

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA INTERPRETACIÓN DE GASES ARTERIO-VENOSOS

FREISER ECEOMO CRUZ MOSQUERA¹, ASTRID MILEYDI HERRERA CABALLERO²,
PEDRO ENRIQUE TAPIA ANGULO³, ANA CRISTINA ARANGO ARANGO⁴

Recibido para publicación: 18-03-2018 - Versión corregida: 08-04-2018 - Aprobado para publicación: 18-04-2018

Resumen

Objetivo: diseñar y establecer la utilidad de una aplicación móvil para el análisis de gases arteriovenosos en una población de estudiantes y profesionales del cuidado respiratorio. **Materiales y métodos:** inicialmente se diseñó la aplicación “TERAPP” a partir del trabajo conjunto de profesionales de la salud e ingeniería; posteriormente la aplicación fue revisada por expertos en el tema quienes emitieron su concepto al respecto. Tras la revisión se realizó una prueba piloto en una población de profesionales y estudiantes, en los que a través de un diseño de antes y después se evaluaron las interpretaciones gasométricas y el tiempo empleado con y sin la aplicación. Adicionalmente un cuestionario de 8 preguntas fue suministrado para determinar la percepción frente a la aplicación. **Resultados:** un total de 57 sujetos integraron la muestra, al evaluar las interpretaciones gasométricas con y sin la aplicación se encontró que cuando esta no se usó el 26% no identificó adecuadamente el trastorno ácido-base y el 93% no calculó de manera adecuada las variables relacionadas con el transporte, difusión y extracción de oxígeno. Al usar la aplicación el total de las pruebas fueron interpretadas correctamente. Con respecto al tiempo empleado para el análisis gasométrico se encontró una diferencia promedio de 9,2 minutos $P < 0,001$ cuando se utilizó la aplicación móvil. **Conclusiones:** TERAPP contribuye a la identificación de alteraciones ácido-base y el cálculo del transporte, difusión y extracción de oxígeno; además disminuye el tiempo empleado para la interpretación gasométrica.

Palabras claves: aplicaciones móviles, teléfono inteligente, cuidados críticos, msalud.

Archivos de Medicina (Manizales), Volumen 18 N° 1, Enero-Junio 2018, ISSN versión impresa 1657-320X, ISSN versión en línea 2339-3874. Cruz Mosquera F.E.; Herrera Caballero A.M.; Tapia Angulo P.E.; Arango Arango A.C.

- 1 Terapeuta Respiratorio, Magister en epidemiología. Docente asistencial facultad de salud Universidad Santiago de Cali, programa Terapia Respiratoria (Cali, Colombia), Grupo de Investigación en Salud Pública (GISAP). Dirección postal: Vía circunvalar locales número 80, Ciudad Country, conjunto azor (Jamundí, Valle del Cauca). Teléfono: 5183000, celular: 3218374327; Correo electrónico: freiser.cruz00@usc.edu.co. (Autor de correspondencia.)
- 2 Terapeuta Respiratorio, egresada de la Universidad Santiago de Cali. Correo electrónico: astrid.herrera00@usc.edu.co. Teléfono: 5183000, Celular: 3168018466
- 3 Terapeuta Respiratorio, instructor del Centro Internacional de Entrenamiento Salamandra, oficial de grupo de respuesta a emergencia y desastres “Red Rescate”. Correo electrónico: pedro.taapia00@usc.edu.co Teléfono: 5183000, Celular: 3163307456
- 4 Terapeuta Respiratorio, candidata a magister en epidemiología. Docente asistencial facultad de salud Universidad Santiago de Cali, programa Terapia Respiratoria (Cali, Colombia). Terapeuta Respiratorio Clínica Nuestra Señora de los Remedios. Correo electrónico: ana.arango02@usc.edu.co. Teléfono: 5183000, Celular: 3103616342

Cruz-Mosquera FE, Herrera-Caballero AM, Tapia-Angulo PE, Arango-Arango AC. Diseño de una aplicación móvil para la interpretación de gases arterio-venosos. Arch Med (Manizales) 2018; 18(1):24-3. DOI: <https://doi.org/10.30554/arch-med.18.1.2583.2018>.

Design of a mobile application for the interpretation of arterial and venous gases

Summary

Objective: *to design and establish the utility of a mobile application for the analysis of arterial-venous gases in a population of students and professionals of respiratory care.*

Materials and methods: *initially, the “TERAPP” application was designed based on the joint work of health and engineering professionals; subsequently the application was reviewed by experts in the field who issued their concept in this regard. After the review, a pilot test was conducted in a population of professionals and students, in which gasometrical interpretations and the time spent with and without the application were evaluated through a before and after design. Additionally, a questionnaire of 8 questions was provided to determine the perception of the application. Results:* *a total of 57 subjects integrated the sample, when evaluating the gasometrical interpretations with and without the application it was found that when it was not used, 26% did not adequately identify the acid-base disorder and 93% did not calculate adequately the variables related to the transport, diffusion and extraction of oxygen. When using the application, the total of the tests was interpreted correctly. With respect to the time used for the gasometrical analysis, an average difference of 9.2 minutes $P: <0.001$ was found when the mobile application was used. Conclusions:* *TERAPP contributes to the identification of acid-base alterations and the calculation of transport, diffusion and extraction of oxygen; it also decreases the time used for the gasometrical interpretation.*

Keywords: *mobile applications, smartphone, critical care, mHealth.*

Introducción

El desarrollo tecnológico alcanzado por el hombre a finales del siglo XIX y principios del XX ha contribuido al avance a pasos agigantados de distintos campos; la creación de las computadoras y los teléfonos inteligentes han facilitado la conexión en tiempo real persona a persona y el acceso inmediato a información que resulta determinante para la toma de decisiones [1].

La medicina es una de las tantas disciplinas que se ha beneficiado de dicho avance; su vínculo estrecho con las ciencias de la información ha dado génesis a modelos como la salud elec-

trónica (Esalud) y una de sus ramas, la salud móvil (mHealth) definida por la OMS como la práctica médica y de salud pública soportada por dispositivos móviles (celulares, computadores portátiles), dispositivos de monitorización de pacientes y asistentes personales digitales [2].

La frecuencia de uso de los dispositivos móviles por parte de los profesionales de la salud ha permitido una rápida expansión del mHealth; El estudio de “Manhattan Research / Physician Channel Adoption” de junio de 2012 descubrió que el uso de dispositivos móviles por parte de los médicos es constante, el 87% aproximadamente usa un teléfono inteligente en su lugar

de trabajo, comparado con el 99% que usa una computadora. Curiosamente, la popularidad de los dispositivos móviles no tiene relación con la edad, ya que el 80% de los médicos mayores de 55 años poseen un teléfono inteligente. En concordancia con lo anterior algunos autores afirman que el 85% de los profesionales de la salud usan estos dispositivos, y del 30-50% emplean aplicaciones médicas en cuidado clínico [3,4].

En Colombia el comportamiento es similar, en una encuesta aplicada a un grupo de 493 profesionales de la salud, 58,8% médicos, auxiliares de enfermería (11,3%), enfermeras (15%), estudiantes de medicina o de enfermería (14,6%) y terapeutas respiratorios (0,20%) se evidenció que el uso de dispositivos móviles era frecuente (98%), adicionalmente si bien el sitio de acceso a la red preferido por la mayoría (58%) es la casa, un 12,5% refirió tener entre sus sitios de acceso el lugar de trabajo. Es importante resaltar que el 80% de los encuestados manifestaron estar interesados en el uso de herramientas de educación, investigación y gestión en salud a través de su teléfono inteligente [5].

La aceptación del mHealth dio paso a la aparición de un sin número de aplicaciones móviles (App) que dan respuesta a distintos aspectos relacionados con promoción y prevención en salud, diagnóstico y tratamiento, influyendo de manera significativa en la toma de decisiones clínicas y la atención de pacientes entre los que se encuentran los enfermos críticos [6].

Los pacientes en estado crítico son aquellos que presentan alteraciones de uno o más sistemas que comprometen su vida, y demandan la ejecución de intervenciones inmediatas; a raíz de su estado y por la complejidad de los abordajes a los que son sometidos, durante la estancia en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) experimentan sin número de complicaciones cuya resolución varía de acuerdo la severidad de su presentación [7,8].

Una de las complicaciones más usuales es el desequilibrio ácido – base, el cual según

Mohammed *et al* [9] se puede presentar hasta en un 64% de los casos. Si bien estos tipos de trastorno son leves y autolimitado, no identificarlos trae consigo consecuencias multiorgánicas significativas que pueden conducir a la muerte. Por lo anterior, uno de los exámenes de uso indispensable en UCI es la gasometría arterio – venosa, la cual arroja datos objetivos que pueden guiar la toma de decisiones y la ejecución de intervenciones oportunas.

A pesar del uso frecuente de la gasometría arterio-venosa y la interpretación continua de la misma por parte del personal de salud, su análisis correcto en múltiples ocasiones resulta difícil por la poca experiencia de quien interpreta o la matemática que esta involucra, conllevando a la omisión de conducta o a la ejecución de procedimientos innecesarios [10]. Una encuesta clínica realizada en un hospital universitario reveló que la interpretación ácido – base equívoca conducen a errores en el manejo del 33% de los pacientes hospitalizados [11].

Hingston *et al* [12] en un ensayo clínico realizado con el propósito de evaluar la efectividad de la interpretación de los gases arteriales haciendo uso de un programa computarizado, encontraron que si bien el 70% de los médicos incluidos afirmaban estar capacitados en el diagnóstico de trastornos ácido-básicos y aseguraban no necesitar ayuda para la interpretación, una vez revisadas las lecturas gasométricas sólo el 40% de las pruebas habían sido bien interpretadas. Por otro lado, Austin [13] en un grupo de 80 profesionales encontró que el 29% de los análisis de la gasometría arterial eran incorrectos.

A raíz de la frecuencia de alteraciones gasométricas en los pacientes críticos, los errores de interpretación puesto en evidencia por los estudios anterior, el uso cada vez mayor de teléfonos inteligentes por los profesionales de la salud y las escasas investigaciones al respecto, se realizó el presente estudio, el cual tiene como objetivo diseñar y determinar la utilidad de una aplicación móvil para el análisis de gases arteriovenosos.

Materiales y métodos

La primera fase consistió en el diseño de la aplicación móvil denominada **TERAPP** a partir del trabajo conjunto de cuatro profesionales del cuidado respiratorio quienes se encargaron de proveer el sustento teórico referente a la interpretación de los gases arteriales y venosos, un diseñador gráfico y un ingeniero de sistemas quien realizó la estructuración y programación de la App en la plataforma Android. Durante el proceso de construcción se realizaron reuniones periódicas para verificar los avances del diseño y efectuar las modificaciones que se consideraran pertinentes.

Posteriormente, la aplicación móvil fue sometida a una revisión por parte de tres profesionales con experiencia mínima de 5 años en el cuidado intensivo (Médico intensivista, médico general, terapeuta respiratorio con especialidad en cuidado crítico) los cuales emitieron su concepto respecto al contenido, confiabilidad de los cálculos y estructura de la aplicación; a partir de la revisión se ampliaron los valores

de referencia para las variables gasométricas y se reevaluaron las condiciones para cada trastorno ácido - base.

Los parámetros y valores de referencias considerados para el análisis de la gasometría arterial fueron Ph: 7.35 – 7.45; PCO_2 : 35 – 45 mmhg; HCO_3 : 22-26 mmol/L; Pao_2 : 80 – 100 mmhg, Saturación arterial de oxígeno (StO_2): > 92%, FiO_2 : >21% . Los trastornos ácido- bases incluidas se dividieron en 4: acidosis metabólica, acidosis respiratoria, alcalosis metabólica y alcalosis respiratoria. Con relación al cálculo del transporte, difusión, y extracción de oxígeno se consideraron parámetros adicionales como la presión barométrica, hemoglobina (Hb) , presión alveolar de oxígeno (PAO_2), saturación venosa de oxígeno ($StvO_2$) y presión venosa de oxígeno (PvO_2) [14].

Ante la presencia de alteraciones ácido-bases, se preestablecieron cálculos adicionales como PCO_2 esperado, HCO_3 esperado y Anión Gap [14,15].

PCO_2 esperado para acidosis metabólica:	$(1.5 \times HCO_3) + 8$
PCO_2 esperado para alcalosis metabólica:	$(0.7 \times HCO_3) + 21$
HCO_3 esperado para acidosis respiratoria:	$\frac{(PCO_2 - 40) + 24}{10}$
HCO_3 esperado para acidosis respiratoria:	$\frac{(PCO_2 - 40) + 24}{5}$

Anión gap: $Na - (Cl + HCO_3)$

Con respecto a los cálculos relacionados con la oxigenación transporte, difusión, extracción, los resultados se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones) [16]:

Contenido Capilar de oxígeno (Cc):	$(1.34 \times Hb \times SatO_2) + (0.003 \times PAO_2)$
Contenido arterial de oxígeno (Ca):	$(1.34 \times Hb \times SatO_2) + (0.003 \times PAO_2)$
Contenido Venosos de oxígeno (Cv):	$(1.34 \times Hb \times SatvO_2) + (0.003 \times PvO_2)$
Shunt:	$\frac{(Cc - Ca) \times 100}{(Cc - Cv)}$
Rata de extracción:	$\frac{(Ca - Cv) \times 100}{Ca}$

Una vez realizadas las modificaciones de la aplicación móvil según las recomendaciones de los pares, previa autorización del comité de ética institucional y teniendo como criterios de inclusión: aceptar participar voluntariamente del estudiante, ser estudiante de último año de terapia respiratoria o profesional del cuidado crítico; y exclusión: incapacidad de operar la aplicación; haciendo uso de un diseño de antes y después se realizó una prueba piloto en un total de 57 sujetos.

En primera instancia los participantes fueron citados en grupo a lo largo de una mañana a un auditorio en donde recibieron la capacitación sobre el uso de la aplicación y se resolvieron dudas sobre la manera en que esta operaba y las ecuaciones que utilizaba; posteriormente se les suministró al azar una muestra de gases arterio-venosos (cuya interpretación correcta había sido estipulada previamente por dos profesionales con amplia experiencia en terapia intensiva) con varias opciones de respuesta la cual debían analizar con y sin la aplicación, en aras de establecer la frecuencia lecturas correctas y el tiempo empleado para ello. El conteo del tiempo para la interpretación de las pruebas con y sin la aplicación estuvo a cargo del participante bajo la supervisión de personas asignadas por los investigadores. Al final de la interpretación (con y sin la App) el tiempo fue registrado por cada uno.

Una vez culminada la prueba diligenciaron un cuestionario de 8 preguntas diseñado por los investigadores para determinar la percepción frente a la App. Las preguntas del cuestionario hacían alusión a la facilidad en la operación de la aplicación móvil, la suficiencia de las fórmulas incluidas, confiabilidad de los resultados, rendimiento en el teléfono inteligente personal y errores de cálculos evidenciados. Cuando hubo una respuesta positiva para más de 6 preguntas se consideró buena la percepción frente a la aplicación móvil.

Las variables incluidas en el estudio se dividieron en tres categorías: sociodemográficas,

gasométricas y usabilidad de la aplicación. Las variables sociodemográficas permitieron la caracterización básica de la población estudiada en términos de edad, género y nivel académico. Respecto a la categoría gasométrica, se incluyeron las variables afines con el equilibrio ácido base, oxigenación, ventilación, transporte, difusión y extracción de oxígeno, las cuales constituyeron la base para el contenido de la aplicación móvil y la evaluación de la interpretación de los participantes; con relación a la usabilidad se consideraron variables como efectividad, eficiencia, satisfacción y portabilidad.

La información obtenida se registró en una base de datos y posteriormente se efectuó el análisis estadístico mediante el paquete IBM SPSS versión 20. Inicialmente se realizó un análisis univariado, desde el punto de vista exploratorio, para examinar la normalidad de la distribución de las variables, encontrar posibles problemas numéricos e identificar valores extremos que pudiesen afectar la magnitud de los estadísticos a estimar. Las variables continuas se expresaron como promedio o mediana, con sus respectivas medidas de dispersión. Para establecer diferencias de medias en el tiempo empleado para la lectura de los gases arteriovenosos se utilizó la prueba t de student para muestras relacionadas, considerando un valor de p menor o igual a 0,05 como significativo.

El sesgo potencial del estudio fue el de selección, sin embargo, aunque gran parte de los sujetos incluidos eran estudiantes, se seleccionaron aquellos que cursaban último año dado que su experiencia en el abordaje de pacientes críticos era mayor a 6 meses.

Para la presente investigación, se tuvo en cuenta las consideraciones éticas de la Declaración de Helsinki, las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud establecidas mediante la resolución No 008430 y lo estipulado por la Ley 1240 de 2008 a través de la cual se dictan

disposiciones en materia de responsabilidad deontológica para el ejercicio profesional de la terapia respiratoria en Colombia. El estudio no representa para los participantes riesgo alguno ya que no serán sometidos a maniobras que modifiquen variables fisiológicas o de otro orden.

Resultados

Diseño de la aplicación

El proceso de construcción de la aplicación móvil se realizó en siete pasos; en primera instancia el ingeniero realizó el levantamiento de los requerimientos partiendo de la base documental e ideas propuestas por los autores, ideas que se aceptaron dependiendo de la posibilidad de ser desarrolladas. Posteriormente haciendo uso del programa Balsamiq mockups 2.0 se realizó un esquema gráfico inicial de la aplicación, el cual fue modificado hasta reflejar el consenso del grupo de trabajo. Tras la selección del esquema gráfico y previa observación informal a los potenciales candidatos se decidió trabajar en el sistema operativo Android debido a que es la plataforma usada por gran parte de los teléfonos inteligentes.

El desarrollo del software se realizó teniendo en cuenta la metodología ágil XP la cual permitió realizar cambios en cualquier etapa del proyecto de forma rápida y ágil. Una vez diseñada, se realizaron pruebas de funcionamiento de la aplicación en ambiente local (computador de trabajo) y finalmente se realizó el lanzamiento en la tienda virtual para teléfonos inteligentes con sistema operativo Android "Play Store".

Descripción de la aplicación

La aplicación cuenta con varias secciones (**ver Figura 1**) la primera se denomina "análisis gasométrico" compuesta por dos segmentos: Gases arteriales y gases venosos; en esta, diligenciando los datos de variables como Ph, PaCO₂, PvO₂, PaO₂, PvO₂, HCO₃

, FIO₂, PAO₂ y SatO₂, StvO₂ se obtienen resultados instantáneos referentes al equilibrio ácido-base, la ventilación, oxigenación, transporte, difusión y extracción de oxígeno. Adicionalmente ante la presentación de alteraciones ácido-base (según su naturaleza) permite calcular de manera complementaria PCO₂ y HCO₃ esperado y Anión Gap teniendo en cuenta las ecuaciones señaladas en la metodología.

La segunda sección denominada "Retos" contiene una serie de reportes de gases en sangre con las que estudiantes y profesionales del cuidado crítico pueden poner a prueba su capacidad de interpretación. Lo anterior se complementa con la sección "glosario" en la que se incluyó una lista resumida de términos de interés.

Resultados implementación

Para la implementación de la App un total de 57 sujetos fueron incluidos (87% estudiantes de último año de un programa de Terapia Respiratoria) la mayor parte de los estudiados eran de género femenino (86%) y la edad promedio fue de 24 +/- 4,7. Respecto al análisis de los gases arteriovenosos sin la aplicación móvil TERAPP, el 26% de los participantes no identificó el trastorno ácido-base y el 93% no calculó correctamente los ítems relacionados con transporte, difusión y extracción de oxígeno. Al realizarlo con la aplicación móvil el 100% de las muestras fueron analizadas correctamente.

Referente al tiempo empleado por la muestra total para la interpretación de los gases arteriovenosos con y sin la aplicación se encontró una diferencia estadísticamente significativa cuando el análisis se hizo con la App (9,2 minutos, P < 0,001) ver Tabla 1. Al evaluar por separado el tiempo empleado por estudiantes y profesionales se encontró una diferencia de 9,3 minutos, p < 0.001 y 7,7 minutos P < 0,02 respectivamente cuando se utilizó la aplicación móvil.

TerApp

Análisis Gasométricos
Cálculo de gases Arteriales

Ph 7.25 Vr de ref: 7.35 - 7.45

PcO2 30 Vr de ref: 35 a 45 mmHg

HcO3 15 Vr de ref: 22 a 26 mEq/L

PaO2 100 Vr de ref: 80 a 100 mmHg

FIO2 40 Vr de ref: 21 a 100%

Pa/Fi 250.0

CALCULAR

Resultado : **Acidosis Metabólica**

Co2 Esperado : 30.5 mmHg

CALCULAR ANION GAP

Análisis Gasométricos
Cálculo de gases Venosos

Pb _____ Hb _____

SatO2 _____ SatvO2 _____

PaO2 _____ PvO2 _____

FIO2 _____ PcO2 _____

PAO2 _____

CALCULAR

Resultado :

Contenido Capilar [ver Formula](#)

Contenido Arterial [ver Formula](#)

Contenido Venoso [ver Formula](#)

Shunt (QS/QT) [ver Formula](#)

Rata De Extracción [ver Formula](#)

Retos

PREGUNTA

* PH: 7.32
* PCO2: 65 mmHg
* HCO3: 28 mEq/L
* PaO2: 70 mmHg
* BE:-1

ALCALOSIS METABOLICA ☐

ACIDOSIS RESPIRATORIA ☒

ACIDOSIS MIXTA ☐

SIN DESEQUILIBRIO ACIDO BASE ☐

Glosario

EQUILIBRIO ACIDO-BASE
Equilibrio entre ácidos y bases en los líquidos corporales. El pH (concentración de iones hidrogeno) de la sangre arterial provee un índice para el balance total.

HIPERCAPNIA
Manifestación clínica del incremento anormal de dióxido de carbono en la sangre arterial.

HIPOCAPNIA
Manifestación clínica que consta de una deficiencia de dióxido de carbono en la sangre arterial.

CONSUMO DE OXIGENO
Velocidad con que el oxígeno es usado por un tejido; microlitros de oxígeno en las condiciones normales de presión y temperatura usados por miligramo de tejido por hora.

Fuente: Los autores.

Figura 1. Interfaces TERAPP

Tabla 1. Comparación del tiempo empleado para la interpretación gasométrica sin y con la aplicación móvil.

Parámetro	Interpretación gasométrica		Diferencia	Error típico de la media	Intervalo de confianza 95%		T	gl	Valor p
	Sin App	Con App			Inferior	Superior			
Media	11,7	2,5	9,2	0,62	7,9	10,4	14,6	56	0,001

App : Aplicación

Fuente: los autores.

Para finalizar, la percepción de los sujetos respecto a la aplicación fue favorable; el 98% consideraron que la aplicación era fácil de usar, el 96% contestó que las fórmulas eran suficientes para realizar un análisis adecuado y el 64% refirieron que no ocupaba un espacio significativo en la memoria de su equipo o afectaba el rendimiento del mismo (ver Tabla 2). Sólo el 7% de los evaluados manifestaron encontrar errores, entre ellos que el uso de decimales genera cambios drásticos en los resultados de la App frente a los resultados manuales; adicionalmente consideraban ideal que la aplicación identifique el trastorno ácido – base primario y secundario si es el caso.

utilidad beneficia a áreas como la promoción y prevención, el tratamiento y en el caso de **Teraap** permite la identificación de alteraciones ácido- base, de transporte, difusión y pacientes críticamente enfermos.

Diversos autores de manera previa han optado por la creación de herramientas tecnológicas para facilitar la interpretación de los trastornos en mención con el objetivo de disminuir las repercusiones que pueden traer al paciente, en el año 2013 Tae et al [17] miembros de la escuela de computación y sistema de la información de la Universidad de Kingston (Reino Unido) conscientes de que los gases son una herramienta indispensable para evaluar y monitorear pacientes crítica-

Tabla 2. Percepción sobre la aplicación móvil TERAPP

Pregunta	SI	NO
¿TERAPP es una aplicación fácil de usar?	56	1
¿La aplicación móvil contiene formulas suficientes para hacer el análisis de los gases arteriovenosos?	55	2
¿Considera que la aplicación móvil identificó el estado acido base, oxigenación, transporte, extracción y difusión de oxígeno correctamente?	52	5
¿TERAPP es una aplicación que brinda resultados confiables y rápidos?	55	2
Siendo una aplicación móvil a la que se accede sin costo ¿la descargaría a su móvil?	57	0
¿TERAPP es una aplicación móvil que ocupa mucho espacio en su celular?	20	37
¿Funciona de manera adecuada la aplicación en su móvil?	54	3
¿ identificó errores en la aplicación móvil?	4	53

Fuente: los autores.

Discusión

La MHealth ha permitido potenciar la relación cada vez mayor entre la tecnología y el área de la salud, este modelo dio génesis a un sin número de aplicaciones móviles cuya

mente enfermos diseñaron un prototipo para la identificación del desequilibrio ácido – base y de oxigenación, dicho prototipo fue puesto a prueba a partir de 74 muestras de gases en sangre extraída de la literatura médica y la práctica clínica. Los resultados mostraron que

los trastornos evidenciados por esta aplicación correspondían a los calculados por los pares.

En Colombia, Maya *et al* [18] en el mismo años diseñaron y validaron un software computacional para la medición e interpretación de gases sanguíneos con el fin de apoyar a los intensivistas en el proceso diagnóstico, monitoreo y tratamiento de pacientes en unidades de Cuidado Intensivo. Tras realizar una exhaustiva revisión de la literatura con respecto a la utilización de programas cómputo para la interpretación de gases procedieron a crear un prototipo en donde se contemplaban variables gasométricas como la ventilación, oxigenación, transporte y perfusión.

Entre los beneficios que estriban de la implementación de aplicaciones móviles para el análisis de gases arteriales se encuentra el aumento de las competencias de los estudiantes y profesionales sobre la interpretación de esta prueba, un ejemplo de esto se evidencia en el estudio de Frutiger y Bruner [19] en el que incluyeron dos grupos de enfermeras especialistas en cuidados intensivos; el primer grupo fue sometido a un examen escrito y posteriormente se le suministro una aplicación de gases arteriales para su respectivo uso por un periodo de 2 meses; una vez transcurrido los dos meses se ejecutó el examen escrito nuevamente. El segundo grupo de enfermeras tomó la misma secuencia de examen, sin tener acceso a la aplicación. Al finalizar el estudio se evidenció que la puntuación de un examen con respecto a otro aumentó en 4,8 puntos en el primer grupo ($p < 0,0001$) y en 1,3 puntos ($p < 0,16$) en el segundo grupo.

Con respecto al presente estudio, si bien el impacto de la aplicación en la capacidad de interpretación gasométrica de los sujetos evaluados no fue el objetivo, el hecho de que TERAPP cuente con segmentos como "Retos" en donde los operadores tiene la posibilidad de acceder a un banco de reportes de gases arteriales para su respectiva lectura, puede contribuir al desarrollo de competencias en la interpretación de dicho examen.

Al comparar TERAPP con otras aplicaciones diseñadas y publicadas se evidencia que gran parte de ellas no incluyen aspectos relacionados con transporte, difusión y extracción de oxígeno [20]. Resulta importante destacar que la App fue sometida previamente a la revisión 3 profesionales con amplia experiencia en el cuidado crítico en aras de identificar los errores de contenido y forma.

Referente al análisis del equilibrio ácido base por parte de estudiantes y profesionales sin la aplicación, se encontró que el 26% de los estudiados no lo realizó correctamente, esto guarda estrecha relación con lo encontrados por Austin [13] quien en 80 personas entre las cuales se encontraban estudiantes de medicina y médicos asistenciales halló que el 29% de los análisis de los gases en sangre eran incorrectos. En este estudio la diferencia entre la proporción de errores de interpretación de los gases arteriales y venosos (26% vs 93% respectivamente) puede estribar en el hecho de que los segundos para su cálculo requieren fórmulas más complejas que no siempre resultan fáciles de usar, adicionalmente, la frecuencia de uso de gasometría venosa no es alta en todos los servicios.

Cabe mencionar que si bien esta herramienta es un apoyo valioso para los cuidadores respiratorio y el grupo médico general, no pretende sustituir el juicio clínico del profesional; por otro lado, su uso en los sitios de práctica estudiantil y trabajo se restringe en algunas ocasiones dado que los teléfonos inteligentes puede ser un vector de conducción de patógenos del entorno clínico; para optimizar la utilización de esta y otras aplicaciones móviles se hace necesario que adicionalmente se implemente protocolos institucionales que aseguren la adecuada limpieza de los teléfonos inteligentes y otros dispositivos electrónicos. Por el momento se sigue sugiriendo la higiene de manos como mecanismo de prevención [21].

Una de las limitaciones del presente estudio es la poca población profesional incluida, lo cual puede influir en la frecuencia de interpretaciones

correctas del equilibrio ácido- base y los otros componentes de la gasimétrica venosa.

Agradecimientos

Agradecemos de una manera especial al ingeniero de sistema Gerson Hincapié Diuza por sus valiosos aporte en el proceso de construcción de TERAPP ; a Carolina González Ortega; al programa de Terapia Respiratoria de la

Universidad Santiago de Cali y a los profesores Edward Antonio Bonguera, Paula Andrea Serna, Yolima Rodríguez Gómez y Diana Patricia Jiménez Duran.

Conflictos de interés: no hubo conflictos de interés.

Fuentes de financiación: la investigación se financió con recursos propios.

Literatura citada

1. Entonado F. **Sociedad de la información y la comunicación**. Mérida: junta extremadura; 2001.
2. Rodríguez R, Oliveri N, Monteagudo J, Hernández A, Sanador T, Ball M. **E-salud en Latinoamérica y el Caribe**. Washington: OPS; 2003.
3. Ventola L. **Mobile devices and Apps for Health Care Professionals: Uses and Benefits**. *P&T* 2014; 29(5):356–364.
4. Franko I. **Smartphone apps for orthopaedic surgeons**. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:2042–8. DOI: 10.1007/s11999-011-1904-0.
5. Valenzuela J, Camacho J, Argüello A, Cendales J, Fajardo R. **Percepciones de los trabajadores del sector salud frente a Internet y las tecnologías móviles en Colombia**. *Rev Panam Salud Pública* 2009; 25(4):367–74.
6. Kay M, Santos J, Takane M. **mHealth New horizons for health through mobile technologies**. Ginebra: World Health Organization; 2011.
7. Ramírez L, Ramírez D. **Cuidados de enfermería en UCI al paciente con reposo prolongado susceptible a desacondicionamiento cardiovascular**. Medellín: Universidad de Antioquia; 2010.
8. Turchetto E. **¿A qué llamamos paciente críticamente enfermo y cómo lo reconocemos?** *Revista del Hospital Privado de Comunidad* 2005; 2:52–57.
9. Mohammed A, Kellum J. **Acid–base disturbances in intensive care patients: etiology, pathophysiology and treatment**. *Nephrol Dial Transplant* 2014; 30:1104–1111. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfu289>.
10. Lazalde A, Monreal M, Bonilla M, Luna R. **Development of a Software to Determine Disturbances in the Acid-Base Balance in Human Blood**. *Rev Mex Ing Bioméd* 2013; 34(2):175–191.
11. Broughton J, Kennedy. **Interpretation of arterial blood gases by computer**. *Chest* 1984; 85:148–149. DOI: <https://doi.org/10.1378/chest.85.2.148>.
12. Hingston D, Irwin R, Pratter M, Dalen J. **A computerized interpretation of arterial pH and blood gas data: do physicians need it?** *Respir Care* 1982; 27:809–815.
13. Austin K, Jones P. **Accuracy of interpretation of arterial blood gases by emergency medicine doctors**. *Emerg Med Australas* 2010; 22(2):59–65. DOI: 10.1111/j.1742-6723.2010.01275.x.
14. Padilla J. **Interpretación rápida de gases arteriales**. *Revista de la facultad de medicina UNIBE* 2009; 1(3):0-0.
15. Sainz B. **Alteraciones del equilibrio acido base**. *Rev Cubana Cir* 2006; 45(1):0-0.
16. Ramos L, Salvador B. **Fundamentos de la ventilación mecánica**. Barcelona: Marge Books; 2012.
17. Al-Taei M, Zayed A, Abood S, Al-Ani M, Hassani H. **Mobile-based interpreter of arterial blood gases using knowledge-based expert system/**. *JPCCC* 2013; 9(3):270–288. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJPCC-07-2013-0017>.
18. González J, Luis J. **Diseño y elaboración de un software a medida para la interpretación de gases sanguíneos**. Medellín: Universidad de Antioquia; 2013.
19. Frutiger A, Brunner J. **Computerized blood gas interpretation as tool for classroom and ICU**. *Intensive Care Med* 1993; 19(4):209–214.
20. Obiols J, Bardo P, Garnier J. **Interprétation biologique des gaz du sang par une application pour Smartphone**. *Ann Biol Clin* 2013; 71(5):8–593. DOI: 10.1684/abc.2013.0874.
21. Ulger F, Dilek A, Esen S, Sunbul M, Leblebicioglu H. **Are healthcare workers' mobile phones a potential source of nosocomial infections? Review of the literature**. *J Infect Dev Ctries* 2015; 9:53–1046. DOI: 10.3855/jidc.6104.

