

Gases capilares arterializados en población pediátrica sana a gran altura

**María Alejandra Bejarano Melo
Carlos Enrique Camargo Crespo**

**Tutor
Ricardo Aristizábal**

**Asesor epidemiológico
Carlos Rodríguez**

**Universidad El Bosque
Hospital Santa Clara
Facultad Medicina
Programa de Neumología Pediátrica
Bogotá, D.C.
2020**

Identificación

Universidad El Bosque.

Área de conocimiento: Medicina Básica.

Especialización en Neumología Pediátrica.

Nombre del estudio: Gases capilares arterializados en población pediátrica sana a gran altura.

Instituciones participantes: Universidad el bosque y Hospital Santa Clara.

Tipo de investigación: Postgrado.

Investigadores principales: María Alejandra Bejarano Melo, Carlos Enrique Camargo Crespo.

Médicos pediatras y estudiantes de Neumología pediátrica.

Asesor clínico o temático: José Ricardo Aristizábal Duque. Formación Académica: Médico pediatra, especializado en neumología pediátrica y docencia universitaria. Función en el proyecto: Asesor temático, coinvestigador, revisión de base de datos y de documento final.

Asesor metodológico: Carlos Rodríguez. Formación Académica: Médico pediatra, especializado en neumología pediátrica, maestría en epidemiología clínica, maestría en economía de la salud y del medicamento. Función en el proyecto: Asesor metodológico, asesoría en el desarrollo del trabajo, análisis de datos y ejecución del documento final.

Página de aprobación

Bogotá, 19 de noviembre del 2020

Señora

María Juliana Araujo Oñate

Jefe de Oficina

Gestión del conocimiento

Unidad de servicios de salud de la subred Centro Oriente

Cordial saludo,

Mediante la presente, apruebo como asesor metodológico, la realización de trabajo de investigación: "GASES CAPILARES ARTERIALIZADOS EN POBLACION PEDIATRICA SANA A GRAN ALTURA" el cual cumple con todos los aspectos requeridos por la Universidad el Bosque para llevarse cabo.

Este será desarrollado dentro de la Sub Red Centro Oriente, por los residentes de Neumología pediátrica de la Universidad el Bosque, los doctores:

María Alejandra Bejarano Melo CC 1015423338

Carlos Enrique Camargo Crespo CC 1018412591.

Carlos Enrique Rodríguez

Neumólogo Pediatra

Profesor Universidad el Bosque

Asesor metodológico Universidad el Bosque

Salvedad de responsabilidad institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Agradecimientos

A Dios.

A los Dres. Ricardo Aristizábal y Carlos Rodríguez, nuestros tutores, por guiarnos en este arduo camino.

A nuestras familias, en especial a nuestros esposos: Alexsandra y Sebastián, que fueron soporte y respaldo durante estos años de estudio.

Al Hospital Santa Clara, en especial al laboratorio de función pulmonar.

A nuestros docentes, amigos y compañeros.

Muchas Gracias.

Carlos y Ma. Alejandra.

Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 9 |
| Marco teórico | 10 |
| Problema | 36 |
| Justificación | 38 |
| Objetivos | 39 |
| Aspectos metodológicos | 40 |
| Tipo y diseño de estudio | 40 |
| Población..... | 40 |
| Criterios de inclusión | 40 |
| Criterios de exclusión..... | 40 |
| Tamaño de la muestra | 40 |
| Matriz de variables..... | 42 |
| Instrumento de recolección de datos | 43 |
| Materiales y métodos | 44 |
| Aspectos estadísticos..... | 47 |
| Control de sesgos | 48 |
| Aspectos éticos..... | 49 |
| Cronograma de actividades | 50 |
| Presupuesto | 51 |
| Resultados | 53 |
| Discusión..... | 58 |
| Conclusiones | 60 |
| Referencias..... | 61 |

Lista de tablas y gráficas:

| | | |
|------------------|---|-----------|
| <i>Tabla 1.</i> | <i>Estado del arte.</i> | 17 |
| <i>Tabla 2.</i> | <i>Pregunta PICO</i> | 37 |
| <i>Tabla 3.</i> | <i>DS, significancia IC.</i> | 40 |
| <i>Tabla 4.</i> | <i>Variables dependientes.</i> | 42 |
| <i>Tabla 5.</i> | <i>Instrumento de recolección de datos</i> | 43 |
| <i>Tabla 6.</i> | <i>Cronograma.</i> | 50 |
| <i>Tabla 7.</i> | <i>Presupuesto.</i> | 51 |
| <i>Tabla 8.</i> | <i>Distribución de frecuencias de la edad y el sexo de los pacientes estudiados</i> | 53 |
| <i>Tabla 9.</i> | <i>Distribución de frecuencias los parámetros de los gases arteriales</i> | 53 |
| <i>Tabla 10.</i> | <i>Distribución de frecuencias de los gases arteriales según el grupo etario</i> | 54 |
| | | |
| Figura 1. | Diferencia de medias de los parámetros de los gases arteriales según el grupo etario | 56 |

Objetivos: Determinar los valores normales de los parámetros de equilibrio ácido-base, oxigenación y ventilación en niños de 1 mes a 17 años, sanos, que viven a 2640m de altitud.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio analítico de corte transversal. Se analizó una muestra por conveniencia de gases capilares arterializados en niños sanos.

Resultados: Se analizaron 102 muestras de gases capilares. 58,8% de los niños fueron masculinos y la edad promedio fue 6,98 años ($\pm 5,41$). Los parámetros normales de los pacientes estudiados fueron: Media de pH 7,44 (DS 0,04), PCO₂ 31,08 mmHg (DS 4,96), PO₂ 62,26 mmHg (DS 8,19), SaO₂ 91,66% (DS 4,45), HCO₃ 21,48 mmHg (DS 2,71) y BE -1,92 (DS 2,4). La PO₂ y SaO₂ fue menor en individuos de 1 a 12 meses comparado con el resto de los grupos etarios. Los gases capilares según sexo no tuvieron diferencias significativas.

Conclusión: En el presente trabajo se miden los valores de gases capilares de niños sanos a la altura de Bogotá, al igual que en la literatura los valores de PO₂ y SAO₂ son más bajos en lactantes menores y son menores comparados con los valores a nivel del mar. No hubo diferencia por edades y no se presentaron complicaciones durante el estudio. Se requieren más investigaciones para parametrizar los valores normales de gases capilares en niños a la altura de Bogotá.

Palabras claves: capillary blood gases, child, pediatrics.

Introducción

Es importante investigar sobre gases sanguíneos, son un pilar en el estudio y monitoreo de las enfermedades respiratorias, circulatorias y metabólicas en la población pediátrica. Existen los gases arteriales, venosos centrales o periféricos y gases capilares, estos últimos aportan una aproximación a los primeros, evaluando el componente de oxigenación, ventilación y equilibrio ácido base, con gran precisión. (1) (2). Una de las técnicas más usadas es la de gases arteriales, sin embargo, está es invasiva, dolorosa y requiere entrenamiento del personal que la realiza (3), además puede tener efectos adversos como hematoma, infección, isquemia y formación de fístula o aneurisma (4). Por ello, es pertinente buscar otras técnicas, como la de los gases capilares.

Hay estudios que muestran la utilidad de gases capilares para estimar el estado ácido base y la ventilación en pacientes pediátricos, pero en investigaciones previas no hubo claridad acerca de la validez del valor de la oxigenación (5).

Investigaciones previas compararon gases arteriales, venosos y capilares en población pediátrica (6)(7)(8)(9)(10)(11)(12)(13)(14) y mostraron variabilidad en los resultados.

La gasometría capilar podría ser una opción diagnóstica y de seguimiento, práctica y menos dolorosa. Ya se habían descrito valores de referencia de gases capilares arterializados en pediatría(15)(16), sin embargo, ninguno había evaluado pacientes pediátricos sanos a una altura de 2640 msnm, siendo fundamental debido a que, a mayor altura, menor presión barométrica, lo que lleva a una menor presión inspirada de oxígeno, con una disminución de la PO₂ y SaO₂, como consecuencia aumenta la ventilación minuto y desciende la PCO₂ (17).

Marco teórico

Un gas se define cómo el estado de agregación de la materia que no presenta forma ni volumen propios, se expande y trata de ocupar el volumen del recipiente en el que se encuentre (18). El aire atmosférico al cuál estamos en contacto constantemente, está compuesto de una mezcla de gases, los principales componentes son el nitrógeno y el oxígeno y en menor proporción argón, criptón, neón, helio, dióxido de carbono y vapor de agua. En la época antigua, filósofos cómo Hipócrates y Aristóteles pensaban que el aire era transportado en la sangre, posteriormente Galeno describió que aquel era transportado proveniente de los pulmones hacia los tejidos y luego de regreso al corazón. (18). Johann Batista Van Helmont demostró la existencia de sustancias no visibles ni tocables y se acuñó el término de gas, así mismo demostró que estos podían expandirse o condensarse en líquidos. Luego, en 1628 William Harvey describió la forma cómo la sangre fluye por los vasos sanguíneos, describió la circulación pulmonar, cavidades derechas y circulación sistémica. En 1754 Joseph Black, probó que el dióxido de carbono estaba presente en el gas exhalado y Robert Boyle junto con Robert Hooke describieron que la sangre al pasar por los pulmones captaba aire y se obtenía un gas esencial, además de describir la “ley de Boyle” consistente en que la presión de un gas es inversamente proporcional a su volumen (19). La química neumática en el siglo XVIII analizó la composición de aire y su relación con el entorno corporal. En 1771 Scheele descubrió el óxido de manganeso y el óxido de mercurio producían un gas al calentarse que llamó “aire fuego”, pero fue en el año 1775 qué Lavoisier aisló un componente nombrado “aire eminentemente respirable” por descomposición de óxido de mercurio, en 1789 describe la forma en que se prepara oxígeno al calentar óxido de mercurio, lo llamó oxígeno por las raíces griegas que significan “el primer ácido” (18). En el año 1799 Humphrey Davy redactó el primer documento sobre la presencia de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre y posteriormente Heinrich Gustav Magnus halló mayor contenido de oxígeno que de dióxido de carbono en sangre arterial y lo diferenció de la sangre venosa. Eduard Pflueger explicó que el intercambio gaseoso era secundario a la difusión y Christian Bohr

demonstró que este se daba en los pulmones (18). En el año 1936 Looney y Jellinek reportaron diferencias entre gases arteriales y venosos (20).

Por otro lado, en el año 1887 Arrhenius comprobó que los ácidos y sales disueltas están ionizados e introdujo el concepto de ion hidrógeno y Ostwald hizo la primera medición de la concentración en una solución. En el siglo XX, Cremer escribió sobre los cambios en el pH y cómo estos podrían causar diferencias en el potencial a través de la membrana. En 1908 Henderson descubrió el efecto buffer del CO₂ y aplicó la ley de acción de masas ($K = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[dCO_2]}$) (21). Posteriormente, Sorensen estableció el término de pH y usó la ecuación de Henderson en una forma logarítmica ($pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[dCO_2]}$) (18). En 1923, Johannes Nicolaus Brønstedde y Martin Lowry definieron ácido como un compuesto que dona un hidrógeno a otro compuesto llamado base (18).

En la epidemia de polio en Copenhague durante los años 1950 a 1952, Poul Atrup y Sigaard Andersen, desarrollaron la medición de la pCO₂, HCO₃ y base exceso a partir de un electrodo de pH, y esto se convierte en el primer índice exacto del componente metabólico en el equilibrio ácido base. (18) En la misma epidemia, se usó la única medición disponible, los niveles de CO₂ en sangre, y estos inicialmente fueron interpretados de forma equivocada como una “alcalosis”, posteriormente se hicieron más estudios con medición de pH y nació la fisiología ácido base moderna. (22).

Stewart en 1981 propuso su modelo matemático para evaluar el equilibrio ácido base y lo plasmó en el libro “cómo comprender la fisiología ácido base”, este modelo divide las variables en dependientes (bicarbonato, iones de hidrógeno y pH) e independientes (Co₂, ácidos débiles totales y diferencia de iones fuertes), se fundamenta en dos leyes fisicoquímicas: La electroneutralidad, la cual postula que en soluciones acuosas la suma de todos los iones cargados positivamente debe ser igual a la suma de todos los iones cargados negativamente y la ley de conservación de la masa, que postula que la cantidad de sustancia permanece constante a menos que esta sea adicionada, generada, removida o destruida. En los

últimos años, se ha hecho énfasis en proveer análisis ácido base que asocie los conocimientos generados por Henderson-Hasselbach, Sigaard Andersen y Stewart (18).

Los gases sanguíneos pueden ser de origen arterial, venosos y capilar, el estándar de oro para evaluar el estado ácido base, ventilación y oxigenación son los gases arteriales, sin embargo es un método doloroso, puede ocasionar complicaciones como lesión arterial, trombosis con isquemia distal, hemorragia o formación de aneurisma, además requiere experticia para la toma, puede llegar a requerir múltiples punciones, especialmente en niños, cuyas arterias son más pequeñas, lo que facilita el llanto, haciendo que los valores puedan modificarse (14). Los gases capilares y venosos pueden ser alternativas útiles, son más fáciles de adquirir, menos invasivos y ambos pueden evaluar el estado ácido base de los pacientes.

Los valores normales de gasometría arterial fueron determinados a nivel del mar, estos equivalen a pH 7.35-7.45, presión parcial de oxígeno 80-100 mmHg, presión parcial de dióxido de carbono 35-45 mmHg, bicarbonato 24 mEq/L y saturación arterial de oxígeno igual o mayor a 90% (23), sin embargo se han descrito resultados de gases sanguíneos con valores diferentes en poblaciones que viven en la altura (1500 metros sobre el nivel del mar o más), en Bogotá la cual se encuentra a una altura de 2640 metros, con presión barométrica de 560 mmHg se realizó un estudio en 46 adultos sanos, encontrando alteraciones y compensaciones, siendo las principales, la disminución de la presión parcial de oxígeno con cifra promedio de 64 mmHg, el pH muy cercano al límite superior de la normalidad establecida, la presión parcial de dióxido de carbono arterial es en promedio 32 mmHg y cifras superiores a 35 mmHg indican posiblemente retención, hay un grado moderado de hiperventilación con compensación renal (24).

En 1984 en la ciudad de Bogotá, se estudiaron 25 jóvenes entre 15 y 30 años, sanos y no fumadores que fueran naturales y residentes permanentemente en esta ciudad, se realizó control de presión

barométrica en el instituto geofísico de los Andes, encontrando una presión barométrica estable de 560 mmHg. Se encontró una media de pH de 7.38 +/- 0.028, HCO₃ de 16.9 mEq/L +/- 1.5, PaO₂ 66.7 mmHg +/- 2.32, SaO₂ de 92.9% +/- 1.59 y PaCO₂ de 29.5 mmHg +/- 2.14, el volumen espirado por minuto y la ventilación alveolar por minuto fueron mayores que a nivel del mar, lo que indica hiperventilación alveolar crónica como modo compensatorio en la altura (25).

Posteriormente en el año 1991, en La Paz Bolivia a una altura de 3600 metros y una presión barométrica de 511 mmHg se realizó un estudio con 104 adultos sanos, donde 15 de ellos eran nativos del nivel del mar y residentes en la ciudad de La paz durante 60 días o más y el segundo grupo de 89 adultos sanos eran nativos y residentes de la altura de 3600 metros sobre el nivel del mar, encontrando un pH promedio en los 2 grupos igual de 7.36, presión de oxígeno promedio de 55,9 mmHg y presión de dióxido de carbono promedio de 28,8 mmHg, bicarbonato promedio de 16,5 Mmol/L y una saturación de oxígeno de 86% (26).

En México, año 2000, se estimaron los valores de gases arteriales para las principales ciudades y sitios a mayor altura en este país. Los valores de PaO₂ y PaCO₂ en sujetos aclimatados en ciudad de México a 2238 m son de 65.9 y 32.7 mmHg respectivamente. Además, evidenciaron que la relación de la PaCO₂ con la altura deja de ser lineal después de los 5000 m de altura. (27)

En el año 2002 en Huancayo Perú a una altitud de 3249 metros sobre el nivel del mar y una presión barométrica de 535 mmHg, se incluyeron 20 adultos sanos entre 18 y 30 años, mostrando un pH promedio de 7,452, presión de dióxido de carbono de 29,16 mmHg, presión de oxígeno de 66,22 mmHg, saturación de oxígeno de 93,9% y bicarbonato de 20,52 Mmol/L (28).

Estudio publicado en el año 2005, realizado en recién nacidos a término, sanos, de 7 a 14 días de edad en la ciudad de La Paz a 3600 metros sobre el nivel del mar, muestra una saturación de oxígeno de

85.34% +/- 10.45, el pH promedio fue 7.47, PCO₂ promedio fue 20 mmHg, PO₂ promedio fue 50 mmHg y HCO₃ 19.9 mEq/L, datos útiles en las población pediátrica que vive a grande altura (29).

Otro estudio realizado en Bogotá del año 2007, incluyó 80 adultos sanos con edades entre 18 y 40 años, residencia en la ciudad de 3 meses o mayor, sin antecedentes patológicos o de tabaquismo, los valores hallados de pH tuvieron un límite inferior de 7,38 y superior de 7,51 con una media de 7,44, presión parcial de oxígeno entre 62 mmHg y 96 mmHg con una media de 75 mmHg, presión parcial de dióxido de carbono entre 27 mmHg y 36 mmHg con una media de 27,3 mmHg, bicarbonato entre 11,8 y 25 mMol/L media de 18,8 mMol/L, base exceso de -12.8 a 1, media de -5,19 y saturación arterial de oxígeno de 93-98% , media de 95,3% (30).

Los métodos convencionales de extracción de sangre arterial y venosa son invasivos y pueden causar dolor, lesiones por la punción y contaminación si no se realiza de forma adecuada, en lactantes existe un desafío para encontrar un vaso sanguíneo y determinar un sitio de punción apropiado. En comparación con la sangre arterial y venosa, la sangre capilar puede ser recolectada de diferentes fuentes (dedo, punta de lóbulo de oreja, brazo o talón), con instrumentos simples como lanceta, el método de recolección es rápido y económico (31).

Un capilar es el vaso sanguíneo más pequeño, tiene un diámetro promedio de 8 micrómetros, de pared unicelular que carece de tejido muscular y elástico como los vasos sanguíneos más grandes, los capilares conectan arteriolas y vénulas para el transporte de agua, oxígeno, dióxido de carbono y otros nutrientes. Como consecuencia de estos intercambios, existe un gradiente de pH, pCO₂ y pO₂ a través de la red capilar, de la arteriola a la vénula, las diferencias arteriovenosas normales para el pH y la pCO₂ son del orden de 0,02 a 0,03 unidades de pH y de 0,6 a 0,7 kPa, respectivamente (32).

Se ha descrito que la sangre capilar contiene PO₂ de 50.1 a 70.9 mmHg, PCO₂ 21,2 a 35,5 mmHg, pH de 7.37 a 7.53 y concentración de glucosa de 85 a 115 mg/dl, los datos indican un rango de concentración de glucosa en sangre con diferencia de 5 a 10 mg/dl entre la sangre capilar, arterial y venosa, la PCO₂ en sangre capilar es menor que en la sangre arterial y venosa, la PO₂ en sangre capilar es mayor que en la sangre venosa y menor que la sangre arterial (31).

Las indicaciones de toma de gases capilares arterializados que se han descrito son: Análisis de gases en sangre arterial cuando no se dispone de acceso arterial, cuando las lecturas del monitor no invasivo son anormales: Valores transcutáneos, CO₂ al final de la espiración, oximetría de pulso, evaluación del inicio, la administración o el cambio en las modalidades terapéuticas como en ventilación mecánica, cuando se detecta un cambio en el estado del paciente mediante la historia clínica o la evaluación física y cuando se desea controlar la gravedad y la progresión de un proceso de enfermedad documentado (5). Dentro de las complicaciones de la toma de gases capilares están la infección, osteomielitis del calcáneo y celulitis, hematoma, calcificación ósea, lesión nerviosa, cicatrices, dolor o sangrado (5)

La muestra capilar generalmente tiene menor volumen comparado con las muestras venosa y arterial, esto hace que sea susceptible a errores durante el análisis de la muestra, es por ello por lo que existen recomendaciones para la toma de muestra capilar (33). Todos los suministros deben estar dentro de la fecha de caducidad, deben estar diseñados con estándares de seguridad adecuados para minimizar el riesgo de lesiones profesionales (34).

La muestra debe estar anticoagulada, con el tubo capilar lleno completamente y sin burbujas de aire, debe analizarse inmediatamente dentro de los 5-15 minutos si se deja a temperatura ambiente (5). Las limitaciones pueden ser el calentamiento inadecuado del sitio antes de la punción, que puede resultar en valores capilares que se correlacionen pobremente con los valores de pH, PO₂ y PCO₂ arterial, puede ser necesario realizar una segunda punción para obtener una cantidad adecuada de sangre y la variabilidad

en los valores de PO₂ capilar en ocasiones impide el uso de estas muestras para evaluar el estado de oxigenación (5).

En un estudio realizado en el año 1996 sobre las diferencias en PO₂ y PCO₂ entre muestras arterial y capilar, incluyeron 115 adultos, se tomaron muestras simultáneamente de arteria radial y del lóbulo de la oreja, los coeficientes de correlación entre las dos muestras fueron 0,928 para los valores de PO₂ y 0,957 para los valores de PCO₂. Hubo una correlación muy significativa, pero los valores de PO₂ en el lóbulo de la oreja eran habitualmente más bajos que los valores arteriales, con mayores diferencias en el rango de PO₂ arterial normal, por lo que el estudio concluyó que en pacientes adultos, la PO₂ de la sangre capilar arterializada del lóbulo de la oreja no es un espejo fiable de la PO₂ arterial (35).

Entre los estudios con mayor evidencia se encuentra un metaanálisis publicado en 2006, que luego de revisar 525 artículos, escogieron 28 que tenían datos individuales emparejados que comparaban muestras de la yema del dedo o del lóbulo de la oreja con muestras arteriales en adultos. En los resultados se encontró que el muestreo del lóbulo de la oreja en comparación con la yema del dedo presentaba una desviación estándar 2,5 veces mejor, al parecerse a la PO₂ arterial en un amplio rango de la PO₂ arterial (21-155 mmHg). Cuanto menor es la PO₂ arterial, más precisa es la predicción de la PO₂ de cualquier muestra capilar ($p < 0,05$), el muestreo del lóbulo de la oreja es ligeramente más preciso en comparación con el muestreo de la yema del dedo, ya que se asemeja a la PCO₂ arterial, pero ambos sitios pueden reflejar fielmente la PCO₂ arterial y el pH arterial. El estudio concluye que la muestra de sangre de la yema del dedo o del lóbulo de la oreja refleja con precisión la PCO₂ arterial y el pH, puede ser apropiado tomar muestras capilares del lóbulo de la oreja como reemplazo de la PO₂ arterial pero con menor precisión, ya que el error estándar residual es de 6 mmHg cuando se predice la PO₂ arterial a partir de una muestra capilar del lóbulo de la oreja (36).

Luego de realizar una búsqueda sistemática de la literatura durante el mes de julio de 2020, Teniendo en cuenta artículos desde el año 1960 hasta el 2020, se encontraron diferentes estudios donde se evaluó el uso de gases capilares arterializados, pocos estudios en población pediátrica y ninguno a la altura de Bogotá. La búsqueda de las referencias se llevó a cabo mediante bases de datos como PubMed, EMBASE, Science Direct, Web of science utilizando los términos MeSh: 'arterialized blood gases' OR (arterialized AND ('blood'/exp OR blood) AND ('gases'/exp OR gases)). Después de la eliminación de duplicados y depuración por título, resumen y texto completo, se encontraron nueve estudios de interés que guardan relación con este estudio.

Tabla 1. Estado del arte.

| AUTORES | TÍTULO Y AÑO | RESULTADOS | POBLACIÓN | RANGO DE EDAD | ALTURA EN LA QUE SE REALIZÓ EL ESTUDIO | MEDIDAS DE RESUMEN | OBSERVACIONES |
|--|---|---|--|----------------------|--|--------------------|--|
| Ratna N. G. B. Tan1, Steffen C. Pauws Evelyne van Loon, Vivanne E. Smits1, Enrico, Lopriore and Arjan B. te Pas (10) | Correlation and Interchangeability of venous and capillary blood gases in Non-Critically Neonates AÑO 2018 | Los gases venosos y capilarizados fueron significativos y muy fuerte correlacionados positivamente para pH (r = 0.79), BE (r = 0.90) y bicarbonato (r = 0.87), fuerte correlacionado positivamente para pCO2 (r = 0.68) y débilmente correlacionado positivamente para pO2 (r = 0,31). El coeficiente intraclase para | Se analizaron 193 muestras emparejadas de gases sanguíneos venosos y gases sanguíneos capilarizados de 93 neonatos | 3 a 13 días de vida. | Leyden, Holanda, msnm | r, valor de P. | Gases sanguíneos venosos y gases capilarizados en neonatos están bien correlacionados y en su mayoría son intercambiables, excepto para pO2. |

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | <p>medidas promedio entre gases venosos y capilarizados tenía una concordancia casi perfecta para el pH [correlación del coeficiente intraclase (ICC) = 0.87], para PCO₂ (ICC = 0.802); BE (ICC = 0.946), bicarbonato (ICC = 0.928) y acuerdo justo para pO₂ (ICC = 0.364). De todos los componentes de los gases en sangre, el 95% de los límites de acuerdo no estaban dentro del rango de nuestra diferencia absoluta clínica aceptable. El porcentaje de valores dentro de nuestra diferencia absoluta aceptable fue para pH 88%, pCO₂ 72%, pO₂ 55%, BE 90% y bicarbonato 94%. El análisis de las características y condiciones de los pacientes cuando se tomaron muestras de sangre, mostró que solo el llanto fue significativamente mayor en el grupo con pCO₂</p> | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|---|--|---|--|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| | | fuera de rango en comparación con el grupo dentro de la diferencia aceptable para pCO ₂ ; 25 frente a 11%; P = 0,02. | | | | | |
| Jocelyne Cousineau , Suzanne Ancitlb , Ana Carcellerb , Monique Gonthierb , Edgard E. Delvin (15) | Neonate capillary blood gas reference values AÑO 2005 | La imprecisión analítica fue <0.06%, <2%, <5%, <1.3% y <2% para pH, pCO ₂ , pO ₂ , hemoglobina y calcio ionizado, respectivamente. Los del lactato y la glucosa fueron dependientes de la concentración y variaron con un ensayo entre 2.1% y 3.5% para el primero y 2.5% y 1.5% para el segundo. Los valores de las variables de gases en sangre capilar fueron: Valores de pH: No. 119, media de 7.395, 1 SD 0.037, 2.5%ile 7.312, 97.5%ile 7.473, Valores de pCO ₂ : No. 119, media de 38.7, 1 SD 5.1, 2.5%ile 28.5, 97.5%ile 48.7 Valores de pO ₂ : No. 119, media de 45.3, 1 SD 7.5, 2.5%ile 32.8, 97.5%ile 61.2, Valores de Lactato: No. 114, media de 2.6, 1 SD 0.7, 2.5%ile 1.4, 97.5%ile 4.1. Todas las variables | Ciento veintiséis recién nacidos a término (64 hombres, 62 mujeres) fueron incluidos en el estudio. Su edad gestacional fue de 39.6 +/- 1.2 semanas y el peso al nacer fue de 3426 +/- 406 g | 48 +/- 12 horas de vida. | Quebec, Canadá, 231 msnm | media, Desviación estándar. | Se presentaron valores de referencia de gases en sangre capilar, en un grupo de recién nacidos sanos y bien definidos que probablemente sean útiles para la toma de decisiones clínicas. |

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | exhibieron una distribución gaussiana. Como no hubo efecto de género, se agruparon todos los datos. | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|--|---|---|--|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|
| <p>D Yıldızdas, H Yapıcıođlu, H L Yılmaz, Y Sertdemir (14)</p> | <p>Correlation of simultaneously obtained capillary, venous, and arterial blood gases of patients in a paediatric intensive care unit</p> <p>AÑO 2004</p> | <p>Treinta (28%) de los pacientes fueron intubados y se obtuvieron muestras mientras los sujetos recibían FiO₂ .0.21. pH, PCO₂, BE y HCO₃ se correlacionaron significativamente en gases sanguíneos arteriales, venosos y capilares. La correlación para PO₂ también fue significativa, pero con menos fuerza. La correlación para pH, PCO₂, BE y HCO₃ fue similar en presencia de hipotermia, hipotermia y tiempo de llenado capilar prolongado, pero en la hipotensión hubo una correlación débil para PO₂ entre solo gases venosos y capilares (r = 0,49, p , 0,001).</p> | <p>116 gases sanguíneos venosos, arteriales y capilares simultáneos de 116 pacientes con diagnósticos de neumonía, sepsis, encefalitis, cardiopatía congénita, síndrome de dificultad respiratoria, quemaduras, intoxicación, estado epiléptico, deshidratación severa, bronquiolitis, crup, encefalopatía metabólica, cetoacidosis diabética, coma hepático, fibrosis quística, meningitis y Síndrome de Barré. La edad media de los pacientes fue de 56,91 meses (rango de 15 días a 160 meses).</p> | <p>15 días a 160 meses de edad.</p> | <p>Adana Turquía, msnm.</p> | <p>r², valor de P</p> | <p>Buena correlación en pH, PCO₂, PO₂, BE y HCO₃ entre los valores de gases arteriales, venosos y capilares, pero en presencia de hipotensión solo hubo una correlación débil en los valores de PO₂ entre gases venosos y capilares. Las mediciones de gases sanguíneos capilares y venosos pueden ser alternativas útiles a las muestras de gases arteriales para pacientes que no requieren mediciones continuas regulares de la presión arterial y una estrecha monitorización de las mediciones de PaO₂. No se recomienda gases capilares o venosos para determinar la PO₂.</p> |
|--|---|---|--|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|---------------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| <p>Raffo Escalante-Kanashiro, MD; Jose Tantaleán-Da-Fieno, (9)</p> | <p>Capillary blood gases in a pediatric intensive care unit AÑO 2000</p> | <p>El 72% de las muestras se obtuvieron el paciente recibía una FIO₂ > 0.21, el 78,7% de las muestras se obtuvieron durante la ventilación mecánica. Se encontró que la perfusión periférica por llenado capilar era normal en 59 muestras y retrasada en 16 muestras. En ocho muestras (seis de ellas de recién nacidos), la presión arterial era baja. En 30 de las 75 muestras, se observó al menos una de las siguientes condiciones: hipotermia, hipoperfusión o hipotensión. La diferencia entre los promedios fue 0 para pH, 0,44 para PCO₂, 0,15 para HCO₃ y 51 para PO₂. Cuando los datos se analizaron según la edad, se observó una mejor correlación para los niños mayores de 1 mes. En 15 muestras de gases capilares, la PO₂ era > 100, y solo una muestra de gases</p> | <p>75 muestras emparejadas; 64% eran de hombres y 36% de mujeres. La edad promedio fue de 21.5 meses (rango, 0.6-134 meses); Ocho pacientes eran recién nacidos.</p> | <p>0.6 a 134 meses de edad.</p> | <p>Lima Perú, 161 msnm</p> | <p>r²</p> | <p>Los gases capilares son una alternativa útil a la evaluación gasométrica de niños en estado crítico. Se encuentra una alta correlación con gases arteriales siempre que no haya hipotensión; La hipotensión es la única condición que perjudica significativamente esta correlación. Aunque nuestros datos parecen justificar el muestreo de gases capilares en pacientes hipotérmicos y mal perfundidos.</p> |
|--|--|---|--|---------------------------------|----------------------------|----------------------|--|

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | <p>arteriales correspondiente tenía una PO2 <100. Por el contrario, de 26 muestras arteriales con PO2> 100 torr, 12 muestras capilares tenían PO2 <100. Cuando la hipotensión no estaba presente, la correlación entre gases arteriales y capilares para PO2 fue 0.71; cuando estuvo presente, la correlación disminuyó a 0.21. Cuando la perfusión era normal, la correlación para PO2 fue 0,64; cuando era anormal, la correlación disminuyó a 0,38. Con respecto a PCO2, cuando la hipotensión no estaba presente, la correlación fue de 0.86; Cuando la hipotensión estaba presente, la correlación disminuyó a 0,52. La hipotensión no cambió la correlación del pH. Ni la temperatura ni la perfusión periférica alteraron la correlación de pH o PCO2.</p> | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|---|---|--|---|--------------------------|--------------------------|---|--|
| David McGillivray, Francine M Ducharme, Yves Charron, Claire Mattimoe, Steve Treherne. (13) | Clinical Decision Making Based on Venous Versus Capillary Blood Gas Values in the Well Perfused Child AÑO 1999 | El 75% de las muestras de gases en sangre capilar fueron anormales de acuerdo con los valores de referencia de pH, PCO ₂ y HCO ₃ . Uno de los 78 pacientes fue intubado y admitido en UCI y 2 pacientes recibieron terapia con NaHCO ₃ . Con la excepción de PO ₂ , los valores de gas venoso y capilar mostraron una fuerte relación lineal, con coeficientes de correlación intraclase mayores o iguales a .80. La concordancia cruda para todas las respuestas que compararon muestras venosas capilares por ambos médicos fue mayor o igual a .59 para la interpretación de gases, mayor o igual a .91 para las decisiones sobre la necesidad de bicarbonato o intubación, y mayor o igual a .67 para decisiones con respecto a la necesidad de un cambio en la ventilación si los | Setenta y ocho pacientes de 1 mes a 18 años con diagnósticos de diabetes mellitus conocida o recién diagnosticada (N = 9), dificultad respiratoria moderada (asma, bronquiolitis o neumonía; N = 22), vómitos con o sin diarrea (N = 19), convulsiones (N = 7) y sobredosis de drogas (N = 12). | 1 mes a 18 años de edad. | Quebec, Canadá, 231 msnm | Coeficientes de correlación intraclase (ICC) para el valor de gas medido venoso y capilar, concordancia Intra observador α . | En el paciente bien perfundido, creemos que las muestras venosas son una alternativa aceptable a las muestras de sangre capilar para la determinación de los valores de gases en sangre y para tomar decisiones de manejo clínico. |
|---|---|--|---|--------------------------|--------------------------|---|--|

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | <p>pacientes fueron ventilados. Para los 24 gases capilares con valores de pH anormales, los acuerdos crudos venoso-capilares fueron similares (es decir, $\geq .63$ para la interpretación del gas, $\geq .83$ para la necesidad de bicarbonato, $\geq .88$ para la necesidad de intubación y $\geq .58$ para la necesidad para cambios en la ventilación para los 2 médicos). Para los 78 valores de gas. Ambos intensivistas mostraron una concordancia venosa capilar similar. Se obtuvieron niveles más bajos de concordancia para la pregunta relacionada con la necesidad de un cambio en la ventilación si el paciente fue intubado. Cuando se les preguntó si la fuente de la muestra del valor del gas (venosa versus capilar) influyó en su respuesta a las preguntas de interpretación y manejo, los intensivistas A y B respondieron</p> | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | positivamente en el 26.9% (21/78) y el 11.5% (9/78) de los casos. | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|--|---|---|---|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|
| B I McLAI, J EVANS, AND P R F DEAR (6) | Comparison of capillary and arterial blood gas measurements in neonates AÑO 1988 | No hubo diferencias significativas en la discrepancia media entre los dos grupos (intervalos de confianza del 95% -0.006 a + 0.014 unidades; la cifra de significación del 5% de +0.004 se encuentra dentro de este intervalo). Esto sugiere que calentar el talón tuvo poco efecto beneficioso en la medición del pH. En general, 28 de 158 (18%) de las muestras emparejadas fueron discrepantes en más de 0.05 unidades de pH (aprox una diferencia del 12% en la concentración de iones de H ⁺). La diferencia en la discrepancia media entre los dos grupos no fue significativa al nivel del 5% (intervalos de confianza del 95% -1.1 a + 1.5 kPa; la cifra de significación del 5% de -0.21 se encuentra dentro de este intervalo), lo que indica que el calentamiento del talón tuvo poco efecto. En general, 15 de | 158 muestras de sangre arterial y capilar emparejadas de 41 bebés prematuros, edad gestacional media de 30 semanas (rango 23-34). Todos tenían entre 3 horas y 7 días de edad y tenían catéteres arteriales umbilicales permanentes | 3 horas a 7 días de edad. | Leeds Inglaterra, 340 msnm. | IC, Discrepancia a media. | El calentamiento del talón no hizo una diferencia significativa en la discrepancia entre las mediciones arteriales y capilares de ninguna de las variables. Puede ser que las temperaturas superiores a 40 ° C sean más efectivas en la arterialización de la sangre capilar, pero estábamos preocupados por la posibilidad de dañar la piel. |
|--|---|---|---|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | <p>158 (10%) de las muestras emparejadas fueron discrepantes en más de 1 kPa. Una comparación de las discrepancias entre los dos grupos no mostró diferencias significativas al nivel del 5%, lo que nuevamente sugiere que el calentamiento del talón hizo poca diferencia (S = 1036; varianza (s) = 3944 y 312; SD 1-8; $p > 0.1$).</p> | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|---------------------------|------------------------------|---|--|
| <p>Sheng-Huang Dong, MD; Hui-Min Liu, MD; Guo-Wei Song, MD; Zhen-Pen Rong, MD; Yan-Ping Wu, MD (16)</p> | <p>Arterialized Capillary Blood Gases and Acid-Base Studies in Normal Individuals From 29 Days to 24 Years of Age</p> <p>Año 1985</p> | <p>Se compararon datos de adultos jóvenes (18-24 años) con la población pediátrica. No hubo diferencias en valores entre los 2 sexos, por lo que los valores fueron combinados. en todos los grupos pediátricos, los valores del ph, no tuvieron variaciones significativas respecto a los valores en adultos, dentro del rango 7,36 a 7,46, exceptuando a los pacientes más pequeños, cuyos valores fueron más bajos, con un pH medio de 7.396. la media de PCO2 de 34.9 para lactantes fue menor que la de 40.5 para adultos, no hubo diferencias significativas en PCO2 en niños entre 1-3 años, posteriormente mostró aumento gradual con la edad, hasta los 18 años, cuando se logró el valor de los adultos. el componente metabólico fue inferior en lactantes y niños de 1-3 años, con una media de HCO3 de</p> | <p>Se midieron gases capilares arterializados en 712 individuos sanos entre 29 días y 24 años.</p> | <p>29 días a 24 años.</p> | <p>Pekín China, 43 msnm.</p> | <p>Desviación Estándar y valores de P</p> | <p>Los valores encontrados de gases y estado ácido base, en lactantes y niños de diferentes edades son similares a los reportados en la literatura. en general casi todos los valores fueron menores en lactantes y fueron aumentando gradualmente con la edad, hasta alcanzar el valor de adultos en el rango de 7 a 12 años. los valores de pH capilar fueron estables después del año de vida, el rango de pH se calculó en base a la concentración de hidrogeniones. las bases fisiológicas de estas variaciones no son claras, probablemente están en relación con un imbalance entre la producción/excreción de hidrogeniones en edades tempranas.</p> |
|---|---|---|--|---------------------------|------------------------------|---|--|

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | <p>21mEq/L y 21,3 mEq/L respectivamente, con un aumento progresivo con la edad, hasta lograr 24,4 mEq/L en el grupo de 12 a 18 años, muy cercano al de los adultos.</p> <p>la PO₂ fue significativamente menor en niños que en adultos, el valor medio para el grupo de menor edad fue de 71,4 mmHg, con aumento gradual significativo con la edad, logrando en el grupo 7-12 años una PO₂ media de 97 mmHg.</p> <p>la SO₂, tuvo variaciones mínimas, con valor medio de 92,6% para lactantes y 95,6% para niños de 3-7 años - muy cercano al de los adultos.</p> <p>La altitud de Pekín es de 40-50 msnm.</p> | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|------------------|--|---|--|------------------------|----------------------------|---|---|
| Doig, W. B. (12) | Value of Arterialized Capillary Blood Gas Analysis in Lower Respiratory Tract Infection in Childhood Año 1971 | El rango de Po2 en los 50 controles fue 62-99 mmHg, 38 lactantes tenían una Po2 de 70 mmHg o más, En 15 casos el nivel arterial fue mayor que el capilar, siendo la mayor diferencia 18 mmHg, pero en 10 casos el nivel capilar excedió el arterial, siendo la mayor diferencia 13 mmHg; sólo en un caso los dos eran idénticos. En 66 de los 70 pacientes, el nivel de Po2 capilar inicial se obtuvo con el aire que respiraba el bebé El rango fue de 22-87 mmHg y en 42 casos fue menor de 70 mmHg. 36 de estos 42 casos fueron atendidos inmediatamente en oxígeno. La concentración inicial de oxígeno para los 40 lactantes así tratados osciló entre el 30 y el 60% y los niveles correspondientes de P02 fueron entre 47 y 118 mmHg. 27 bebés tenían una Po2 70 mmHg o más, pero 13 todavía tenían una Po2 de menos de 70 | Setenta lactantes con edades entre 17 y 133 días ingresados en el hospital con infección aguda del tracto respiratorio bajo de diversa gravedad. | 17 a 133 días de edad. | Glasgow, Escocia, 66 msnm. | Rangos de pH, PaO2, PCo2, en muestras de sangre capilar arterializada | Medida de PO2 en sangre capilar arterializada, aunque menos fiables que los arteriales, permiten un control satisfactorio de la oxigenoterapia en el lactante cuando también se monitoriza la concentración de oxígeno en la atmósfera inspirada. Siempre se puede obtener sangre y se pueden tomar muestras con frecuencia. La terapia con oxígeno, obviamente, puede controlarse con mayor precisión cuando se dispone de tales mediciones y la hipoxia se corrige con mayor seguridad. |
|------------------|--|---|--|------------------------|----------------------------|---|---|

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | <p>mmHg. La mayoría de los lactantes presentaba cierto grado de hipercapnia, los niveles iniciales de Pco2 oscilaban entre 30 y 100 mmHg y 38 lactantes tenían niveles de 45 mmHg o más. Durante la oxigenoterapia, el mayor aumento de la Pco2, sobre el valor inicial obtenido después del ingreso, fue de 15 mmHg y el nivel más alto registrado fue de 105 mmHg. Al alta la Pco2 en todos los casos fue normal (<38 mmHg). No se utilizó ventilación asistida en ningún lactante de esta serie. No hubo muertos.</p> | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|---|---|--|---|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| <p>D. J. MACRAE, M.D., F.R.C.S., F.R.C.O.G. (7)</p> | <p>COMPARISON BETWEEN ARTERIAL, CAPILLARY AND VENOUS ACID-BASE MEASUREMENTS IN THE NEWBORN INFANT</p> <p>1966</p> | <p>Al comparar la diferencia entre las lecturas capilares y arteriales, se puede ver que la diferencia relativa para PCO y pH son estadísticamente significativas; pero, en cuanto al componente metabólico, el exceso de base y el bicarbonato estándar, no se encontró significación estadística. La diferencia entre capilar y arteria para casos normales solo se evalúa para mostrar que a las 12 horas las diferencias fueron significativas al nivel del 1 por ciento; mientras que a las 24 horas la diferencia de pH fue solo significativa en el nivel más bajo del 5% y para Pco₂, fue justo debajo del nivel significativo. Esto sugeriría un enfoque hacia la ausencia de importancia en los valores de ácido-base capilar y arterial con un aumento de la edad en los bebés normales. En los tres casos prematuros no</p> | <p>Se estudiaron un total de 112 muestras de sangre en 18 bebés durante sus primeras 24 horas de vida. Catorce lactantes (casos 1 a 14) fueron a término y saludables con puntajes de Apgar superiores a 7, y cuatro lactantes (casos 15 a 18) fueron prematuros.</p> | <p>24 horas de vida.</p> | <p>Londres Inglaterra, 35 msnm.</p> | <p>Media, desviación estándar.</p> | <p>Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las estimaciones arteriales y capilares de pH y PCO, en una serie de recién nacidos a término y prematuros durante sus primeras 24 horas de vida; en los casos a término las diferencias fueron menores a las 24 horas, mientras que en los casos prematuros se obtuvo lo contrario. Estas diferencias no se consideraron suficientes para evitar la aceptación clínica prudente de las lecturas capilares. No se encontraron diferencias estadísticas en los valores obtenidos para el componente metabólico de la sangre en las muestras arteriales y capilares. El muestreo capilar es sin riesgo, es simple de realizar y es especialmente adecuado para el monitoreo intermitente de ácido-base.</p> |
|---|---|--|---|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | <p>hubo significación en las diferencias entre el pH y la Pco₂. El Pco₂ de los vasos sanguíneos capilares de 4-5 mmHg superior a 1,2 mmHg. debajo de los niveles arteriales relacionados, con un nivel medio más alto de 1.4 mmHg. La Pco₂ media de sangre venosa supera el nivel arterial medio en 0,9 mmHg. La comparación entre el pH de las muestras revela un rango capilar de entre 0.025 por debajo y 0.015 por encima de los niveles arteriales, con una media de 0.010 por debajo; y los niveles de pH venoso tienen un valor medio más bajo de 0.014 en comparación con la sangre arterial. El déficit de la base capilar varía de 1 mEq/l más alto a 1.6 mEq/l. menores que las lecturas arteriales relativas, con un déficit medio de 0.1 mEq./l., y la diferencia en los valores estándar de bicarbonato en sangre capilar y arterial es no</p> | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | <p>mayor a 1 mEq./l., con una media de 0.0 mEq./l.</p> <p>Las muestras venosas tienen una Pco2 media, de 1,5mm mayor y un pH medio de 0.027 menor que las muestras arteriales correspondientes</p> | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

Problema

Planteamiento del problema

El análisis de gases sanguíneos permite de forma rápida la evaluación múltiples parámetros fisiológicos, entre ellos: la oxigenación, la ventilación y el diagnóstico de alteraciones en el equilibrio ácido base (16) (37)(38).

Los valores de referencia de diferentes parámetros varían por los cambios de altitud en relación con la presión barométrica. A mayor altura, menor presión inspirada de oxígeno, con el subsecuente descenso de PO₂, SaO₂ y por aumento del volumen minuto por hipoxemia, también disminuye la PCO₂ (17) (37)(38).

Las muestras tomadas por cateterismo directo de la arteria radial, constituyen la técnica estándar para evaluar el intercambio de gases, pero esta técnica es dolorosa y en la población pediátrica, al favorecer el llanto, puede alterar los resultados (36).

Dentro de los métodos alternativos, el muestreo de capilares arterializados, es un sustituto confiable (36), diversos métodos se han usado para lograr que los parámetros de muestra capilar se acerquen a los de la sangre arterial (36)(16).

El requerimiento de menor cantidad de muestra y la existencia de mínimas inquietudes desde el punto de vista ético y de seguridad para realizar el procedimiento, han hecho del análisis de gases capilares en la actualidad, un método fiable, preciso, útil y de bajo costo (36)

Existe un efecto de la presión barométrica sobre el intercambio gaseoso, que además se puede ver afectado por la edad, pues el proceso madurativo va modificando la fisiología pulmonar (37).

Mediante este estudio, se buscó evaluar los diferentes parámetros gasométricos en sangre capilar en población pediátrica sana a la altura de Bogotá, con la intención de tener valores de referencia, que permitan su aplicación a la práctica clínica, dado su bajo costo y facilidad en la técnica de la toma de la

muestra, además de usarse como referencia para futuros estudios sobre el tema.

Pregunta de investigación

Tabla 2. Pregunta PICO

| P | I | C | O |
|--|---|---|--|
| Niños de 1 mes a 17 años, sanos, que vivan a 2600m de altitud. | Medición de Gases capilares arterializados. | | Determinación de parámetros de equilibrio ácido-base, oxigenación y ventilación. |

- ¿Cuáles son los valores normales de gases capilares arterializados en niños de 1 mes a 17 años, sanos, que vivan a 2600 m de altitud?

Justificación

Dentro del arsenal diagnóstico usado en población pediátrica, el análisis de gases sanguíneos proporciona información valiosa de diferentes parámetros clínicos, dentro de las posibles muestras a analizar, los gases arteriales brindan datos de la oxigenación, la ventilación y el equilibrio ácido base, pero tiene como dificultad que la canalización de un vaso arterial tiene mayores complicaciones y dolor durante la toma que puede falsear los resultados de los gases sanguíneos, estas podrían disminuirse con la toma de sangre capilar, manteniendo las utilidades diagnósticas del análisis de sangre arterial.

Con el trabajo en curso se buscó tener ampliar el conocimiento disponible sobre el tema y conseguir valores de referencia de gases capilares en niños sanos a gran altura, ya que en la actualidad no existen, solo hay disponibles estudios de gases capilares arterializados en niños a nivel del mar.

Al proporcionar sobre el tema, se podría beneficiar a la población pediátrica, pues lograr un mayor uso de los gases capilares en niños, puede ofrecer una herramienta técnicamente más fácil, que las usadas en la actualidad para el abordaje diagnóstico de diferentes patologías.

Objetivos

Objetivo general

- Determinar los valores normales de los parámetros de equilibrio ácido-base, oxigenación y ventilación en niños de 1 mes a 17 años, sanos, que viven a 2600m de altitud.

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros normales de equilibrio ácido-base dentro de los subgrupos por sexo y edad.
- Describir los valores normales de las variables de oxigenación en la población a estudio de acuerdo con la edad.
- Definir los parámetros de normalidad de los indicadores de ventilación en la población pediátrica general y dentro de subgrupos de acuerdo con la edad.
- Comparar los resultados obtenidos con los descritos en la literatura disponible.

Aspectos metodológicos

Tipo y diseño de estudio

- Diseño de estudio: Estudio analítico de corte transversal.

Población

- Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años, sanos atendidos en hospital Santa Clara de Bogotá, Colombia.

Criterios de inclusión

- Pacientes de 1 mes a 17 años con ausencia de patología respiratoria, ventilatoria o metabólica, que son atendidos en Hospital Santa Clara en los servicios de consulta externa y hospitalización.

Criterios de exclusión

- Paciente con presencia de signos inflamatorios en el sitio de punción.
- Paciente con tejido cianótico o mal perfundido en el sitio de punción.
- Áreas localizadas de infección en el sitio de punción.
- Presencia de vasoconstricción periférica.
- Pacientes cuyos padres no firmen el consentimiento informado.
- Pacientes que se nieguen a la toma de muestra.

Tamaño de la muestra

- Al ser un estudio descriptivo, se obtuvo el tamaño de la muestra con la siguiente fórmula (39):

$$N = 4\sigma^2(Z_{crit})^2/D^2$$

Donde N es el número de la muestra, σ es la desviación estándar asumida por el grupo, D es el rango total del IC esperado y Zcrit es el dado por la tabla:

Tabla 3. DS, significancia IC.

| Criterio Significativo | Valor de Zcrit |
|-------------------------------|-----------------------|
| 0.01(99) | 2.576 |
| 0.02 (98) | 2.326 |
| 0.05(95) | 1.960 |
| 0.10(90) | 1.645 |

Desviación normal estándar (zcrit) correspondiente a criterios de significancia e IC seleccionados (tomada de (39)).

La desviación estándar se obtuvo del estudio Sheng y Co. (16) donde se describieron valores de gases capilares arterializados en niños sanos, tuvimos en cuenta el valor de pO₂ de 89,6 mmHg +/- 11, con un IC de 95% el valor de Zcrit es 1.96.

Según la fórmula anterior, se obtuvo un tamaño de muestra final de 255 niños de la población total, los cuales se planearon recolectar según cumplimiento de criterios de inclusión y exclusión, entre edades de 1 mes a 17 años, independientemente el número de sujetos por grupo etario, previendo la pérdida de pacientes, se planteó recoger un 10% adicional al tamaño de muestra estimado, para un total de 280 pacientes.

Variables para evaluar

- Edad: Cuantitativa, Discreta
- Sexo: Cualitativa, Nominal
- pH: Cuantitativa, Continua
- PCo₂: Cuantitativa, Continua
- PO₂: Cuantitativa, Continua
- SaO₂: Cuantitativa, Continua
- HCO₃: Cuantitativa, Continua
- Base exceso: Cuantitativa, Continua

Matriz de variables**Variables independientes o predictoras:**

- **Edad:** Tiempo transcurrido desde el momento del nacimiento hasta el momento de la participación en el estudio medido en años cumplidos.
- **Sexo:** Femenino o masculino

Variables dependientes:*Tabla 4. Variables dependientes.*

| Nombre | Definición Conceptual | Definición Operacional | Escala de medición |
|------------------|--|--|---------------------------|
| pH | Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. | Medida del estado ácido base. | Escala de pH |
| PCo ₂ | Presión parcial de dióxido de carbono (CO ₂) en la sangre | Usado como parámetro de evaluación de la ventilación | mmHg |
| PO ₂ | Presión parcial de Oxígeno (O ₂) en la sangre | Usado como parámetro de evaluación de la oxigenación | mmHg |
| SaO ₂ | Proporción (%) de la capacidad total de la hemoglobina en la sangre, que está ocupada por oxígeno (O ₂). | Usado como parámetro de evaluación de la oxigenación | % |
| HCO ₃ | Nivel de Bicarbonato en la sangre | Usado como medida del estado ácido base | mmol/L |
| Base exceso | Cantidad de ácido requerido para volver el pH de la sangre al valor normal (pH 7.4). | Usado como medida del estado ácido base | Mmol/L |

Instrumento de recolección de datos*Tabla 5. Instrumento de recolección de datos*

| No. | Nombre | Identificación | Edad | Sexo | pH | PCO2 | PO2 | SaO2 | HCO3 | BE |
|------------|---------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------|
| | | | | | | | | | | |

Materiales y métodos

Elementos por utilizar

- Desinfectante
- Agua tibia
- Capilares y micro contenedores
- Lanceta para punción de lactantes “BD Quikheel infant Lancet” de 1 mm de profundidad y 2.5 mm de ancho y lanceta “BD Microtainer® Contact Activated” para niños mayores (fueron suministrados por el laboratorio BD)
- Algodón
- Gasas
- Vendaje o cinta adhesiva
- Guantes de manejo
- Recipiente para la eliminación de los dispositivos de muestreo usados
- Gorro
- Careta
- Mascarilla quirúrgica
- Monogafas
- Trajes anti fluidos

Toma de la Muestra

1. Se recogieron datos de pacientes de 1 mes de vida a 17 años, que asistieron al Hospital Santa Clara, en las áreas de consulta externa de pediatría y/o hospitalización pediátrica, cuyo motivo de

- consulta o causa de hospitalización no estuviera relacionada con patología respiratoria, ventilatoria o metabólica y se les invitó a participar en el estudio.
2. Se atendió el paciente con todos los elementos de protección personal para pandemia covid19: Mascarilla quirúrgica, monogafas, careta, traje antifluidos, lavado e higienización de manos en los 5 momentos según la OMS.
 3. Se explicó la técnica de toma de la muestra, luego de aceptar participar, firmaron los consentimientos y asentimientos informados.
 4. Se incluyeron en el estudio los pacientes que cumplían los criterios de niño sano y que no tenían criterios de exclusión.
 5. Los sujetos fueron examinados, para descartar otras alteraciones.
 6. Desde el sitio donde se encontraban los pacientes, fueron conducidos por nuestro equipo al laboratorio de función pulmonar, donde utilizamos el equipo GEM Premier 5000, de acuerdo con las instrucciones del fabricante y disponibilidad del equipo.
 7. La calibración del equipo se realizó diariamente, según protocolos del laboratorio, y recomendaciones del fabricante.
 8. Con el sujeto en posición cómoda, se explicó en lenguaje sencillo al paciente y acudiente y se obtuvo el consentimiento informado.
 9. El encargado de la toma de la muestra realizó lavado de manos antes y después del contacto con el paciente, se identificó ante el paciente y su familiar.
 10. Se ubicó al paciente en una posición cómoda en compañía del familiar que según la edad del paciente ayudó a inmovilizar al niño durante la toma.
 11. Se hizo uso de los guantes antes de la toma de la muestra.
 12. Según las instrucciones de las lancetas utilizadas del laboratorio BD (“BD Quikheel infant Lancet” de 1 mm de profundidad y 2.5 mm de ancho y lanceta “BD Microtainer® Contact

Activated”), se realizó la punción en el talón en lactantes menores de 1 año y en el pulpejo del dedo en niños mayores de 1 año. Se le pidió a al acudiente calentar con el tacto donde se iba a realizar la punción.

13. Se realizó asepsia y antisepsia de la piel del sitio de punción, usando algodón o gasa estéril y desinfectante.
14. Se eliminó la primera gota de sangre capilar muestreada.
15. Se recolectó la muestra, poniendo la punta del dispositivo de micro colección en contacto con la segunda gota de sangre capilar y fluyó por gravedad, se evitó masajear o apretar excesivamente el lugar de la punción para prevenir la hemólisis.
16. Se desechó inmediatamente el dispositivo de incisión.
17. Luego de la punción, se aplicó presión directa en la herida con gasa limpia.
18. Cualquier inconformidad que se produjo durante la punción cutánea se registró, ejemplo llanto excesivo durante la toma de muestra (32)(33).
19. La muestra fue anticoagulada, con el tubo capilar lleno completamente y las burbujas de aire expulsadas.
20. Se analizó inmediatamente dentro de 1-2 minutos luego de la toma de la muestra.
21. Los resultados obtenidos se entregaron a los padres junto con la interpretación y explicación, posteriormente fueron almacenados en base de datos de Excel donde se incluyeron las variables descritas para el posterior análisis estadístico.

Aspectos estadísticos

La información fue recolectada en el instrumento diseñado en Word (versión 2111), fue tabulada en Excel (versión 2111) y exportada a IBM SPSS Statistics (versión 28.0.1.0) para el análisis. Se realizó un estudio analítico, las variables cualitativas se distribuyeron con frecuencias y porcentajes. Para evaluar diferencias de variables continuas se utilizó ANOVA o Kruskal Wallis, según fuera apropiado, en caso de ser de distribución normal las variables, se usaría mediana y rango intercuartil.

Se agrupó por edades de la siguiente forma: Lactantes de 1 mes a 1 año, escolares de 1 a 5 años, niños de 5 a 12 años y 12 a 17 años. El análisis de grupos se realizó mediante ANOVA de un solo paso o Kruskal Wallis según fuera apropiado. La comparación múltiple con prueba de Tukey. En el caso de la comparación por sexos, se aplicó test de Mann Whitney según normalidad.

Control de sesgos

Para garantizar una adecuada precisión y validez del estudio, se implementó diferentes tácticas para evitar sesgos. A continuación, se detallan las diferentes estrategias de control teniendo en cuenta el tipo de sesgo.

- **Selección:** Se tuvo en cuenta toda la población que cumpla criterios de inclusión y de este grupo se excluyeron aquellos que tengan al menos un criterio de exclusión. Se verificó siempre el nombre completo, documento de identificación y la fecha de nacimiento de todos los pacientes en quienes se realizará la prueba.
- **Procedimiento:** Se garantizó que la recolección de la información se hiciera de forma anónima y privada. La realización de la prueba y el diligenciamiento de los datos en la base de Excel se llevó a cabo directamente por los investigadores, personas calificadas para realizar dicha actividad. Los instrumentos fueron debidamente calibrados y el procedimiento se realizó según los pasos descritos en la metodología.

Aspectos éticos

La realización de este estudio se hizo bajo la normatividad nacional e internacional, rigiéndose por los principios éticos que allí se establecen.

Según lo definido en la Declaración de Helsinki, el Informe Belmont, las Pautas CIOMS y en la normativa colombiana según la Resolución 8430 de 1993 para la investigación en salud.

La protección de datos clínicos, según lo reglamentado por la Resolución 1995 de 1999 y la Ley Estatutaria de habeas data 1581 de 2012.

Se tuvieron en cuenta los puntos definidos para evaluar los riesgos predecibles y beneficios posibles, el respeto a los derechos del sujeto, prevaleciendo su interés por sobre los de la ciencia y la sociedad, se realizó consentimiento y asentimiento informado, garantizando el respeto por la libertad del individuo.

Los investigadores guardaron reserva, privacidad y confidencialidad de la información obtenida.

El protocolo de investigación se sometió a evaluación y aprobación al Comité de Ética en Investigación del Hospital Santa Clara y se inició la recolección de la información y la toma de muestras posterior a este.

Considerando la emergencia sanitaria actual (nuevo SARS-COV2 que requiere disminuir el contacto entre personas y evitar la transmisión de infecciones), el tiempo de participación de los pacientes fue corto, el procedimiento se realizó en un único tiempo, fue de bajo riesgo y no requirió seguimiento. Se solicitó al comité de ética de la ESE Subred Integrada de Servicios de Salud Centro Oriente, exonerar para esta investigación la presencia de: el segundo padre de familia, los testigos y la valoración por psicología, lo cual fue aprobado.

Cronograma de actividades*Tabla 6. Cronograma.*

Se presenta a continuación la planeación de realización del presente proyecto, teniendo diferentes encuentros quincenales con los tutores temático y metodológico. Tabla 3. Cronograma.

| ACTIVIDAD | 2020 | | | | | | 2021 | | | | | | | | | | | | 2022 |
|---|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|
| | jul | ago. | sep | oct | nov | dec | ene | feb. | mar | abr | may | jun | jul | ago. | sep. | oct | nov | dic | ene |
| Desarrollo de protocolo de investigación. | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Calibración y prueba de equipos (máquina de gases) | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de instrumento de recolección de datos y consentimiento y asentimiento informado. | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Aprobación por comité de ética. | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | |
| Recolección de datos | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Codificación y categorización de la información. | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | |
| Construcción de tablas de evidencia. | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | | | |
| Interpretación de resultados. | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | |
| Redacción de informe final. | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Redacción de artículo científico. | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Sometimiento de artículo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X |

Presupuesto

Tabla 7. Presupuesto

| PERSONAL | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|--------------|
| <i>Nombre del participante</i> | <i>Nivel máximo de formación</i> | <i>Rol en el proyecto</i> | <i>Tipo de participante</i> | <i>Horas mensuales dedicadas al proyecto</i> | <i>Nº de meses</i> | <i>Valor / Hora</i> | <i>Total</i> |
| Ricardo Aristizábal | Especialización clínica | Co-Investigador | Tutor temático | 8 | 16 | 53000 | 6784000 |
| Carlos Rodríguez | Especialización clínica | Co - Investigador | Tutor metodológico | 8 | 16 | 53000 | 6784000 |
| Carlos Camargo | Pediatra | Investigador | Estudiante de Esp. | 20 | 16 | 46000 | 14720000 |
| María Alejandra Bejarano | Pediatra | Investigador | Estudiante de Esp. | 20 | 16 | 46000 | 14720000 |
| | | | | | | | |
| MATERIALES E INSUMOS | | | | | | | |
| <i>Descripción</i> | | | | | <i>Cantidad</i> | <i>Val Unit.</i> | <i>Total</i> |
| Material de escritura y rotulación | | | | | 15 | 1500 | 22500 |
| Analizador de gases en sangre | | | | | 2 | 0 (Disponible en institución) | 0 |
| Procesamiento de gases por unidad | | | | | 255 | 8000 | 2040000 |
| Tubos capilares | | | | | 255 | 1000 | 255000 |
| Lancetas | | | | | 255 | 1000 | 255000 |
| Torundas de algodón | | | | | 7 paquetes | 14500 | 101500 |
| Antiséptico (alcohol isopropílico 70% toallines) | | | | | 3 paquete x 100 u | 10000 | 30000 |
| SERVICIOS TÉCNICOS | | | | | | | |
| <i>Descripción</i> | | | | | <i>Cantidad</i> | <i>Val Unit.</i> | <i>Total</i> |
| Revisión Anual equipos tecnológicos | | | | | 3 | 200000 | 600000 |
| MATERIAL BIBLIOGRÁFICO | | | | | | | |
| <i>Descripción</i> | | | | | <i>Cantidad</i> | <i>Val Unit.</i> | <i>Total</i> |
| Artículos de revistas | | | | | 10 | 100000 | 1000000 |
| EQUIPOS Y SOFTWARE | | | | | | | |
| <i>Descripción</i> | | | | | <i>Cantidad</i> | <i>Val Unit.</i> | <i>Total</i> |
| Suscripción Office 365 | | | | | 3 | 360000 | 1080000 |
| Total | | | | | | | 48.392.000 |

Se realizó un análisis técnico en donde se tuvo en cuenta otros aspectos administrativos y legales con el fin de mostrar de forma global la viabilidad del proyecto. Se utilizó el analizador de gases en sangre de la institución y cada procesamiento de toma de gas capilar arterializado fue patrocinado por el proveedor para Subred Centro Oriente, Quinberlab S.A. El laboratorio BD, proporcionó las lancetas para lactantes y niños mayores de 1 año.

El origen de los honorarios de los investigadores será el siguiente:

Dr. Ricardo Aristizabal en el marco de su labor como Neumólogo pediatra de la Subred, se incluyen horas de investigación y docencia, que fueron utilizadas en el desarrollo de este proyecto.

Dr. Carlos Rodríguez como docente de Investigación de Facultad de Medicina de la Universidad El Bosque, se incluyó horas de asesoría Metodológica.

Los doctores, Carlos Camargo y María Alejandra Bejarano realizaron labores dentro de su formación como residentes de Neumología Pediátrica de la Universidad El Bosque.

Resultados

Durante el periodo de recolección de muestra, se invitaron a participar 115 individuos, de los cuales 110 cumplían los criterios de inclusión y exclusión, de estos 8 se negaron a participar, lográndose analizar un total de 102 individuos. En la tabla 1 se observa que el 58,8% de los niños fueron masculinos y la edad promedio de los niños estudiados fue 6,98 años ($\pm 5,41$).

Tabla 8. Distribución de frecuencias de la edad y el sexo de los pacientes estudiados

| Variable | Frecuencias | |
|----------------------|-------------|---------|
| Edad años (media/DS) | 6,98 | 5,41 |
| Sexo (n, %) | Femenino | 42 41,2 |
| | Masculino | 60 58,8 |

DS: Desviación estándar

En la tabla 9 se observan los parámetros normales de los pacientes estudiados.

Tabla 9. Distribución de frecuencias los parámetros de los gases arteriales

| Variables | p25 | p50 | p75 | Media | DS |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| pH | 7,42 | 7,45 | 7,47 | 7,44 | 0,04 |
| PCO2 mmHg | 28 | 31 | 34 | 31,08 | 4,96 |
| PO2 mmHg | 57,25 | 63 | 66 | 62,26 | 8,19 |
| SaO2 % | 90,87 | 92,7 | 93,8 | 91,66 | 4,45 |
| HCO3 | 20,12 | 21,3 | 23,05 | 21,48 | 2,71 |
| BE | -3,27 | -2,05 | -0,4 | -1,92 | 2,4 |

DS: Desviación estándar, p: percentil, PCO2: Presión de dióxido de carbono, PO2: Presión de oxígeno, SaO2: Saturación de oxígeno, BE: Base exceso.

En la tabla 10 se observa que los parámetros de los gases arteriales tuvieron diferencias significativas en los grupos etarios.

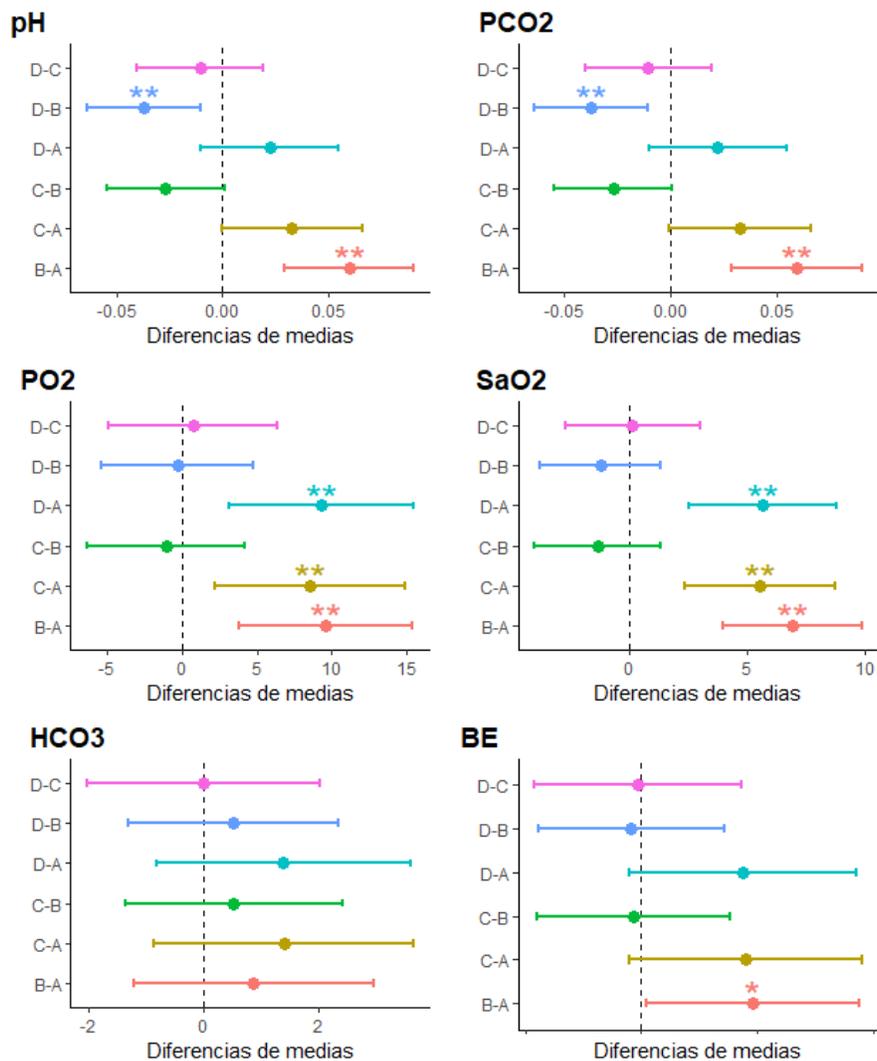
Tabla 10. Distribución de frecuencias de los gases arteriales según el grupo etario

| Grupo Etario | Estimador | Parámetros gases arteriales | | | | | | |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | pH | PCO2 | PO2 | SaO2 | HCO3 | BE | |
| 1 mes a 12 meses (n=19) | Media | 7,42 | 31,79 | 55,11 | 87,12 | 20,47 | -3,35 | |
| | Mediana | 7,41 | 31,00 | 56,00 | 88,00 | 20,40 | -3,10 | |
| | DS | 0,06 | 6,61 | 8,47 | 7,65 | 3,57 | 3,32 | |
| | Mínimo | 7,32 | 17,00 | 36,00 | 63,20 | 14,50 | -10,70 | |
| | Máximo | 7,54 | 44,00 | 68,00 | 95,50 | 26,60 | 1,40 | |
| | Percentiles | 25 | 7,39 | 28,00 | 51,00 | 86,40 | 18,50 | -5,10 |
| | | 50 | 7,41 | 31,00 | 56,00 | 88,00 | 20,40 | -3,10 |
| | | 75 | 7,47 | 36,00 | 60,00 | 92,00 | 22,10 | -1,70 |
| 13 meses a 5 años (n=34) | Media | 7,47 | 29,29 | 64,44 | 93,53 | 21,45 | -1,48 | |
| | Mediana | 7,47 | 30,00 | 64,00 | 93,55 | 21,35 | -1,60 | |
| | DS | 0,04 | 3,96 | 4,32 | 1,33 | 2,07 | 1,81 | |
| | Mínimo | 7,42 | 22,00 | 55,00 | 89,40 | 17,60 | -4,10 | |
| | Máximo | 7,54 | 37,00 | 77,00 | 96,40 | 26,20 | 2,60 | |
| | Percentiles | 25 | 7,45 | 26,00 | 62,00 | 92,78 | 20,40 | -3,15 |
| | | 50 | 7,47 | 30,00 | 64,00 | 93,55 | 21,35 | -1,60 |
| | | 75 | 7,50 | 32,00 | 66,25 | 94,35 | 22,73 | -0,35 |
| 6 años a 12 años (n=23) | Media | 7,45 | 31,74 | 63,13 | 92,08 | 21,90 | -1,66 | |
| | Mediana | 7,45 | 32,00 | 62,00 | 92,50 | 21,70 | -2,10 | |
| | DS | 0,04 | 4,89 | 9,39 | 2,84 | 2,67 | 2,25 | |
| | Mínimo | 7,39 | 20,00 | 51,00 | 85,30 | 17,10 | -6,20 | |
| | Máximo | 7,54 | 42,00 | 90,00 | 97,70 | 27,80 | 3,60 | |
| | Percentiles | 25 | 7,42 | 28,00 | 56,00 | 91,10 | 19,90 | -2,80 |
| | | 50 | 7,45 | 32,00 | 62,00 | 92,50 | 21,70 | -2,10 |
| | | 75 | 7,47 | 34,00 | 66,00 | 93,50 | 23,70 | -0,40 |
| 13 a 17 años (n=26) | Media | 7,44 | 32,35 | 63,88 | 92,19 | 21,90 | -1,71 | |
| | Mediana | 7,43 | 32,50 | 63,00 | 92,50 | 21,60 | -2,40 | |
| | DS | 0,03 | 4,43 | 8,29 | 2,76 | 2,74 | 2,40 | |
| | Mínimo | 7,38 | 18,00 | 52,00 | 86,00 | 14,70 | -5,70 | |
| | Máximo | 7,52 | 41,00 | 91,00 | 97,50 | 26,80 | 3,70 | |
| | Percentiles | 25 | 7,42 | 30,00 | 57,75 | 90,25 | 20,30 | -3,33 |
| | | 50 | 7,43 | 32,50 | 63,00 | 92,50 | 21,60 | -2,40 |
| | | 75 | 7,45 | 35,00 | 67,25 | 93,83 | 23,58 | -0,25 |
| ANOVA | | 0,000 | 0,042 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | |

DS: Desviación estándar, PCO2: Presión de dióxido de carbono, PO2: Presión de oxígeno, SaO2: Saturación de oxígeno, BE: Base exceso.

En la figura 1 se observa la comparación múltiple en un paso de los parámetros de los gases capilares. En el caso del pH, se encontraron valores menores en el grupo de 1 a 12 meses. La PCO₂ fue menor en el grupo de 13 meses a 5 años, mientras que tanto la PO₂ y la SaO₂ fueron menores en el grupo de 1 a 12 meses, en comparación con los otros grupos etarios. No hubo diferencias significativas en los niveles de bicarbonato entre los grupos etarios. La base exceso fue mayor en el grupo de 1 a 12 meses en comparación con el grupo de 13 meses a 5 años.

Figura 1. Diferencia de medias de los parámetros de los gases arteriales según el grupo etario



A: 1 a 12 meses, B: 13 meses a 5 años, C: 6 años a 12 años, D: 13 a 17 años, PCO2: Presión de dióxido de carbono, PO2: Presión de oxígeno, SaO2: Saturación de oxígeno, BE: Base exceso

En la tabla 10 se observa que los parámetros de los gases según el sexo no tuvieron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 10. Distribución de frecuencias de los parámetros de los gases arteriales según el sexo de los pacientes.

| Sexo | Estimador | Parámetros gases arteriales | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | pH | PCO2 | PO2 | SaO2 | HCO3 | BE | |
| Masculino (n=42) | Media | 7,45 | 30,88 | 63,12 | 91,64 | 21,52 | -1,82 | |
| | Mediana | 7,45 | 32,00 | 63,00 | 92,70 | 21,75 | -1,75 | |
| | DS | 0,05 | 5,63 | 9,67 | 5,80 | 3,28 | 3,09 | |
| | Mínimo | 7,32 | 17,00 | 36,00 | 63,20 | 14,50 | -10,70 | |
| | Máximo | 7,54 | 41,00 | 90,00 | 97,70 | 26,80 | 3,70 | |
| | Percentiles | 25 | 7,42 | 27,75 | 57,75 | 90,93 | 19,88 | -3,23 |
| | | 50 | 7,45 | 32,00 | 63,00 | 92,70 | 21,75 | -1,75 |
| | | 75 | 7,49 | 35,00 | 68,00 | 94,23 | 23,85 | 0,33 |
| Femenino (n=60) | Media | 7,45 | 31,23 | 61,67 | 91,69 | 21,46 | -2,00 | |
| | Mediana | 7,44 | 31,00 | 62,50 | 92,70 | 21,20 | -2,40 | |
| | DS | 0,04 | 4,48 | 7,02 | 3,25 | 2,26 | 1,93 | |
| | Mínimo | 7,38 | 22,00 | 45,00 | 80,20 | 17,30 | -6,20 | |
| | Máximo | 7,54 | 44,00 | 91,00 | 97,50 | 27,80 | 3,60 | |
| | Percentiles | 25 | 7,42 | 28,00 | 57,00 | 90,43 | 20,15 | -3,30 |
| | | 50 | 7,44 | 31,00 | 62,50 | 92,70 | 21,20 | -2,40 |
| | | 75 | 7,47 | 33,00 | 65,00 | 93,70 | 22,60 | -1,10 |
| <u>p</u> | | 0,46 | 0,72 | 0,4 | 0,41* | 0,92 | 0,743 | |

DS: Desviación estándar, PCO2: Presión de dióxido de carbono, PO2: Presión de oxígeno, SaO2: Saturación de oxígeno, BE: Base exceso. *U de Mann Whitney

Discusión

En el presente estudio, se muestran valores de gases capilares arterializados de pacientes pediátricos sanos a la altura de Bogotá, discriminando por sexo y edad, encontrando diferencias significativas en las variables según grupo etario, en el caso de pH, se encontraron valores menores en el grupo de 1 a 12 meses comparado con el grupo de 13 meses a 5 años de edad, valores de PO₂ y SaO₂ fueron menores en el grupo de 1 a 12 meses en comparación con los otros grupos etarios. No hubo diferencia estadísticamente significativa en parámetros según sexo.

Estos hallazgos tienen implicación para la práctica clínica, porque permiten tener valores de referencia de gases capilares en niños sanos a gran altura, lo que facilitará la aplicación de esta técnica, como una excelente opción para valorar el estado de oxigenación, ventilación y metabólico.

En cuanto a las diferencias encontradas en los parámetros de oxigenación y ventilación, por grupos etarios, se podría atribuir a los diferentes cambios fisiológicos madurativos relacionados con la edad: el volumen de cierre es igual a la capacidad residual funcional, lo que significa que al final de la espiración las vías aéreas se cierran y lleva a un aumento de cortocircuito intrapulmonar, otra posibilidad puede ser que los lactantes menores lloran más durante la toma de la muestra, lo cual puede hacer que la presión de oxígeno disminuya por el colapso de las vías aéreas durante el llanto (16)

De acuerdo con lo encontrado en la literatura, existe concordancia con estudio realizado a la altura de Bogotá de gases arteriales donde encontraron pH de 7.43 +/- 0.02, pCO₂ 33.5 +/- 2.6, HCO₃ 21.9 +/- 1.4, PaO₂ 67.3 +/- 4.3 y SaO₂ 93.3 +/- 1.3 (40), valores muy similares al presente artículo, a comparación de otros estudios que encontraron buena correlación de PCO₂, HCO₃ y pH, pero no de PO₂ (10) (14). En otra publicación realizada en Pekín (44 msnm) (16), también describieron valores de gases capilares en individuos sanos por grupos etarios, observaron de igual forma, una PO₂ y SaO₂ menor en niños más

pequeños, sin embargo sus valores normales no son concordantes con los nuestros, principalmente por el impacto que tiene la altura en los gases sanguíneos, a medida que ascendemos sobre el nivel del mar, la presión barométrica disminuye y de forma secundaria lo hace también la PO₂, así mismo la hipoxemia aumenta la ventilación minuto, disminuyendo la PCO₂ (41). En el momento no existen otros estudios de gases capilares en niños sanos a la altura de Bogotá con los cuales podamos comparar los resultados de forma directa.

Una de las limitaciones del estudio fue que no se lograron recolectar la totalidad de los pacientes que se habían planteado al inicio, esto debido a la poca cantidad de niños sanos que asistían al hospital durante la pandemia covid-19, la mayoría tenían sus consultas de forma virtual y dificultó el reclutamiento de pacientes, otra limitación es la falta de correlación con muestreo de sangre arterial para confirmar confiabilidad. Como fortalezas, es el primer estudio que se realiza de gases capilares en niños sanos a la altura de Bogotá.

Se requieren futuros estudios con mayor cantidad de pacientes, comparando resultados con muestra arterial o venosa para mejorar la confiabilidad, realizados a la altura de Bogotá.

También se necesitan estudios en pacientes pediátricos en condiciones patológicas, ya que en estudio previo (9) se observó que los valores de gases capilares disminuían su confiabilidad, en presencia de hipoperfusión, lo cuál puede ser una limitación para esta prueba diagnóstica.

Conclusiones

En el presente trabajo se miden los valores de gases capilares de niños sanos a la altura de Bogotá, al igual que en la literatura los valores de PO₂ y SAO₂ son más bajos en lactantes menores y son menores comparados con los del nivel del mar. No hubo diferencia por sexo y no se presentaron complicaciones durante el estudio. Se requieren más investigaciones para parametrizar los valores normales de gases capilares en niños a la altura de Bogotá.

Referencias

1. Tarrío FR. ¿Por Qué Medir el Intercambio de Gases? III Curso sobre la Función Pulm en el Niño (Principios y Apl. 2001;5–6.
2. Daniel Pineda, Santiago Prieto, Cristina Sánchez Hernández, Torres IC de. Gasometría. Asociación. 2016.
3. Richter S, Kerry C, Hassan N, Chari A, Lunn D, Nickol A. Capillary blood gas as a substitute for arterial blood gas: A meta-analysis. *Br J Hosp Med*. 2014;75(3):136–42.
4. Heidari K, Hatamabadi H, Ansarian N, Alavi-Moghaddam M, Amini A, Safari S, et al. Correlation between capillary and arterial blood gas parameters in an ED. *Am J Emerg Med* [Internet]. 2013;31(2):326–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2012.08.025>
5. Guideline. A clinical practice. Capillary Blood Gas Sampling for Neonatal & Pediatric Patients. *Am Assoc Respir Care*. 2001;46(5):506–.
6. Mclain BI, Evans J, Dear PRF. Comparison of capillary and arterial blood gas measurements in neonates. *Arch Dis Child*. 1988;63(7 SPEC NO.):743–7.
7. Gynaec JO, Cwlth B, Macrae DJ, Palavradji D. COMPARISON BETWEEN ARTERIAL , CAPILLARY AND VENOUS ACID-BASE MEASUREMENTS IN THE NEWBORN INFANT BY buffering mechanism , but in conditions such as arterial catheter , by arterial puncture , or by to take venous specimens for additional com- AND METHODS c. 1966;73(1959):761–5.
8. Begin R, Racine T, Roy JC. Value of capillary blood gas analyses in the management of acute respiratory distress. *Am Rev Respir Dis*. 1975;112(6):879–81.
9. Escalante-Kanashiro R, Tantaleán-Da-Fieno J. Capillary blood gases in a pediatric intensive care unit. *Crit Care Med*. 2000;28(1):224–6.
10. Tan RNGB, Pauws SC, van Loon E, Smits VEJ, Lopriore E, te Pas AB. Correlation and interchangeability of venous and capillary blood gases in non-critically ill neonates. *Front Pediatr*. 2018;6(April):1–6.
11. Lambert LL, Baldwin MB, Gonzalez CV, Lowe GR, Willis JR. Accuracy of transcutaneous CO2 values compared with arterial and capillary blood gases. *Respir Care*. 2018;63(7):907–12.
12. Doig WB. Value of arterialized capillary blood gas analysis in lower respiratory tract infection in childhood. *Arch Dis Child*. 1971;46(247):243–6.
13. McGillivray D, Ducharme FM, Charron Y, Mattimoe C, Treherne S. Clinical decisionmaking based on venous versus capillary blood gas values in the well-perfused child. *Ann Emerg Med*. 1999;34(1):58–63.
14. Yildizdaş D, Yapicioğlu H, Yilmaz HL, Sertdemir Y. Correlation of simultaneously obtained capillary, venous, and arterial blood gases of patients in a paediatric intensive care unit. *Arch Dis Child*. 2004;89(2):176–80.
15. Cousineau J, Anctil S, Carceller A, Gonthier M, Delvin EE. Neonate capillary blood gas reference values. *Clin Biochem*. 2005;38(10):905–7.
16. Sheng-Huang Dong, Hui Min Liu, Guo Wei Song ZPR and YPW. Arterialized Capillary Blood Gases and Acid-Base Studies in Normal Individuals from 29 days to 24 years of Age. *Am J Dis Child*. 1985;139(10):10.

17. Emilio HC. *Biología de Altura*. Rev Médico-Científica “Luz y Vida” [Internet]. 2011; Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/3250/325028222008.pdf>
18. Castell, Carmelo Dueñas Marrugo CE, Baena, ; Stefhany Espinosa Rojas, Ana Maria Madera Gonzalez, Rossana Fortich Ruiz GO. *Historia del análisis de los gases sanguíneos*. Acta Colomb Cuid Intensivo. 2010;
19. Poul Astrup JWS. *The History of Blood Gases, Acids and Bases*. Munksgaard. 1986.
20. Jellinek J. L and EM. The oxygen and carbon dioxide content of the arterial and venous blood of normal subjects. *Am J Physiol*.
21. Severinghaus JW AP. History of blood gas analysis. II. pH and acid-base balance measurements. *J Clin Monit*. 1985;1(4):259-2.
22. West JB. The physiological challenges of the 1952 Copenhagen poliomyelitis epidemic and a renaissance in clinical respiratory physiology. *J Appl Physiol*. 2005;99(2):424–32.
23. Amílcar Tinoco Solórzano, Angie Román Santamaría JCV. Gasometría arterial en diferentes niveles de altitud en residentes adultos sanos en el Perú Arterial. *Horiz Med*. 2017;17(3):6–10.
24. J. RESTREPO, P. REYES, P. VASQUEZ, M. ARDILA BD-G. Gasimetria Arterial Y Alveolar En Adultos Sanos a Nivel De Bogota. Acta Medica Colomb [Internet]. 1982;(1):461–6. Available from: <http://www.actamedicacolombiana.com/anexo/articulos/06-1982-04.pdf>
25. L. E. Acevedo IS. GASIMETRIA ARTERIAL EN ADULTOS JOVENES A NIVEL DE BOGOTÁ. Acta Médica Colomb. VoL 9 No.
26. Carrasco DOV. Valores normales de gases sanguíneos arteriales y del equilibrio ácido base en la ciudad de la Paz Bolivia. *Cuadernos*. 1991;37:18–27.
27. Garcia JCV, Padilla RP. Valores gasométricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. *Rev del Inst Nac Enfermedades Respir*. 2000;13(1):6–13.
28. Castañeda DDY. ESTUDIO DE VALORES DE REFERENCIA DE GASES ARTERIALES EN POBLADORES DE ALTURA. *Enferm Torax*. 2002;45 : 40-42.
29. Mattos Navarro P, Caballero Urquieta A, Bartos Miklos A. Gasometría, hematocrito y oximetría de pulso en recién nacidos a 3.600 metros sobre el nivel del mar. *Rev Soc Boliv Pediatr*. 2005;44(3):158–60.
30. Gh S, Gh P, Duwhuldo V, Frpr U, Surphglr Y, Hvwh HQ. Gases Arteriales en Bogotá. *Umbral Cient Bogota*. 2007;5:94–102.
31. Tang R, Yang H, Choi JR, Gong Y, You ML, Wen T, et al. Capillary blood for point-of-care testing. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2017;54(5):294–308.
32. Higgins C. Capillary blood gases: to arterialize or not. *MLO Med Lab Obs*. 2008;40(11):1–7.
33. Lenicek Krleza J, Dorotic A, Grzunov A, Maradin M. Capillary blood sampling: National recommendations on behalf of the Croatian society of medical biochemistry and laboratory medicine. *Biochem Medica*. 2015;25(3):335–58.
34. (CLSI) C and LSI. *Procedures and Devices for the Collection of Diagnostic Capillary Blood Specimens*. Approved Standard. Clin Lab Stand Institute; Wayne, Pennsylvania. 2008;Sixth Edit.
35. Sauty A, Uldry C, Debétaz LF, Leuenberger P, Fitting JW. Differences in PO₂ and PCO₂ between arterial and arterialized earlobe samples. *Eur Respir J*. 1996;9(2):186–9.

36. Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. Arterial versus capillary blood gases: A meta-analysis. *Respir Physiol Neurobiol.* 2007;155(3):268–79.
37. Pereira-Victorio César J, Huamanquispe-Quintana John C-TLE. Gasometría arterial en adultos clínicamente sanos a 3350 metros de altitud. *Rev perú med exp salud publica.* 2014;Jul; 31 (.
38. Cárdenas-Santamaría Fabio Hernán, Ardüa-Flórez Margarita, Jaramillo-Mejía Juan Manuel, Echeverry-Restrepo Viviana, García-Gutiérrez Leidy Alexandra L-FÁL. Gasometría arterial en adultos jóvenes en una altura promedio de 1605 msnm. Armenia, Colombia 2016. *Rev colomb anestesiología.* 2018;Sep; 46 (3).
39. Eng J. Sample size estimation: How many individuals should be studied? *Radiology.* 2003;227(2):309–13.
40. Maldonado D, González-García M, Barrero M, Casas A T-D, CA. Reference values for arterial blood gases at an altitude of 2.640 meters. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;187:A4852.
41. Lasso Apráez, MD. JI. Interpretación de los gases arteriales en Bogotá (2.640 msnm) basada en el nomograma de Siggaard-Andersen. Una propuesta para facilitar y unificar la lectura. *Rev Colomb Neumol.* 2014;26(1):25–36.