c) Acidosis respiratoria compensada
	P 48	Paciente masculino de 50 años de edad con diagnóstico de neumonía bacteriana, a su ingreso a urgencias le realizan una gasometría la cual reporta los siguientes parámetros: pH 7,49; pCO2 22 mmHg, pO2 48 mmHg, HCO3 16,8, SatO2 87%, lactato 2,6 mmol/L. ¿En qué trastorno ácido-base pensaría?
		a) Acidosis metabólica compensada
		b) Alcalosis respiratoria compensada
		c) Alcalosis respiratoria descompensada más acidosis metabólica agregada
	P 49	Menciona la afirmación incorrecta con respecto a los trastornos mixtos ácido-base
		a) Es imposible tener acidosis y alcalosis respiratoria a la vez
		b) Es posible tener acidosis y alcalosis metabólica a la vez
		c) Es posible tener acidosis y alcalosis respiratoria a la vez
	P 50	En una alcalosis metabólica con cloro urinario mayor a 30 mEq/L el diagnóstico más probable es:
		a) Hipermineralocorticismo primario b) Vómitos c) Deshidratación

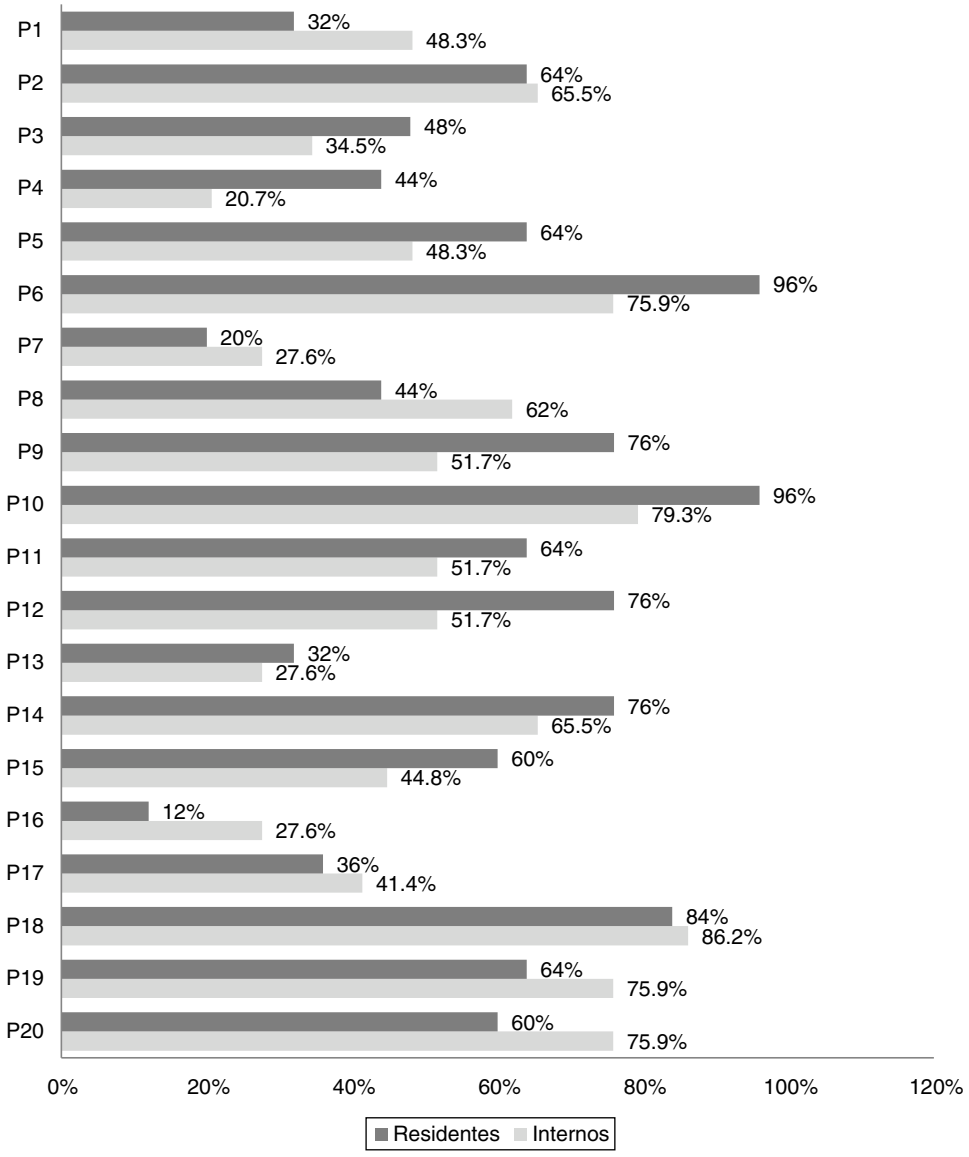

Figura 1 Porcentajes de repuestas correctas por grupo en el área preanalítica.

de las Tecnologías de la Información y la Computación puede resultar más fácil e incluso más didáctico para los médicos en formación.

En esta época la utilización de módulos de enseñanza electrónicos, escenarios simulados y capacitaciones continuas con cursos y talleres puede ser una solución al déficit de conocimientos que se tienen sobre la gasometría arterial.

Los conocimientos sobre la gasometría arterial en médicos internos y residentes no se encuentran dentro de lo esperado. Existe un déficit en cada una de las áreas de conocimiento de la gasometría. Es necesario realizar una reestructuración, no solo dentro de del plan de estudios en las escuelas de medicina, sino también la forma en la que se está enseñando en los hospitales. Los médicos de mayor rango, tanto residentes como adscritos deben involucrase más en la enseñanza de este estudio de laboratorio y diseñar cursos para mejorar la calidad en la toma de la muestra, el traslado y la interpretación[14,15].

Limitaciones

Solo se evaluó a médicos de un hospital, lo que pudiera generar un sesgo regional. No se realizó una intervención educativa para mejorar los niveles de conocimiento. Por otra parte, el cuestionario fue aprobado por expertos y no validado estadísticamente.

En futuras investigaciones de este tipo se considera adecuado aumentar el tamaño de la muestra, evaluar diversos hospitales, validar estadísticamente el instrumento de medición y realizar una intervención para mejorar el nivel de conocimientos, así como un cuestionario postintervención.

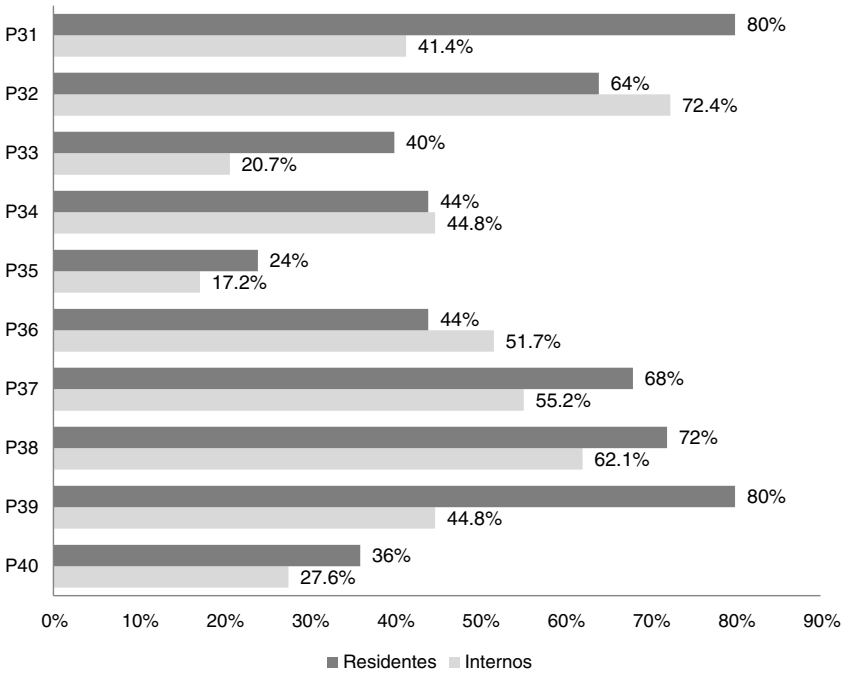

Figura 2 Porcentajes de repuestas correctas por grupo en la interpretación básica.

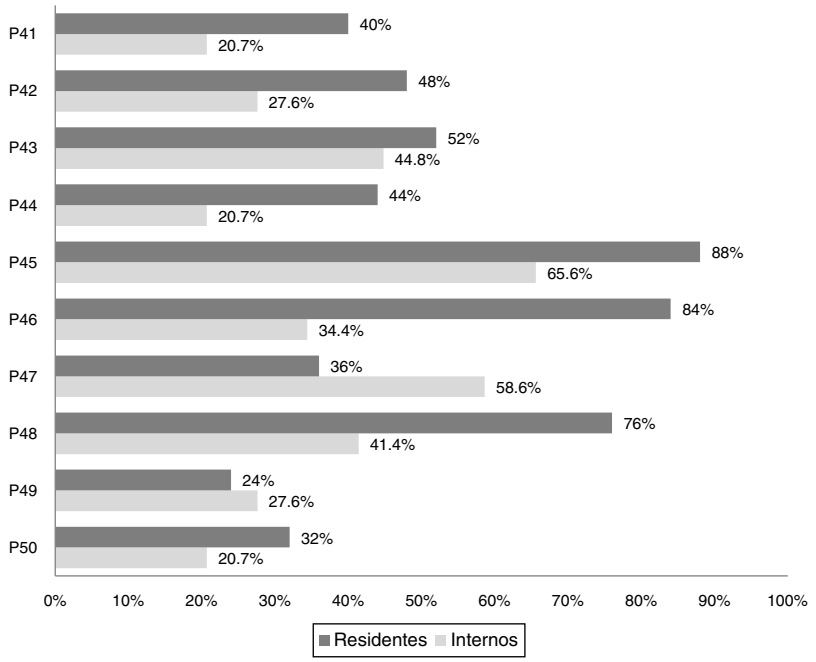

Figura 3 Porcentajes de repuestas correctas por grupo en la interpretación avanzada.

Financiación

El desarrollo de la presente investigación fue posible gracias a la beca con el número 721096, otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de México al autor principal, para la realización de la Especialidad en Métodos Estadísticos en la Universidad Veracruzana, que culminó en este estudio de investigación.

Conflicto de intereses

El químico Luis Alberto Huesca Pizarro declara tener conflicto de intereses, ya que actualmente labora para el corporativo Werfen, empresa privada dedicada al diagnóstico en la especialidad de cuidados agudos, y distribuyendo soluciones en el área de gasometría, tromboelastometría,

entre otras, en los hospitales de salud pública y privados de México.

Bibliografía

1. Davis MS, Walsh BK, Sitting SE, Restrepo RD. AARC clinical practice guideline: blood gas analysis and hemoximetry: 2013. Respir Care. 2013;58:1694–703, http://dx.doi.org/10.4187/respcare.02786.
2. Raffin TA. Diagnostic Decision: Indications for arterial blood gas analysis. Ann Intern Med. 1986;105:390–8, http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-105-3-390.
3. Kishen R, Honoré PM, Jacobs R, Joannes-Boyau O, de Waele E, de Regt Jet al. Facing acid-base disorders in the third millennium-the Stewart approach revisited. Int J Nephrol Renovasc Disc. 2014;7:209–17, http://dx.doi.org/10.2147/IJNRD.S62126.
4. Baird G. Preanalytical considerations in blood gases analysis. Biochem Med (Zagreb). 2013;23:19–27, http://dx.doi.org/10.11613/BM. 2013.005.
5. Plebani M, Ceriotti F, Messeri G, Ottomano C, Pansini N, Bonini P. Laboratory network of excellence: enhancing patient safety and service effectiveness. Clin Chem Lab Med. 2006;44:150–60, http://dx.doi.org/10.1515/CCLM. 2006.028.
6. Plebani M. Exploring the iceberg of errors in laboratory medicine. Clin Chim Acta. 2009;404:16–23, http://dx.doi.org/10.1016/j.cca.2009.03.022.
7. Bonini P, Plebani M, Ceriotti F, Rubboli F. Errors in Laboratory Medicine. Clin Chem. 2002;48:691–8, http://dx.doi.org/10.1093/clinchem/48.5.691.
8. Plebani M. Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medicine? Clin Chem Lab Med. 2006;44:750–9, http://dx.doi.org/10.1515/CCLM. 2006.123.
9. Nigam PK. Correct Blood Sampling for Blood Gas Analysis. J Clin Diagn Res. 2016;10:BL01–2, http://dx.doi.org/10.7860/JCDR/2016/21383.8712.
10. OḱAne M. The reporting, classification and grading of quality failures in the medical laboratory. Clin Chim Acta. 2009;404:28–31, http://dx.doi.org/10.1016/j.cca.2009.03.023.
11. Austin K, Jones P. Accuracy of interpretation of arterial blood gases by emergency medicine doctors. Emerg Med Australas. 2010;22:159–65, http://dx.doi.org/10.1111/j.1742-6723.2010.01275.x.
12. Powles AC, Morse JL, Pugsley SO, Campbell EJ. Interpretation of blood gas analysis by physicians in a community teaching hospital. Br J Dis Chest. 1979;73:237–42.
13. Ertok I, Gülhan K, Havva S, Nurettin O, Ferhat I, Sinan Bet al. Evaluation of emergency medicine residents level of knowledge of arterial blood gases. Eurasian J Emerg Med. 2014;13:100–3, http://dx.doi.org/10.5152/jaem.2014.74830.
14. Prideaux D, Alexander H, Bower A, Dacre J, Haist S, Jolly Bet al. Clinical teaching: maintaining an educational role for doctors in the new health care environment. Med Educ. 2000;34:820–6, http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2923.2000.00756.x.
15. Sánchez M, Mendiola. La práctica y enseñanza de la medicina: ¿Es una tarea compleja o complicada? Inv Ed Med. 2017;6:219–20, http://dx.doi.org/10.1016/j.riem.2017.07.003.