

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "DR. IGNACIO CHÁVEZ"

UTILIDAD DE LA GASOMETRIA CAPILAR EN EL SUJETO CON
ENFERMEDAD CARDIOPULMONAR ESTABLE

TESIS DE POSGRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA

PRESENTA

DR. LUIS ANTONIO LÓPEZ LÓPEZ

DIRECTOR GENERAL DE ENSEÑANZA

DR. JOSE FERNANDO GUADALAJARA BOO

ASESOR

M en C. LUIS EFREN SANTOS MARTINEZ



MEXICO. DISTRITO FEDERAL. AGOSTO DEL 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dr. JOSÉ FERNANDO GUADALAJARA BOO
DIRECTOR DE ENSEÑANZA
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA
"IGNACIO CHAVEZ"

M en C. LUIS EFREN SANTOS MARTINEZ
MEDICO ADJUNTO DEL SERVICIO DE CARDIONEUMOLOGIA
ASESOR DE TESIS
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA
"IGNACIO CHAVEZ"

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres por haberme dado los valores, sentimientos y apoyo incondicional durante toda mi vida, que me han orientado a ser médico.

A mis Maestros por enseñarme a valorar y explorar la antinomia de la medicina: el deseo de saber mediante la ciencia y el deseo de ayudar por la esencia humana.

A mi Esposa e Hija por su amor, que es por ellas por quienes seguí este camino.

Luis Antonio López López
Médico Residente de Tercer año en Cardiología.

INDICE

1).- Marco Teórico	5
2).- Justificación.....	11
3).- Planteamiento del problema.....	11
4).- Objetivos.....	12
5).- Hipótesis.....	12
6).- Tipo de estudio.....	12
7).- Variables.....	13
8).- Definición de las variables.....	14
9).- Universo del trabajo.....	21
10).- Selección de los pacientes.....	21
11).- Descripción del estudio.....	22
12).- Recursos materiales y factibilidad.....	23
13).- Aspectos éticos.....	24
14).- Cronograma.....	25
15).- Resultados.....	26
16).- Análisis y discusión.....	32
17).- Conclusiones.....	35
Anexos:	
18).- Anexo 1:	36
19).- Anexo 2:	37
20).- Anexo 3:	38
21).- Anexo 4:	39
22).- Anexo 5:	40
23).- Anexo 6:	41
24).- Anexo 7:	42
25).- Bibliografía.....	46

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En pacientes con enfermedad cardiopulmonar, la elevada frecuencia de alteraciones del intercambio gaseoso y equilibrio acido-base requiere que sean evaluadas en repetidas ocasiones en un mismo paciente, lo que crea la necesidad de un método que pueda evaluar estos cambios dinámicos, con la menor molestia posible y ausencia de complicaciones para el paciente.

PREGUNTA:

¿Es realmente útil, la gasometría capilar en la evaluación del intercambio gaseoso en sujetos con enfermedad cardiopulmonar?

MARCO TEORICO.

Introducción:

Las mediciones de los gases sanguíneos son comúnmente utilizadas en la evaluación de varios escenarios clínicos, sobre todo en pacientes con enfermedad cardiopulmonar y metabólica; ya sea de presentación aguda o crónica; en los pacientes críticos en el departamento de urgencias o terapia intensiva, sobre todo los que son sometidos a ventilación mecánica. Actualmente la punción arterial directa de la arteria radial es ampliamente aceptada como el "estándar de oro" en las mediciones rutinarias, sobre todo para evaluar y diagnosticar alteraciones del intercambio gaseoso, como hipoxemia, hipercapnia, hipocapnia, estado ventilatorio y desequilibrio acido-base^{1,2,3}.

La revisión de las técnicas para coleccionar muestras de sangre en las que se practiquen determinaciones cuantitativas del intercambio gaseoso pulmonar, de los mecanismos productores de la insuficiencia respiratoria y del equilibrio acido-base tiene relevancia, vigencia y trascendencia, porque no hay acuerdo al respecto entre investigadores. Esto se debe a que cada día adquiere mayor importancia clínica este tipo de mediciones, y cuando se dispone de equipos con elevada precisión y que rápidamente proporcionan datos y cálculos, no se tiene una visión amplia de su significado, de la trascendencia y su interpretación⁴.

La importancia clínica obedece a factores como: la elevada morbilidad de las enfermedades cardio-respiratorias, el reconocimiento de entidades patológicas como el síndrome de insuficiencia respiratoria del adulto, el surgimiento de otras neumopatías, como las enfermedades inmunológicas, incluyendo a las complicaciones pulmonares del síndrome de inmunodeficiencia adquirida, el desarrollo de la cirugía torácica y las medidas terapéuticas y diagnósticas que se manejan en la unidad de cuidados intensivos que requieren el conocimiento preciso y dinámico del intercambio gaseoso pulmonar⁵.

Para que las mediciones de las variables que traducen el estado del equilibrio ácido-base y el intercambio gaseoso del organismo sean válidas, es indispensable que la muestra de sangre sea adecuada para este propósito. Esto implica que su

composición no se modifique, o lo haga en grado mínimo, entre la que tiene al salir del pulmón y la presente en el momento en que se mide. Sin embargo, debido a la molestia que significa para el paciente la punción arterial y que la técnica tenga cierta dificultad, hace que se hayan buscado otras formas de obtener sangre que semeje la composición de la sangre arterial, como la sangre venosa y la sangre venosa capilar "arterializadas" ^{6,7,8}. Sin embargo en la medida en que la muestra capilar tenga una composición que asemeje a la sangre arterial, lo cual no se ha probado adecuadamente y que los resultados sean reproducibles en todas las poblaciones de pacientes, puede ser muy útil para hacer determinaciones aisladas del grado de insuficiencia respiratoria, del equilibrio ácido base y de su evolución.

En las ocho décadas pasadas, se han realizado algunos estudios con la finalidad de establecer la concordancia, precisión, validez y utilidad de la presión de oxígeno (PO_2) de muestras sanguíneas capilares, con las muestras arteriales, de los cuales se desprenden resultados no concluyentes y equívocos, quizá por la heterogeneidad de los estudios, que va desde la técnica, sitio de toma de la muestra (es decir del dedo o lóbulo de la oreja), tamaño de la muestra y diferente análisis estadístico, por eso, esta técnica no es practicada comúnmente hoy en día al menos en el paciente adulto. Hay varios estudios que han demostrado correlación entre la gasometría arterial y capilar con respecto al equilibrio ácido-base ^{10,11,12}, saturación de oxígeno (SO_2), ^{13,14}, y PO_2 , ¹⁵. Dicha correlación se ha demostrado en pacientes durante hiperventilación ¹⁶, en pacientes con enfermedades respiratorias severas con muy baja SO_2 ¹⁷ y personas durante el ejercicio muscular ¹².

Otros estudios han estado en desacuerdo en cuanto a la concordancia entre ambas muestras sanguíneas (arterial vs capilar), ^{18,19}.

Los estudios que se han hecho para validar la gasometría capilar, son más o menos numerosos sobre todo en niños, en donde el grado de similitud y acuerdo con los valores de la gasometría arterial es bueno. En adultos el grado de concordancia encontrado en diversas patologías es muy variable y se conocen pocos estudios donde se han estudiado enfermedades respiratorias, como el realizado en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva donde se encontró

que el grado de acuerdo es bueno para la presión de bióxido de carbono (PCO_2) y bicarbonato (HCO_3^-), pero para la PO_2 , el grado de concordancia es insuficiente para permitir que la muestra capilar reemplazé a la técnica estándar (gasometría arterial).

Estos resultados fueron consistentes con reportes previos que sugieren que las muestras capilares, pueden ser un estimado del estado ventilatorio del paciente, pero no del grado de oxigenación²⁰. Aunque en este estudio los autores refieren que el grado de acuerdo es bueno, es posible que en realidad la concordancia pudiera ser mejor. Una parte importante de este estudio fue la evaluación de la repetitividad, que se hizo tomando dos muestras capilares consecutivamente, encontrándose un coeficiente de repetitividad pequeño, lo que indica buena repetitividad.

De los pocos estudios realizados en adultos, sobre todo de gasometrías capilares obtenidas del dedo, este es uno de lo más representativos en ejercicio (25). Los principales hallazgos demostrados fueron que: 1). La PO_2 y SO_2 , fueron diferentes, pero no la PCO_2 , entre las dos muestras comparadas, siendo esta diferencia significativamente mas pequeña conforme la intensidad del ejercicio incrementaba. 2). Los metabolitos del plasma (glucosa, lactato), hemoglobina y potencial de hidrogeno (pH), no fueron diferentes entre las muestras evaluadas, en cualquier tiempo del ejercicio. Por lo anterior estos autores no recomiendan que la PO_2 y SO_2 capilar, no debieran ser usados para predecir la PO_2 y SO_2 arterial en adultos sanos en el reposo, ni durante el ejercicio²¹.

Koch demostró que en sujetos en reposo, con respiración aire ambiente, diferencias estadísticamente significativa entre la PO_2 capilar del dedo y la arterial (promedio de 6 mmHg), mientras que la diferencia entre PO_2 capilar del lóbulo de la oreja y la arterial fue pequeña y estadísticamente insignificante⁹.

Como nos hemos dado cuenta, existe gran controversia respecto al uso de la gasometría capilar como sustituto de la gasometría arterial, considerado este ultimo el estándar de oro, es por eso que recientemente se realizó el primer meta análisis²² de 29 estudios relevantes obtenidos de Pubmed de los cuales se evaluaron un total de 664 pares, utilizando el lóbulo de la oreja, y 222 pares donde

se informó que se tomaron del dedo de la mano. Los datos obtenidos demostraron que las gasometrías capilares obtenidas del lóbulo de la oreja, es más exacto comparado con las obtenidas del dedo para PO_2 y PCO_2 . Las gasometrías capilares del lóbulo de la oreja pueden ser apropiadas para reemplazar la PO_2 arterial. Para el pH, las gasometrías capilares de ambos sitios, reflejan estrechamente el pH arterial. Con este meta-análisis ahora sabemos que la exactitud de la muestra capilar depende de los valores de los gases sanguíneos arteriales. La concordancia de la muestra capilar, es mejor cuando la PO_2 arterial es baja (en hipoxia). Esto es porque, en el estudio del Monte Everest²³ y en otro estudio en el que se estudiaron pacientes con hipoxemia²⁴, se soporta el uso de las muestras capilares como sustituto de la PO_2 arterial. Una de las razones de la adecuada concordancia de las gasometrías capilares en condiciones de hipoxia, es que la diferencia arterio-venosa de PO_2 sería reducida en hipoxemia. Por lo tanto, la diferencia entre la PO_2 venosa y PO_2 arterial debería ser pequeña en estados de hipoxia, que mejoraría la exactitud de una muestra capilar para la PO_2 ²⁵. Esto es porque la curva de disociación de la oxihemoglobina, llega a ser, más lineal con PO_2 entre 20 y 60 mmHg. Para el pH y PCO_2 , la muestra capilar del dedo o lóbulo de la oreja, resulta en excelente exactitud y precisión²².

Complicaciones de la técnica de punción arterial

Las principales complicaciones mayores reportadas de la punción arterial son trombosis, hemorragia e infecciones. La mayoría de los estudios que así lo demuestran pertenecen a décadas pasadas y existen amplias variaciones en la frecuencia de complicaciones reportadas. Mortesen²⁶ en 3193 punciones arteriales, realizadas en 2360 pacientes, se encontró una frecuencia de complicaciones total de 13%, para las complicaciones mayores fue de 2.6 y 10.5% para las complicaciones menores. Las complicaciones mayores, más comunes fueron trombosis e isquemia, que requirieron hospitalización o intervención quirúrgica. Las complicaciones menores fueron el dolor, equimosis, hemorragia e inflamación local. Como ha sido informado, el uso prolongado de catéteres en la arterial radial ha traído mayores complicaciones, como isquemia severa y necrosis

de la extremidad que han requerido de intervenciones quirúrgicas e incluso han sido causa de muerte en algunos pacientes ²⁷, no obstante que se requiere para el monitoreo de la presión arterial y gases sanguíneos en el paciente en la unidad de cuidados intensivos.

Debido a estos inconvenientes de las gasometrías arteriales, las gasometrías capilares se han utilizado con la finalidad de reemplazar a las arteriales desde 1922 ²⁸. El desarrollo de la tecnología en las últimas décadas, ha permitido el análisis de gasometrías con muestras sanguíneas tan pequeñas como de hasta < 0.1 ml. La pregunta de si la gasometría arterial o capilar debería ser usada, es por lo tanto un tópico de interés general y ha sido discutido en varias ocasiones en algunos estudios ^{17,19,21,22, 29}, sobre todo en lactantes e infantes donde ha tenido mayor aceptación dada la dificultad para realizar la punción arterial o aun colocar un catéter arterial periférico. En pediatría se ha aceptado la gasometría capilar como un sustituto de la arterial aun en las unidades de cuidados intensivos ³⁰. Esta información ha sido extrapolada a sujetos adultos en la práctica diaria, sin embargo, el comportamiento de los gases sanguíneos puede ser diferente en el sujeto adulto.

Se han realizado estudios en adultos ^{18,19}, donde no ha habido homogeneidad para el análisis y el tamaño muestral ha sido pequeño, por lo que tener conclusiones completamente aceptables es cuestionable. De estos estudios ²² pareciera haber mejor grado de acuerdo para el pH y la PCO₂ que para la PO₂ de las muestras capilares, variables que no son calculadas como las informadas en el resto de la gasometría.

Significado de los valores de los gases sanguíneos ³¹.

La PaO₂ es el índice de oxigenación de la sangre, un indicador de la intensidad de la presencia del oxígeno en el plasma; es la expresión de la eficiencia de la ventilación-perfusión alveolares y de la difusión alvéolo-capilar, para lograr la normal transferencia de oxígeno desde el interior del alvéolo hasta la sangre del capilar pulmonar. La PaO₂ se ve afectada por las siguientes variables:

a).- La presión barométrica la cual determina la presión parcial del oxígeno en el aire ambiente, o sea en el gas que es inspirado (F_{iO_2}) y, por ende en el alvéolo (PAO_2).

b).- La concentración de oxígeno en el aire o gas inspirado, o sea la fracción inspirada de oxígeno, cuyo valor determina la presión parcial del oxígeno en el interior del alvéolo.

c).- La difusión del oxígeno a través de la membrana alvéolo capilar la cual obedece al gradiente o diferencia entre la PAO_2 y PaO_2 , gradiente que normalmente es de 5 a 10 mmHg y hasta de 20 mm Hg en individuos mayores de 60 años.

d).- La relación entre la ventilación alveolar y la perfusión capilar, o V/Q . La disminución o abolición de la ventilación en alvéolos atelectásicos o colapsados resulta en la mezcla veno-arterial o "shunt", principal causa de hipoxemia en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda; la disminución de la perfusión con mantenimiento de la ventilación alveolar, como sucede en el infarto pulmonar, resulta en aumento del espacio muerto intrapulmonar.

e).- La $PaCO_2$ es una medida de la eficacia de la ventilación, un indicador de la efectividad de la eliminación o excreción pulmonar del dióxido de carbono. Por consiguiente, la $PaCO_2$ es un parámetro de ventilación, también es un reflejo del componente respiratorio del equilibrio ácido-base y constituye un método altamente confiable que refleja, la eficiencia del funcionamiento pulmonar.

El pH depende en parte de la $PaCO_2$ lo cual permite elaborar los siguientes diagnósticos: cuando la $PaCO_2$ esté anormalmente elevada, habrá un exceso de ácido carbónico en el plasma, o sea que existirá una acidosis respiratoria; cuando la $PaCO_2$ esté anormalmente baja habrá un déficit de ácido carbónico en el plasma, o sea que existirá una alcalosis respiratoria.

JUSTIFICACION.

Se ha reportado elevada morbi-mortalidad de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Las medidas diagnosticas y terapéuticas requieren el conocimiento preciso y dinámico del intercambio gaseoso pulmonar. Sin embargo, debido a la molestia que significa para el paciente la punción arterial, que la técnica tenga cierta dificultad, que se asocie a complicaciones importantes, en ocasiones graves, como hemorragias, infecciones, trombosis e incluso isquemia y necrosis de la extremidad, hace que se intenten otras formas de monitoreo del intercambio gaseoso, como en nuestro caso, el buscar la utilidad de la sangre capilar como un medio de sustituir la arterial en sujetos con enfermedad cardiopulmonar. Sin embargo, debido a que no se ha probado del todo la concordancia de las muestras capilares en sujetos adultos y mucho menos en pacientes con enfermedad cardiovascular, el presente trabajo propone un estudio que permita explorar el grado de similitud de estas muestras, con el estándar de oro, es decir las muestras arteriales. Los resultados permitirán conocer su utilidad y el comportamiento del intercambio gaseoso a nivel capilar en este grupo de pacientes.

HIPOTESIS.

La gasometría capilar obtenida del dedo, puede ser de utilidad en la evaluación del intercambio gaseoso en el paciente con enfermedad cardiopulmonar.

HIPOTESIS NULA

La gasometría capilar es útil para evaluar el intercambio gaseoso

HIPÓTESIS ALTERNA

La gasometría capilar no es útil para evaluar el intercambio gaseoso

OBJETIVOS

GENERAL:

Identificar y comparar el grado de similitud en las variables estudiadas entre gasometrías arteriales (estándar de oro) y las capilares en el sujeto con enfermedad cardiopulmonar.

PRIMARIO:

1).- Valorar el grado de concordancia entre la gasometría capilar y la arterial en el sujeto con enfermedad cardiopulmonar.

SECUNDARIOS:

1).- Conocer el comportamiento del intercambio gaseoso a nivel capilar en estos sujetos con enfermedad cardiopulmonar.

TIPO DE ESTUDIO.

Estudio de concordancia.

VARIABLES.

VARIABLE DEPENDIENTE:

- 1).- Potencial hidrógeno capilar.
- 2).- Presión capilar de oxígeno.
- 3).- Presión capilar de bióxido de carbono.
- 4).- Bicarbonato sérico capilar.
- 5).- Bióxido de carbono disuelto total capilar.
- 6).- Exceso de base capilar.
- 7).- Saturación de oxígeno capilar.

VARIABLE INDEPENDIENTE:

- 1).- Potencial hidrógeno arterial.
- 2).- Presión arterial de oxígeno.
- 3).- Presión arterial de bióxido de carbono.
- 4).- Bicarbonato sérico arterial.
- 5).- Bióxido de carbono disuelto total arterial.
- 6).- Exceso de base arterial.
- 7).- Saturación de oxígeno arterial.

VARIABLES DEMOGRAFICAS:

- 1). Edad.
- 2). Sexo.
- 3). Peso.
- 4). Talla
- 5). Índice de masa corporal

DEFINICION DE LAS VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE

1).- Potencial hidrógeno capilar.

Definición conceptual:

Mide la resultante global de la situación del equilibrio ácido-base en condición aguda o crónica.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría capilar.
(Ver anexo 1,2,3 y 5)

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

2).- Presión de oxígeno (PO₂).

Definición conceptual:

Mide la presión parcial de oxígeno en sangre capilar.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría capilar,
(Ver anexo 1,2,3 y 5).

Tipo de variable:

Cuantitativa continúa

3).- Presión de bióxido de carbono (PCO₂).

Definición conceptual:

Mide la presión parcial de dióxido de carbono en sangre capilar.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría capilar.
(Ver anexo 1,2,3 y 5)

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

4).- Bicarbonato sérico (HCO_3^-).**Definición conceptual:**

Mide la situación del componente básico del equilibrio ácido-base

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría capilar.

(Ver anexo 1,2,3 y 5).

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

5).- Bióxido de carbono disuelto total ($\text{CO}_2 \text{ T}$).**Definición conceptual:**

Es la suma total entre el dióxido de carbono disuelto (dCO_2) y el ácido carbónico (H_2CO_3) en el plasma.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría capilar.

(Ver anexo 1,2,3 y 5).

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

6).- Exceso de base (EB).**Definición conceptual:**

Es un cálculo que representa la suma total de los agentes con acción de tampón (aniones) de la sangre.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría capilar.

(Ver anexo 1,2,3 y5).

Tipo de variable:

Cuantitativa continúa

7).- Saturación de oxígeno (SaO₂).

Definición conceptual:

Se corresponde con el porcentaje de saturación de la hemoglobina, o también cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina en los hematíes disponible para ser transportado por las arterias hacia las células.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría capilar.

(Ver anexo 1,2, 3 y 5).

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

VARIABLE INDEPENDIENTE.

1).- Potencial hidrógeno arterial.

Definición conceptual:

Mide la resultante global de la situación del equilibrio ácido-base.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría arterial.

(Ver anexo 1,2,3 y 4).

Tipo de variable:

Cuantitativa continúa

2).- Presión de oxígeno (PO₂).

Definición conceptual:

Mide la presión parcial de oxígeno en sangre arterial.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría arterial.

(Ver anexo 1,2,3 y 4)

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

3).- Presión de bióxido de carbono (PCO₂).

Definición conceptual:

Mide la presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría arterial.

(Ver anexo 1,2,3 y 4)

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

4).- Bicarbonato sérico (HCO₃⁻).

Definición conceptual:

Mide la situación del componente básico del equilibrio ácido-base

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría arterial.

(Ver anexo No 1,2,3 y 4).

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

5).- Bióxido de carbono disuelto total (CO₂ T).**Definición conceptual:**

Es la suma total entre el dióxido de carbono disuelto (dCO₂) y el ácido carbónico (H₂CO₃) en el plasma.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría arterial.
(Ver anexo 1,2,3 y 4).

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

6).- Exceso de base (EB).**Definición conceptual:**

Es un cálculo que representa la suma total de los agentes con acción de tampón (aniones) de la sangre.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría arterial.
(Ver anexo 1,2,3 y 4).

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

7).- Saturación de oxígeno (SaO₂).**Definición conceptual:**

Se corresponde con el porcentaje de saturación de la hemoglobina, o también cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina en los hematíes disponible para ser transportado por las arterias hacia las células.

Definición operacional:

Resultado de la medición de los gases sanguíneos mediante gasometría arterial.

(Ver anexo 1,2,3 y 4).

Tipo de variable:

Cuantitativa continua

VARIABLES DEMOGRAFICAS:**EDAD****Definición conceptual:**

El diccionario de la lengua española la define como el tiempo que una persona ha vivido, a contar desde que nació.

Definición operacional:

El tiempo en la persona se refiere que ha vivido, identificado por entrevista directa y corroborado con el número de afiliación al Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

Indicadores:

Número de años

Escala de medición:

Cuantitativa discreta.

SEXO:**Definición conceptual:**

Condición orgánica que distingue a ciertos individuos de la misma especie con relación a su forma de intervenir en los procesos reproductivos, diferencia que permite clasificarlos como hombre o mujer.

Definición operacional:

El fenotipo del paciente e historia clínica registrada en el expediente.

Indicadores:

Fenotipo masculino o femenino.

Escala de medición:

Cualitativa dicotómica.

PESO:**Definición conceptual:**

Fuerza de gravitación universal que ejerce un cuerpo celeste sobre una masa.

Indicadores:

Gramos o kilogramos.

Escala de medición:**TALLA:****Definición conceptual:**

Instrumento para medir la estatura de las personas.

Indicadores:

Centímetros o metros.

Escala de medición:**INDICE DE MASA CORPORAL:****Escala de medición:**

Resulta de la división de la masa en kilogramos entre el cuadrado de la estatura expresada en metros.

MATERIAL Y METODOS.

UNIVERSO DE TRABAJO

El presente estudio fue realizado en el laboratorio de fisiología respiratoria del departamento de Cardioneumología del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez.

Se estudiaron sujetos consecutivos con enfermedad cardiopulmonar en condición estable, a quienes se les realizó gasometría arterial y capilar al mismo tiempo. La condición estable fue definida, como libre de enfermedad respiratoria o cardiológica aguda hasta en 3 meses previos al procedimiento.

SELECCIÓN DE LOS PACIENTES

Criterios de inclusión:

1).- Adultos mayores de 18 años de edad, hombres y mujeres con diagnóstico de enfermedad cardiaca o pulmonar estable, que hayan aceptado participar con firma de carta de consentimiento informado, previa explicación del procedimiento y riesgos de la prueba; (anexo 6).

Criterios de no inclusión:

- 1).- Sujetos sin enfermedad cardiaca o pulmonar
- 2).- Aquellos pacientes con enfermedad cardiaca o pulmonar inestable o agudizada.
- 3).- Sujetos con enfermedad arterial periférica en las extremidades superiores.
- 4).- Quienes por alguna razón, solo tuvieran una extremidad superior.

Criterios de eliminación:

1).- Se eliminaron a los sujetos quienes habiendo dado su consentimiento, por razones técnicas no fue posible canular la arteria radial.

DESCRIPCION DEL ESTUDIO.

En orden consecutivo se hicieron las siguientes actividades:

1).- Inclusión de los pacientes seleccionados mediante:

Identificación de pacientes con enfermedad cardiopulmonar conocida, mediante el expediente clínico, por personal del laboratorio de fisiología respiratoria del departamento de Cardioneumología del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", que acudieron a realización de pruebas de función respiratoria.

2).- El día del estudio, el sujeto se mantuvo en posición sentada, se les realizó la prueba de Allen (36) en ambos antebrazos, en la región de la muñeca. La extremidad con mejor llenado distal fue elegida para el sitio de canulación arterial.

3).- Se realizó asepsia y antisepsia de la región y se colocó el catéter en la arteria elegida y estando posicionado éste, se fijó y colocó una llave de 3 vías para controlar el flujo sanguíneo.

4).- Dos observadores independientes procedieron a tomar la muestra arterial y la muestra capilar de modo simultaneo. Esta última muestra requirió la punción previa con una aguja en el dedo pulgar.

5).- La arteria radial, previa instilación tópica de xilocaina al 2% sin epinefrina, fue canulada con un catéter intravenoso BD Insyte 20 GA 1.16 IN (1.1 x 30 mm), Becton Dickinson, la cual fue obturada con una llave de 3 vías. La muestra arterial se obtuvo de este sitio con un capilar de vidrio con heparina para uso en analizadores (gasómetros) IL serie 1300, 1600, BG3, BGE a 1600, Instrumentation Laboratory.

6).- La muestra capilar fue obtenida del dedo pulgar derecho o izquierdo de manera indistinta, el capilar utilizado fue similar al usado en el lado arterial.

7).- Ambas muestras fueron obtenidas al mismo tiempo y procesadas inmediatamente en un gasómetro Instrumentation Laboratory, Critical Care Laboratory, Synthesis 25.

8).- Las variables obtenidas de muestras arteriales fueron: Potencial hidrógeno (pH); Presión arterial de oxígeno (PaO₂); Presión arterial de bióxido de carbono

(PCO₂); Bicarbonato sérico (HCO₃⁻); Bióxido de carbono disuelto total (CO₂ T); Exceso de base (EB); Saturación de oxígeno (SaO₂).

9). Las variables obtenidas de muestras capilares fueron: pH, PaO₂, PCO₂, HCO₃⁻, CO₂ T, EB, SaO₂.

10).- Además a los sujetos se les acotaron sus variables demográficas, hemodinámicas, diagnóstica y de laboratorio.

11).- Una vez registrada la información en la hoja de recolección de datos, se concentro la información en una base de datos digitalizada el programa Excel de Microsoft y se efectuó análisis mediante los programas estadísticos SPSS versión 10 y Medcalc.

ASPECTOS ESTADISTICOS:

1).-Análisis:

Los valores se expresaron en media ± desviación estándar (M±DS). Las diversas entidades cardiopulmonares se acotan en frecuencias y porcentajes. La distribución de los valores entre las gasometrías se muestra mediante diagramas dispersos. El grado de acuerdo entre ellas fue establecido mediante el procedimiento de Bland-Altman³⁵ y la magnitud del acuerdo con el coeficiente de correlación intraclase con su respectivo intervalo de confianza al 95% (IC 95%). Una p<0.05 fue considerada estadísticamente significativa.

RECURSOS Y FACTIBILIDAD:

HUMANOS:

Investigadores, colaboradores y personal habitualmente involucrado en la atención de los pacientes: Médicos, enfermeras, personal de laboratorio de fisiología respiratoria y laboratorio clínico.

MATERIALES:

1).- Instalaciones del laboratorio de fisiología respiratoria del departamento de cardioneumología del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

FACTIBILIDAD:

Se considera factible porque se cuenta con los recursos anteriormente mencionados. Además, el Instituto Nacional de cardiología "Ignacio Chávez", por ser un hospital de concentración de enfermedades cardiológicas y respiratorias, se envían un gran número de sujetos a estudio de la fisiología respiratoria.

CONSIDERACIONES ETICAS:

- 1).- Se obtuvo consentimiento informado de los pacientes.
- 2).- La toma de las muestras sanguíneas capilar representa un mínimo riesgo para el paciente, la muestra arterial es un procedimiento indicado en las pruebas de función respiratoria, realizado por técnicos con experiencia en el procedimiento.
- 3).- En este estudio aunque se realizó una maniobra diferente (gasometría capilar), a la que habitualmente se realiza para el estudio de la fisiología respiratoria, el riesgo para el paciente es prácticamente nulo.
- 4).- Se respetaron las normas internacionales de Helsinki para la investigación en seres humanos (anexo 7)

GRAFICA DE GANT: ACTIVIDADES.



Fecha de inicio de la elaboración del proyecto de investigación: Junio de 2007.

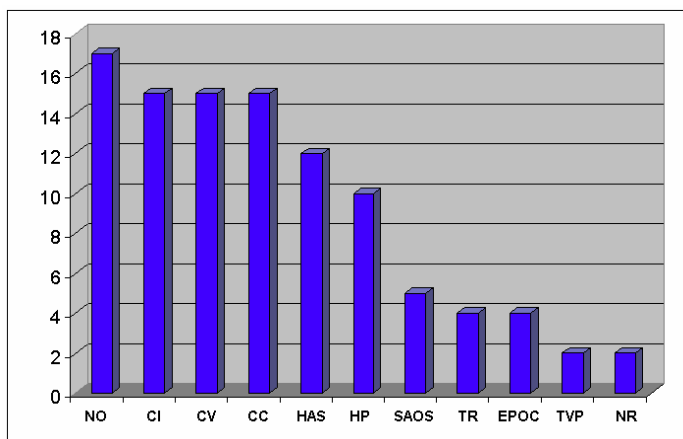
Fecha planeada de término del estudio propuesto: Julio del 2008.

RESULTADOS:

Estudiamos 101 sujetos con enfermedad cardiopulmonar, 48 (47.5%) hombres y 53 (52.5%) mujeres. Las edades respectivas fueron: 55 ± 16 vs. 56 ± 16 . El peso del grupo total 80.32 ± 20.86 Kgs., la superficie corporal 1.80 ± 0.26 m², el índice de masa corporal 31.58 ± 6.54 Kg/m². La presión arterial sistólica 126.78 ± 15.11 mmHg, la presión arterial diastólica 79.06 ± 10.48 mmHg y la presión arterial sistémica media 94.96 ± 10.57 mmHg. La hemoglobina 15.94 ± 2.48 g/dl, hematocrito 47.95 ± 7.66 %. No observamos complicaciones debida a la canulación arterial en ninguno de nuestros pacientes estudiados.

Las entidades estudiadas se agruparon de la siguiente manera (Figura 1): Neumopatía del obeso (NO) 17 (16.8%), cardiopatía isquémica (CI) 15 (14.9%), cardiopatía valvular (CV) 15 (14.9%), cardiopatía congénita (CC) 15 (14.9%), hipertensión arterial sistémica (HAS) 12 (11.9%), hipertensión pulmonar severa (HP) 10 (9.9%), síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) 5 (4.9%), trastornos del ritmo (TR) 4 (3.9%), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) 4 (3.9%), trombosis venosa profunda (TVP) 2 (2%), neumopatía restrictiva (NR) 2 (2%).

Figura 1: Grupo de enfermedades estudiadas



Neumopatía del obeso: NO; Cardiopatía isquémica: CI; Cardiopatía valvular: CV; Cardiopatía congénita: CC; Hipertensión arterial sistémica: HAS; Hipertensión pulmonar severa: HP; Síndrome de apnea obstructiva del sueño: SAOS; Trastornos del ritmo: TR; Enfermedad pulmonar obstructiva crónica: EPOC; Trombosis venosa profunda: TVP; Neumopatía restrictiva: NR.

La magnitud del acuerdo entre los diferentes valores de la gasometría arterial y la capilar se acotan en la Tabla I.

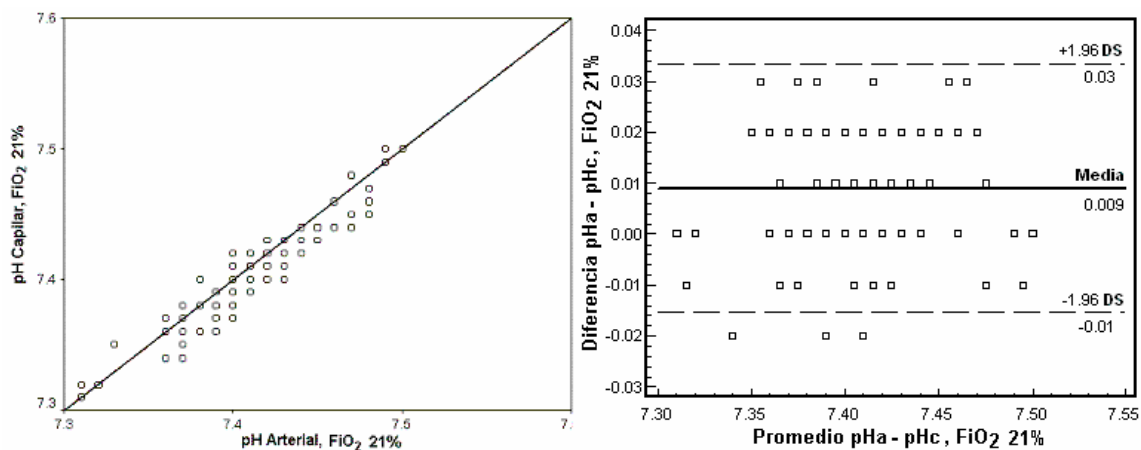
Tabla I. Grado de acuerdo entre las variables de la gasometría arterial vs. capilar

Variable	CCI	p<	IC95%
pH	0.94	0.0001	(0.92, 0.96)
PO ₂ , mm Hg	0.90	0.0001	(0.95, 0.98)
PCO ₂ , mm Hg	0.97	0.0001	(0.86, 0.93)
HCO ₃ ⁻ , mmol/L	0.93	0.0001	(0.91, 0.95)
CO ₂ T, mmol/L	0.94	0.0001	(0.91, 0.96)
EB, mmol/L	0.94	0.0001	(0.91, 0.95)
SaO ₂ , %	0.98	0.0001	(0.97, 0.99)

pH: Potencial hidrógeno; PO₂: Presión de oxígeno; PCO₂: Presión de bióxido de carbono; HCO₃⁻: Bicarbonato sérico; CO₂ T: Bióxido de carbono disuelto total; EB: Exceso de base; SaO₂: Saturación arterial de oxígeno.

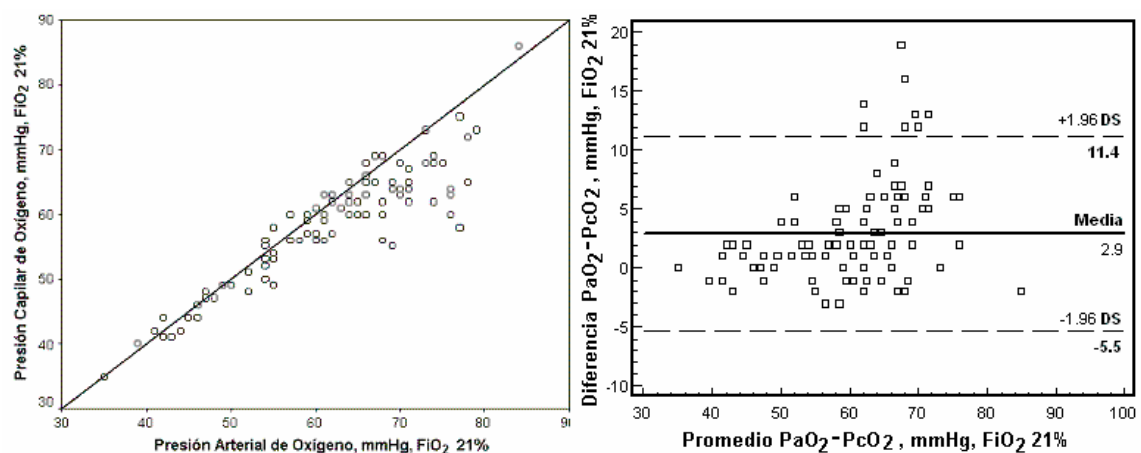
El comportamiento de la relación arterial-capilar de cada una de las variables se muestra en las Figuras 2a a la 8a y la diferencia media de Bland-Altman se muestra en las Figuras 2b a la 8b de cada una de las variables.

Figura 2. Grafico disperso del pH de la relación arterial-capilar (A) y de la diferencia media de Bland-Altman (B).



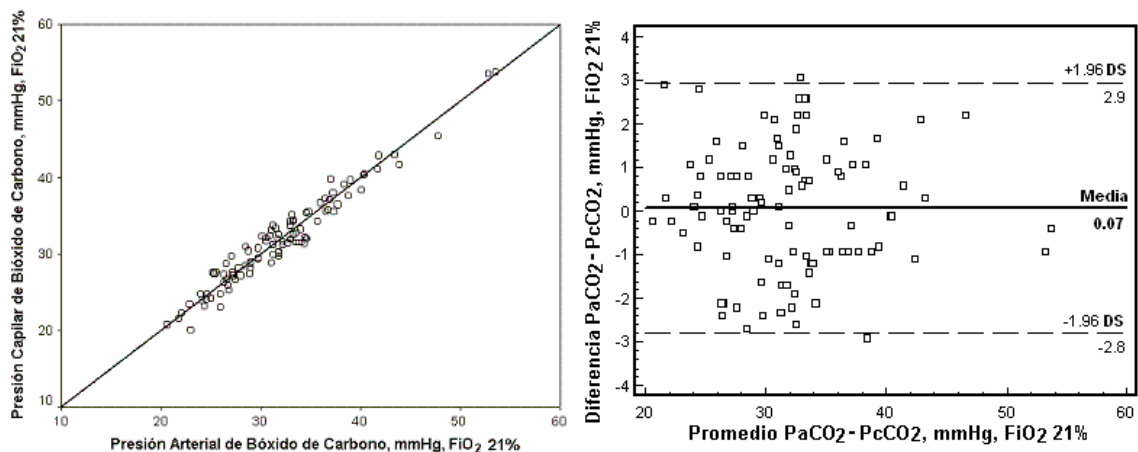
pHa: Potencial hidrógeno arterial; pHc: Potencial hidrogeno capilar; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; SD: Desviación estándar.

Figura 3. Grafico disperso de la presión de oxígeno de la relación arterial-capilar (A) y de la diferencia media de Bland-Altman (B).



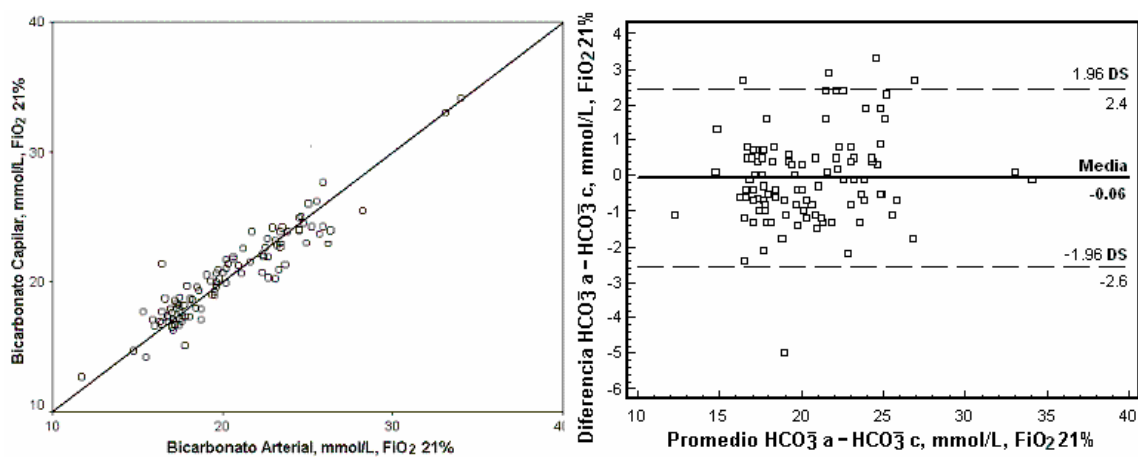
PaO₂: Presión arterial de oxígeno; PcO₂: Presión capilar de oxígeno; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; SD: Desviación estándar.

Figura 4. Grafico disperso de la presión de bióxido de carbono de la relación arterial-capilar (A) y de la diferencia media de Bland-Altman (B).



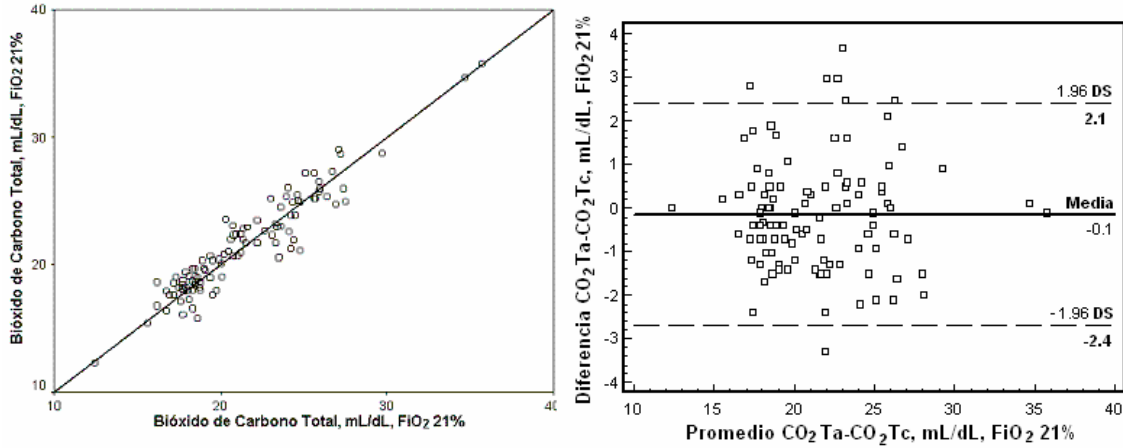
PaCO₂: Presión arterial de bióxido de carbono; PcCO₂: Presión capilar de bióxido de carbono; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; SD: Desviación estándar.

Figura 5. Grafico disperso del bicarbonato sérico de la relación arterial-capilar (A) y de la diferencia media de Bland-Altman (B).



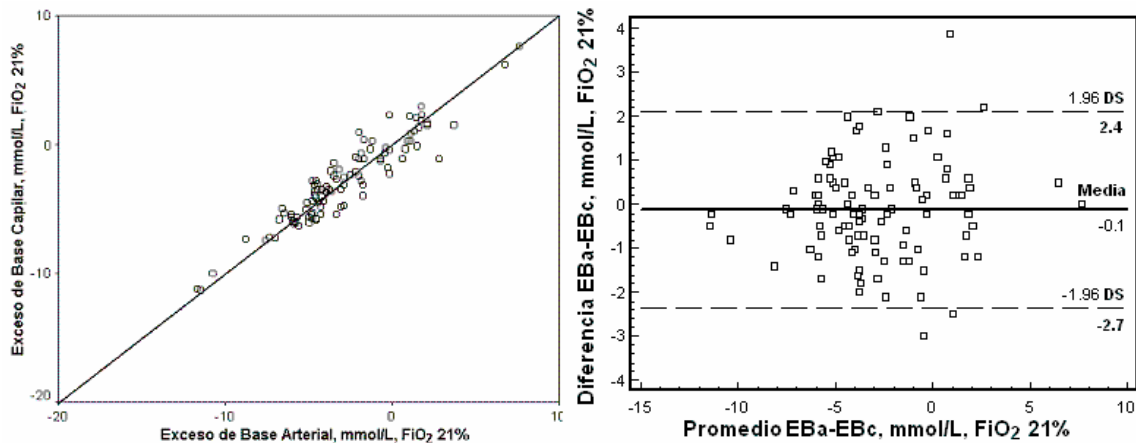
HCO₃⁻_a: Bicarbonato sérico arterial; HCO₃⁻_c: Bicarbonato sérico capilar; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; SD: Desviación estándar.

Figura 6. Grafico disperso del bióxido de carbono disuelto total de la relación arterial-capilar (A) y de la diferencia media de Bland-Altman (B).



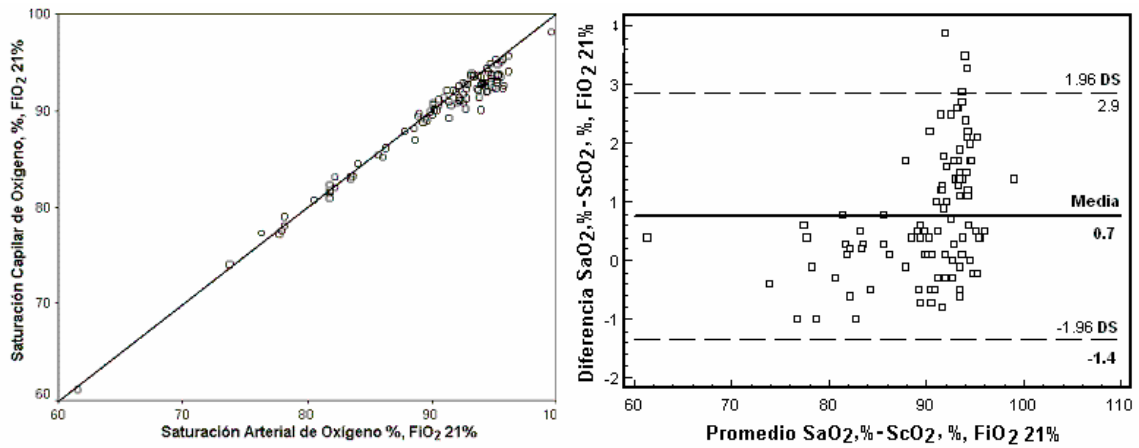
CO₂ Ta: Bióxido de carbono disuelto total arterial; CO₂ Tc: Bióxido de carbono disuelto total capilar; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; SD: Desviación estándar.

Figura 7. Grafico disperso del exceso de base de la relación arterial-capilar (A) y de la diferencia media de Bland-Altman (B).



EBa: Exceso de base arterial; EBc: Exceso de base capilar; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; SD: Desviación estándar.

Figura 8. Grafico disperso de la saturación de oxígeno de la relación arterial-capilar (A) y de la diferencia media de Bland-Altman (B).



SaO₂: Saturación arterial de oxígeno; ScO₂: Saturación capilar de oxígeno; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; SD: Desviación estándar.

DISCUSION:

Este es el primer estudio de gasometrías capilares, realizado en sujetos con enfermedad cardiopulmonar estable. La población estudiada es una muestra del tipo de población que habitualmente es estudiada en el laboratorio de fisiología respiratoria. La muestra son sujetos adultos, con adecuada presión arterial, hemoglobina y balanceada en cuanto a género. Similar a otros estudios, el procedimiento puede ser realizado por personal no médico (técnico), en diferentes contextos fisiológicos y clínicos, es una opción más atractiva y simple que las gasometrías arteriales, ya que es menos invasivo y doloroso, el uso de capilares tiene mínimas molestias para el paciente y prácticamente nulas complicaciones ^{32,33}.

El poco uso de esta técnica, para evaluar el intercambio gaseoso, es quizá por los resultados conflictivos obtenidos, en cuanto a la concordancia y exactitud de las muestras capilares para reflejar las muestras arteriales, por la heterogeneidad de los estudios demostrada en múltiples ocasiones, atribuida a diferentes técnicas de obtención de las muestras capilares, tamaño de la muestra, diferentes análisis estadístico ²². A pesar de esto, varios autores y nosotros creemos que las muestras capilares podrían sustituir a la arterial, cuando son realizadas apropiadamente.

El grado de acuerdo obtenido es muy bueno ya que todas las variables son mayores de 0.90, siendo la determinación de la presión de oxígeno la menor. Para las variables que reflejan el estado ventilatorio como la PCO_2 , y el PH son excelentes. Existe discrepancia clínica entre el obtenido para la PO_2 y el graficado, ya que a pesar de la buena concordancia obtenida por el coeficiente correlación intraclase, los diagramas dispersos demuestran que existe un sesgo a la derecha de los puntos graficados, lo que demuestra que la gasometría capilar infravalora los valores arteriales conforme la PaO_2 es mayor aproximadamente a 60 mmHg.

Nuestro estudio no solo fue realizado en base a una comparación simple, o mediante una correlación significativa (como fueron hechos los estudios en décadas pasadas), si no que además, al igual que en el estudio realizado recientemente por Pitkin y colaboradores ³⁴, también se utilizó el método estadístico de Bland-Altman ³⁵ con el

cual también se evaluó el grado de acuerdo entre las variables de las muestras arteriales y capilares; método ampliamente recomendado actualmente en la práctica clínica, para evaluar estudios de concordancia.

Otro aspecto muy importante tomado en cuenta en la realización de este trabajo, y que puede influir en los resultados del estudio, es el tamaño de la muestra, en el que nosotros evaluamos a 101 pacientes, a diferencia de la mayoría de los estudios realizados previamente, como así lo demostró el único metanálisis existente al respecto, en el cual se incluyeron nueve estudios sobre gasometría capilar del dedo de la mano, en el cual el promedio de pacientes por estudio fue de 36, para un total de 324 pacientes²², que incluso utilizó estudios realizados en niños.

Las condiciones clínicas donde se han demostrado que el flujo sanguíneo capilar no es predominantemente arteriolar, pero contiene flujo predominantemente venular y que puede influir en la concordancia de los estudios es en las siguientes observaciones:

1.- En pacientes con choque, en donde la presión arterial es baja, la presión venosa es alta y por lo tanto existe una gran diferencia arteria-venosa de los gases; por lo tanto la sangre capilar mantiene un nivel más bajo de pH, una más alta PCO_2 y una más baja saturación de oxígeno SO_2 que la sangre arterial. El EB y HCO_3 no existen diferencias significativas¹².

2.- En recién nacidos, las primeras 3 hrs después del nacimiento, de acuerdo a Gandy y colaboradores¹⁹, y después de las primeras 24 hrs después del nacimiento de acuerdo a Koch y Wendel³⁶, donde la presión arterial es baja, en las extremidades inferiores y la presión de perfusión es pobre, la sangre capilar del talón se observó un pH bajo, un más alto PCO_2 , una más baja SO_2 y PO_2 que la sangre arterial de la arteria umbilical y temporal. El exceso de base o bicarbonato presentaron pequeñas diferencias.

3.- En pacientes que reciben oxigenoterapia, la sangre capilar es inapropiada para estimación de la PO_2 arterial. La razón de esto, es que incluso una ligera adición de sangre venosa, que incluso no afecta significativamente el pH y PCO_2 causa que la SO_2 disminuya, debería causar un muy marcado cambio en la PO_2 debido a la curva de disociación del oxígeno⁹.

Los principales hallazgos demostrados en este trabajo fue que: 1.- La magnitud de acuerdo de las variables evaluadas, fue estadísticamente significativa para todas ellas (Tabla 1). 2.- La mayor correlación fue para la SO_2 (0.98, P: < 0.0001; IC: 97 a 99%); PCO_2 (0.97, P: <0.0001; IC: 0.86 a 0.93 %) y pH (0.94, P: <0.0001; IC: 0.92 a 0.96). 3.- La menor correlación se fue para la PO_2 (0.90, P: < 0.0001; IC: 0.95 a 0.98).

Sin embargo, el comportamiento sobre una línea de tendencia (Figura 3) demuestra un comportamiento diferente de la PaO_2 que puede explicarse porque hay un gradiente arterial de PO_2 alrededor de 98 mmHg y del lecho capilar de 38 mmHg, obteniendo una diferencia arterio-venosa en reposo de 30 mmHg aproximadamente, aumentando con el ejercicio ligero a 75 mmHg y por lo menos a 530 mmHg con fracción inspirada de O_2 (FIO_2) a 100%. Lo cual significa que la diferencia arteriovenosa es mayor conforme la PaO_2 aumenta, conforme la diferencia es menor el capilar tenderá a infravalorar en menor cuantía.

Al respecto Sauty y colaboradores³⁷, demostraron que la diferencia arterio-venosa de PO_2 depende de la curva de disociación de oxígeno. Como la PO_2 arterial cae de 26 a 17 mmHg, la diferencia arterio-venosa también lo hace de 60 a 45 mmHg. La vasodilatación podría reducir estas diferencias de 9 y 5 mmHg respectivamente.

En este estudio también se demostró que la diferencia de la PO_2 arterial-capilar es de -3.8 mmHg a +18 mmHg³⁷; y en el estudio de Pitkin y colaboradores³⁴ fue similar con una diferencia de la PO_2 arterial-capilar de -4.4 mmHg a + 14 mmHg, con intervalos de confianza del 95% en ambos estudios. De estos estudios se desprende una respuesta importante, a la pregunta de si las muestras capilares son útiles en la práctica clínica y es que la PO_2 capilar podría detectar hipoxemia arterial con adecuada sensibilidad, pero que podrían presentarse algunos falsos positivos, donde la PO_2 capilar sugiere un mayor grado de hipoxemia arterial que el realmente presente. Esto es, valores de PO_2 capilar por arriba de 80 mmHg deberán ser tratados con precaución.

Conclusión

Obtuvimos una alta concordancia de todas las variables gasométricas. Sin embargo, analizando las gráficas dispersas y de Bland y Altman, la PcO_2 , es infravalorada por el capilar conforme la PaO_2 es mayor. En estas condiciones la gasometría capilar puede ser una herramienta útil que orienta el comportamiento de la ventilación. El intercambio gaseoso, sin embargo puede estar limitado en el conocimiento exacto del grado de oxigenación, lo que limita su uso con estos fines.

Anexo 1.

Mediciones, unidades y terminología ³⁵.

La gasometría se realiza mediante un *analizador de gases*, que mide directamente los siguientes parámetros: potencial de hidrogeno (pH), se expresa en unidades absolutas; presión parcial de dióxido de carbono (PCO_2) se expresa en mmHg; presión parcial de oxígeno (PO_2), se expresa en mmHg. A partir de estos parámetros, se calcula el bicarbonato sódico (HCO_3^-), que se expresa en mEq/l. También se pueden calcular otros parámetros, entre los que destacan el exceso de base (EB) y la saturación arterial de oxígeno (SaO_2).

Las mediciones de estos parámetros en sangre arterial se expresa con la notación “a”; los de sangre venosa periférica con una “v”, y los de sangre venosa mixta con “vm”.

Anexo 2.

Principales parámetros ³¹

Para la valoración de la función respiratoria los cuatro parámetros fundamentales en sangre arterial son los siguientes:

- **pH**: mide la resultante global de la situación del equilibrio ácido-base. En sí mismo, no es un parámetro de valoración de la función respiratoria. Su interés reside en que nos habla del “tiempo de las alteraciones respiratorias”, no de las alteraciones respiratorias propiamente dichas, es decir, nos habla de si un proceso respiratorio es agudo o crónico, o de cuando un proceso crónico se agudiza.

- **PaCO₂**: mide la presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial. Se trata de un parámetro de gran importancia diagnóstica, pues tiene estrecha relación con una parte de la respiración: la ventilación (relación directa con la eliminación de CO₂). Así, cuando existe una PaCO₂ baja significa que existe una hiperventilación, y al contrario, cuando existe una PaCO₂ elevada significa una hipoventilación.

- **PaO₂**: mide la presión parcial de oxígeno en sangre arterial. Parámetro, así mismo, de gran utilidad, ya que evalúa la otra parte de la respiración: la oxigenación (captación de oxígeno del aire atmosférico). Una PaO₂ baja significa que existe hipoxemia y una PaO₂ elevada, una hiperoxia.

- **HCO₃⁻**: mide la situación del componente básico del equilibrio ácido-base. Tampoco mide ningún aspecto de la función respiratoria, mas bien del componente metabólico, agudo o crónico.

El **EB** y la **SaO₂** son parámetros calculados, no son del todo fiables y no aportan Ninguna información adicional directa.

ANEXO 3 ³¹.

Valores de normalidad.

Sangre arterial			Sangre venosa periférica		
Valor medio		Rango	Valor medio		Rango
pH	7,40	7,36-7,44	pH	7,38	7,35-7,43
PaCO ₂	40	36-44	PvCO ₂	46	40-52
PaO ₂	85	85-100	PvO ₂	40	-
HCO ₃	24	22-26	HCO ₃	24	22-26

Anexo 4 .

Técnica de obtención de la muestra arterial ³¹

Para realizar la técnica de forma adecuada, es muy importante una punción correcta, un buen manejo de la muestra. Se realiza bien por punción de una arteria o a través de un catéter de canalización arterial, la mejor arteria para ello es la radial que se encuentra en el túnel carpiano y constituye la zona más segura y accesible. Si esta es inaccesible o no presenta una circulación colateral adecuada, la siguiente arteria de elección sería la arteria Humeral, que la encontraremos en la fosa ante cubital. La arteria Femoral, solo debe ser puncionada de forma excepcional. Durante la punción arterial el paciente debe permanecer relajado, sentado o semi-incorporado, después debemos localizar la arteria a puncionar por palpación. Si la arteria que vamos a puncionar es la radial, debemos realizar la prueba de ALLEN para comprobar la circulación colateral, esta prueba es sencilla y fiable.

Prueba de Allen ³⁸ :

Consiste en la compresión simultanea de las arterias radial y cubital y se solicita al paciente que realice sucesivos movimientos rápidos de cierre y apertura de la mano y al abrir la mano los dedos y la palma aparecerán pálidos, se descomprime la arteria cubital y en menos de 15 segundos debe restablecerse la circulación y el color de la mano, de no ocurrir esto no debemos puncionar la arteria radial y elegiremos otra arteria. Una vez escogida la zona a puncionar, debe limpiarse y desinfectarse la zona adecuadamente. Luego se hará una anestesia del lugar a puncionar, con un anestésico sin adrenalina, se realiza un habón en el entorno de la zona a puncionar con una aguja fina. Hemos de esperar el tiempo necesario para que la anestesia haga su función, se realiza la punción con un ángulo de incidencia de unos 45º y la jeringa debe estar heparinizada si es de cristal o juego desechable para gasometrías. Después de realizar la punción se debe presionar la zona durante unos 5-10 minutos para evitar la aparición del hematoma post-punción.

ANEXO 5.

Técnica de obtención de la muestra capilar ³¹.

Seleccionamos la zona a puncionar (punta del pulgar) y se somete a la acción del calor por un baño caliente o la sometemos a la acción de una pomada rubefaciente. Una vez desinfectada la zona se punciona la zona y aparecen las gotas de sangre espontáneamente, no es necesario apretar con intensidad, en todo caso suavemente con el capilar de cristal se acerca un extremo a la base de la gota de sangre, con una inclinación de unos 45° en relación a la gota de sangre, llevándolo a la posición horizontal a medida que se va llenando de sangre, debemos controlar que no entre aire en la muestra, de lo contrario hemos de eliminar el que pueda entrar. Una vez recogida la cantidad de sangre suficiente, se tapa un extremo del capilar, se introduce una barrita de hierro y se tapa el otro extremo, inmediatamente se comienza a mover la barrita con la ayuda de un imán, con desplazamientos suaves que se deben mantener hasta que se entregue en el laboratorio.

ANEXO 6.

**INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA
IGNACIO CHAVEZ**

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

El que suscribe Sr. (a) _____ con Registro hospitalario numero _____ declaro que he sido informado (a) por el Dr. Luis Antonio López López, responsable de mi caso, en forma amplia comprensible y a plena satisfacción de las características de mi enfermedad cardiopulmonar y de otras agregadas que pudiera padecer (Diabetes, Hipertensión Arterial, Neumopatía, nefropatía u otras).

Que se me ha explicado claramente cuales son los estudios diagnósticos y el tratamiento que recomiendan para mi caso y cual será el beneficio que sobre la calidad de vida, sobrevida, rehabilitación y pronostico tener con los mismos.

Estoy consciente que la mía es una enfermedad crónica y que es posible que en el futuro pudieran reaparecer signos y síntomas de las mismas, por lo que deberé continuar con tratamiento y vigilancia médica por tiempo indefinido.

Se me ha explicado en que consiste el procedimiento de la gasometría capilar, sus posibles complicaciones. Se que este es un estudio de investigación y que el riesgo de morbilidad es bajo y de mortalidad nulo.

Por lo que dado lo anterior, con plena conciencia y libertad autorizo para que me sea practicado el estudio mencionado y acepto participar en el proyecto de investigación titulado: "Utilidad de la gasometría capilar en el sujeto cardiovascular estable"; mismo que me ha sido propuesto por el médico responsable.

México D.F. _____ De _____ del 2008

Paciente o persona legalmente responsable

Médico Responsable del Paciente

Nombre y firma

Nombre y firma

ANEXO 7.

DECLARACION DE HELSINKI DE LA ASOCIACION MEDICAL MUNDIAL ³⁹.

Recomendaciones para orientar a los médicos en la investigación biomédica con seres humanos Adoptadas por la 18a Asamblea Médica Mundial Helsinki, Finlandia, junio de 1964 y enmendadas por la 29a Asamblea Médica Mundial Tokio, Japón, octubre de 1975, por la 35a Asamblea Médica Mundial Venecia, Italia, octubre de 1983 y por la 41ª Asamblea Médica Mundial Hong Kong, en septiembre de 1989.

INTRODUCCION

Es misión del médico proteger la salud de la población. Sus conocimientos y conciencia están dedicados al cumplimiento de esa misión.

La Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial compromete al médico con las palabras "La salud de mi paciente será mi primera consideración", y el Código Internacional de Ética Médica declara que "Un médico debe actuar sólo en el interés del paciente al proporcionar atención profesional que pudiese tener el efecto de debilitar el estado físico y mental del paciente".

El propósito de la investigación médica con seres humanos debe ser mejorar los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos y la comprensión de la etiología y la patogénesis de la enfermedad.

En la práctica médica actual la mayor parte de los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos involucran riesgos. Esto se aplica especialmente a la investigación biomédica.

El progreso de la medicina se basa en la investigación, la que en último término, debe cimentarse en parte en la experimentación en seres humanos. En el campo de la investigación biomédica debe reconocerse una distinción fundamental entre la investigación médica cuyo objetivo es esencialmente diagnóstico o terapéutico para el paciente, y la investigación médica cuyo objetivo esencial es puramente científico y no representa un beneficio diagnóstico o terapéutico directo para la persona que participa en la investigación. Durante el proceso de investigación,

deben considerarse especialmente los factores que puedan afectar al medio ambiente, y debe respetarse el bienestar de los animales utilizados con fines de investigación.

Dado que es esencial que los resultados de los experimentos de laboratorio se apliquen a seres humanos a fin de ampliar el conocimiento científico y así aliviar el sufrimiento de la humanidad, la Asociación Médica Mundial ha redactado las siguientes recomendaciones para que sirvan de guía a cada médico que realiza investigación en seres humanos. Estas deben someterse a futuras revisiones. Hay que hacer hincapié en el hecho de que las normas tal como están redactadas son sólo una forma de orientación para los médicos de todo el mundo. Ellos no están exentos de las responsabilidades criminales, civiles y éticas en virtud de las leyes de sus propios países.

I. PRINCIPIOS BASICOS

1. La investigación biomédica en seres humanos debe atenerse a principios científicos generalmente aceptados y debe basarse tanto en experimentos de laboratorio y con animales, realizados en forma adecuada, como en un conocimiento profundo de la literatura científica pertinente.
2. El diseño y la ejecución de cada procedimiento experimental en seres humanos deben formularse claramente en un protocolo experimental que debe enviarse a un comité independiente debidamente designado para su consideración, observaciones y consejos. Dicho comité debe ajustarse a las leyes y regulaciones del país en que se lleva a cabo la investigación.
3. La investigación biomédica en seres humanos debe ser realizada sólo por personas científicamente calificadas y bajo la supervisión de un profesional médico competente en los aspectos clínicos. La responsabilidad por el ser humano debe siempre recaer sobre una persona médicamente calificada, nunca sobre el individuo sujeto a la investigación, aunque él haya otorgado su consentimiento.
4. La investigación biomédica en seres humanos no puede realizarse legítimamente a menos que la importancia del objetivo guarde proporción con el riesgo inherente para la persona que toma parte en ella.

5. Todo proyecto de investigación biomédica en seres humanos debe ir precedido de una minuciosa evaluación de los riesgos predecibles en comparación con los beneficios previsibles para el participante o para otros. La preocupación por el interés del individuo debe siempre prevalecer sobre los intereses de la ciencia y de la sociedad.
6. Siempre debe respetarse el derecho del participante en la investigación a proteger su integridad. Deben tomarse todas las precauciones del caso para respetar la vida privada del participante y para reducir al mínimo el impacto del estudio en la integridad física y mental del participante y en su personalidad.
7. Los médicos deben abstenerse de emprender proyectos de investigación en seres humanos a menos que tengan la certeza de que los peligros que entrañan se consideran previsibles. Los médicos deben interrumpir toda investigación si se determina que los peligros sobrepasan los posibles beneficios.
8. Al publicar los resultados de su investigación, el médico está obligado a mantener la exactitud de los resultados. Los informes sobre investigaciones que no se ciñan a los principios descritos en esta Declaración no deben ser aceptados para su publicación.
9. En toda investigación en seres humanos, se debe dar a cada posible participante suficiente información sobre los objetivos, métodos, beneficios previstos y posibles peligros del estudio y las molestias que puede acarrear. Se le debe informar que es libre de abstenerse de participar en el estudio y que es libre de revocar en cualquier momento el consentimiento que ha otorgado para participar.
10. Al obtener el consentimiento informado para el proyecto de investigación, el médico debe ser especialmente cuidadoso para darse cuenta si en el participante se ha formado una condición de dependencia con él o si consiente bajo coacción. En ese caso el consentimiento informado debe obtenerlo un médico que no tome parte en la investigación y que tenga completa independencia de esa relación oficial.
11. En el caso de incapacidad legal, el consentimiento informado debe obtenerse del tutor legal de conformidad con la legislación nacional. Cuando la incapacidad

física o mental hacen imposible obtener un consentimiento informado, o cuando el participante es menor de edad, un permiso otorgado por un pariente responsable reemplaza al del participante de conformidad con la legislación nacional.

Cuando el menor de edad está de hecho capacitado para otorgar su consentimiento, debe obtenerse además del consentimiento por parte del menor, el consentimiento otorgado por su tutor legal.

12. El protocolo de investigación debe siempre contener una declaración de las consideraciones éticas que van aparejadas y debe indicar que se cumple con los principios enunciados en la presente declaración.

II. INVESTIGACION MEDICA COMBINADA CON ATENCION PROFESIONAL (Investigación clínica)

1. En el tratamiento de la persona enferma, el médico debe tener la libertad de usar un nuevo método diagnóstico y terapéutico, si a su juicio ofrece la esperanza de salvar una vida, restablecer la salud o aliviar el sufrimiento.

2. Los posibles beneficios, peligros y molestias de un nuevo método deben compararse con las ventajas de los mejores métodos diagnósticos y terapéuticos disponibles.

3. En cualquier investigación médica, a todos los pacientes --incluidos aquéllos de un grupo de control, si los hay--se les debe garantizar el mejor método diagnóstico y terapéutico probado.

4. La negativa del paciente a participar en un estudio no debe nunca interferir en la relación médico-paciente.

5. Si el médico considera esencial no obtener el consentimiento informado del individuo, él debe estipular las razones específicas de esta decisión en el protocolo que se enviará al comité independiente (I.2)

6. El médico puede combinar la investigación médica con la atención profesional, con el propósito de adquirir nuevos conocimientos, sólo en la medida en que la investigación médica se justifique por su posible valor diagnóstico o terapéutico para el paciente.

III. INVESTIGACION BIOMEDICA NO TERAPEUTICA EN SERES HUMANOS (Investigación biomédica no clínica)

1. En la aplicación puramente científica de la investigación médica realizada en un ser humano, es el deber del médico ser el protector de la vida y de la salud de esa persona en la cual se lleva a cabo la investigación biomédica.
2. Los participantes deben ser voluntarios, ya sea personas sanas o pacientes cuyas enfermedades no se relacionen con el diseño experimental.
3. El investigador o el equipo investigador debe interrumpir la investigación si a su juicio continuar realizándola puede ser perjudicial para la persona.
4. En la investigación en seres humanos, el interés de la ciencia y de la sociedad nunca debe tener prioridad sobre las consideraciones relacionadas con el bienestar de la persona.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Thomas A. Raffin, M.D. Indications for arterial blood gases analysis. *Annals of internal medicine* 1986; 105: 390-398.
- 2.- John W. Severinghaus, Poul Astrup, John F. Murray. Blood Gas Analysis and critical care medicine. *Am J. Respir Care Med.* 1998; Vol 157. Pp s114-s122.
- 3.- John W. Severinghaus, Poul Astrup, John F Murray. Blood gas analysis and critical care medicine. *Am J Resp Crit Care Medicine.* 1998. Vol 157. Pp s 114-s 122.
- 4.- Gloria E. Torres-Ramírez, Fabiola Tapia Mendoza, José Antonio Maraboto-Millan. Validez de la muestra capilar arterializada para estudiar la insuficiencia respiratoria y el equilibrio ácido-base. *Neumología y Cirugía de Tórax*, Vol. 55, No 4, 1996.
- 5.- Messent M, Evans TW. The adult respiratory distress síndrome. En: Barnes JP (editor), *Respiratory Medicine: Recent advances.* Oxford: Butterworth Heinemann. 1993: 168-189.
- 6.- Dar K, Williams T, Aitken R. Arterial versus capillary sampling for analyzing blood gas pressures. *Br Med J* 1995; 310:24-25.
- 7.- Pitidin AD, Roberts CM, Wedzicha JA. Arterialized ear lobe blood gas analysis: an underused technique. *Thorax* 1994; 49:364-366.
- 8.- Bernhardt A. Sampling for analyzing blood gas pressures: Capillary sampling is routine in Germany. *Br med J* 1995; 310:1072.
- 9.- Koch G. The validity of Po₂ Measurement in capillary Blood as a substitute for arterial PO₂. *Scand. J. clin. Lab. Invest.* 1968; 21, 10-13.
- 10.- Howland, W. S., Schweizer, O. Murphy, T. W. Estimation of acid-base of venous and arterial blood from capillary samples. *Acta anaesth. Scand.* 1964; 8, 191.
- 11.-Jun, R. C., Balchun, O. J. Masey, F.J. The accuracy of venous and capillary blood for the prediction of arterial pH, Pco₂ and Po₂ measurement. *Amer. J. Clin. Path.* 1966; 45,129.

- 12.- Comparision of carbón dioxide tensión, pH and standart bicarbonate in capillary blood and in arterial blood with special respect to relations in patients with impared cardiovascular and pulmonary function and during exercise. Scand. J. clin. Lab Invest. 1965;17,223.
- 13.-Gambino, S. R. Collection of capillary blood for simultaneus determinations of arterial pH, Co2 content, pCo2 and oxygen saturation. Amer. J. clin. Path. 1961; 35, 175.
- 14.- Torjussen, W. Oxygen saturation in capillary blood. Scand. J. clin. Lab Invest. 1965;17, 505.
- 15.- Langlands, J. H., Wallace, W. F. M. Small blood samples from earlobe puncture. A substitute for arterial puncture. Lancet. 1965; 11, 315.
- 16.- Knudsen, E. J., Hansen, P. Carbon dioxide tensions in non-arterialized capillary and arterial blood during anaesthesia. Acta anaesth. Scand. 1962; 6, 29.
- 17.- Jung, R. C., Balchum, O. J., Massey F. J. The accuracy of venous and capillary blood for the prediction of arterial pH, Pco2 and Po2 measurement. Amer. J. clin. Path. 1966; 45, 129.
- 18.- Cooper, E. S., Smith H. Indirect stimation of arterial Pco2. Anaesthesia 1961;16, 445.
- 19.- Ghandy, G., Grann L. The validity of pH and Pco2 measurement in capillary samples in sick and healthy newborn infants. Pediatrics 1964; 34, 192.
- 20.- Ross Murphy, Sanjeet thethy, Simon Raby, Jean Becley, John Terrace, Christine Filder, Michel Craig , Colin Robertson. Capillary blood gases in acute exacerbatation of COPD. Respiratory Medicine (2006), 100, 682-686.
- 21.- Gerald S. Zavorsky,, PhD, Larry C Lands, MD, PhD, Wolfgang Schneider, PhD and Franco Carli, MD. Comparison of fingertip to arterial blood samples at rest and during exercise. Clin J sport Med. July 2005; Volume 15, Number 4.
- 22.- Gerald S. Zavorsky, Jiguo Cao, Nancy E. Mayo, Rina Gabbay, Juan M. Murias. Arterial versus capillary blood gases: A meta-analysis. Respiratory Physiology and Neurobiology 155 (2007) 268-279.

- 23.- Barry, P.W., Mason, N.P., Collier D., Sampling for analyzing blood gas pressure. Mount Everest Study supports use of capillary samples. *BMJ* 1995; 310. 1072.
- 24.- Dar, K.,Williams, T., Aitken, R.,Woods, K.L., Fletcher, S.,. Arterial versus capillary sampling for analysing blood gas pressures. *BMJ* 1995; 310, 24–25.
- 25.- Pandit, J.J. Sampling for analysing blood gas pressures. Arterial samples are the best. *BMJ* 1995; 310, 1071–1072.
- 26- Mortensen, J. D. Clinical sequelae from arterial needle puncture, cannulation and incision. *Circulation* 1967; 35, 1118.
- 27.- Robert J. Baker, M.D., Boonmee Chunpraph, M.D. Lloyd M., Nyhus M.D. Severe ischemia of the hand following radial artery catheterization. *Surgery*. 1976. Vol. 80, No 4, pp 449-457.
- 28.- Lundsgaard, C. Moller E. Investigations on the oxygen content of cutaneous blood (socalled capillary blood). *J. exp. Med.* 1922, 36, 559
- 29.- Luis E. Santos-Martínez MD. FCCP; Jose Gotes, MD: ML Martínez-Guerra, MD, Aida Duran, QFB, Arturo Carrillo, MD. Tomas Pulido MD. Julio Sandoval MD. Capillary vs Arterial blood gas correlation in adult patients with cardiopulmonary diseases. *Chest / 126 / 4 / October, 2004 Supplement.* 797S.
- 30.- D Yildizdas, H Yapicioglu, H L Yilmaz, Y Sertdemir. Correlation of simultaneously obtained capillary, venous and arterial blood gases of patient in a paediatric intensive care unit. *Arch. Dis. Child* 2004; 89: 176-180.
- 31.- Shapiro, Harrison, Cane, Templin. Manejo clínico de los gases sanguíneos. 4a edición. 1991 Editorial Médica Panamericana S.A.
- 32.- I. Fajac, J. Texerau, V. Rivoal, J-F. Dessanges, A. T. Dinh-Xuan, J. Dall Ava-Santucci. Blood gas measurement during exercise: a comparative study between arterialized sampling and direct puncture in adults. *Eur. Resp J.* 1998; 11: 712-715.
- 33.- Spiro SG, Dowdeswell IR. Arterialized ear lobe blood samples for blood gas tensions. *Br J Dis Chest.* 1976; 70:263-268.
- 34.- Pitkin AD, Roberts CM, Wedzicha JA, Arterialised ear lobe blood gas analysis: an underused technique. *Thorax* 1995; 364-366.

- 35.- J. Martin Bland, Douglas G. Altman. Comparing methods of measurement: Why plotting difference against standard method is misleading. *The Lancet* 1995. Vol 346. October 21, 1085-1087.
- 36.- Koch, G. Wendel, H. Comparison of pH, carbon dioxide tension, standard bicarbonate, and oxygen tension in capillary blood and arterial blood during the neonatal period. *Acta paediat scand.* 1967; 56, 10.
- 37.- Sauty A, Uldry C, Debetaz L-F, Leuenberger P, Fitting J-W. Differences in PO₂ and PCO₂ between arterial and arterialized ear lobe samples. *Eur Respir J* 1996; 9: 186-189
- 38.- Allen EV: Thromboangiitis obliterans: Methods of diagnosis of chronic occlusive arterial lesion distal to the wrist with illustrative cases. *Am J Med Sci* 1929;178: 237-244.
- 39.- Fuente: Pautas Éticas Internacionales para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos. ISBN 92 9036 056 9. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS), 1993, Ginebra, pp.53-56.