PREOXIGENACION CON VOLUMEN CORRIENTE Y CAPACIDAD VITAL EN VOLUNTARIOS SANOS A 2600 METROS

Investigador Principal:
JOHANNA LUCIA MENDIETA GOMEZ, MD
Residente de Anestesiología y Reanimación
Fundación Cardio Infantil

Co - Investigador
HERNAN ALFONSO CHARRIS, MD
Anestesiólogo Cardiovascular
Fundación Cardio Infantil

Bogotá D.C., Abril de 2011

NOTA DE RESPONSABILIDAD DE SALVEDAD INSTITUCIONAL

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

CONTENIDO

Pag.

	Resumen……	4
	Abstract…….	5
I.	Introducción …….	6
II.	Justificación …….	8
III.	Marco Teórico……	9
IV.	Hipótesis……	17
V.	Objetivos……..	18
VI.	Materiales y Métodos…….……	19
VII.	Análisis Estadístico…….	25
VIII.	Aspectos Éticos …….	26
IX.	Resultados……	27
X.	Discusión…. …….	33
XI.	Conclusión……	35
XII.	Bibliografía……..……..	36
XIII.	Anexos	

1. Instrumento de recolección
2. Instructivo para llenar el instrumento de recolección
3. Consentimiento informado
4. Cronograma

RESUMEN

En la literatura existen descritas varias técnicas de preoxigenación aplicadas a diferentes pacientes y realizadas con diferentes flujos o fracciones inspiradas de oxigeno, sin embargo no se encuentran descripciones ni estudios realizados con respecto a este tópico en pacientes ubicados por encima de los 1000 mts sobre el nivel del mar. El objetivo del presente estudio es describir el patrón de saturación con oxigeno al 100% obteniendo fracción espirada de oxígeno (EtO2) >90% y Saturación de oxígeno (SaO2) > 99%, así como el patrón de normalización de la saturación de oxigeno con una fracción inspirada del 21% con cuatro técnicas estandarizadas de preoxigenación, en personas voluntarias sanas pertenecientes a la Fundación Cardio Infantil a 2600 metros sobre el nivel del mar.

Materiales y métodos: Este es un estudio cuasiexperimental en personas adultas voluntarias sanas pertenecientes a la Fundación Cardio Infantil, los cuales son sometidos a toma de saturación de oxígeno basal y luego se les aplica preoxigenación con fracción inspirada oxigeno (FiO2) al 100% con un flujo de 10Lt/min, mediante sello de máscara facial con arnés: Simultáneamente se realiza una medición de la fracción espirada de oxígeno (ETO2) y oximetría de pulso (SaO2) cada 15 segundos con cada una de las cuatro pruebas de preoxigenación (volumen corriente por 3 minutos, 8 capacidades vitales, volumen corriente hasta ETO2 de ≥90% y capacidades vitales hasta ETO2 ≥90%) y luego medición del tiempo de normalización de la saturación respirando al oxígeno con FiO2 al 21 % hasta alcanzar nuevamente la SaO2 basal, con cada técnica.

Resultados: No existe diferencia significativa en la aplicación de las técnicas de preoxigenación ni tampoco en el tiempo de normalización de la saturación de oxígeno con FiO2 al 21 % al nivel de Bogotá con las cuatro técnicas de preoxigenación aplicadas a nuestros pacientes.

Conclusión: Las cuatro técnicas de preoxigenación son efectivas, sin embargo recomendamos el uso de técnicas que buscan una ETO2≥90%. Por otra parte encontramos que el tiempo de recuperación de la saturación basal es de 3,9 minutos en personas voluntarias sanas a 2600 mts sobre el nivel del mar, la cual es inferior comparada con los 10 minutos que toma la normalización de la saturación de oxígeno a 0 mts sobre el nivel del mar descritos previamente en la literatura. Hace falta realizar estudios de preoxigenación y apnea en pacientes a nuestra altura (2600 mts sobre el nivel del mar) para confirmar que el tiempo de desaturación es significativamente menor que a nivel del mar. **Palabras Claves:** *Preoxigenación, Fracción espirada de O_2 (EtO_2), saturación de oxígeno (SaO2).*

ABSTRACT

In the literature there are described various techniques of preoxygenation, applied to different patients, performed with different flows or different inspired fractions of oxygen, but no studies were found above 1000 meters above sea level. The present study describes the pattern of oxygen saturation 100% obtaining fractional exhaled oxygen (EtO2) ≥90%, and oxygen saturation (SaO2) >99% and the pattern of normalization of oxygen saturation to 21% with four standard techniques of preoxygenation in healthy volunteers belonging to the Fundación Cardio Infantil at 2600 meters above sea level.

Materials and methods: Quasi-experimental study in healthy adult volunteers belonging to the Fundación Cardio Infantil, are subject to making oxygen saturation levels and who are applying preoxygenation with 100% oxygen flow 10Lt/min, to seal facial mask harness, is performed simultaneous measurement of fractional exhaled oxygen (EtO2) and pulse oximetry (SaO2) every 15 seconds with each of the four tests of preoxygenation (tidal volume for 3 minutes, 8 vital capacity, tidal volume to EtO2 of ≥ 90% and vital capacities to EtO2 ≥ 90%) and then measuring the time of normalization of the saturation breathing environments to regain baseline SaO2, with each technique.

Results: No significant difference in the application of the techniques of preoxygenation, nor in time of normalization of the saturation level of Bogotá with the four preoxygenation techniques applied to our patients.

Conclusion: The four preoxygenation techniques are effective, however we recommend the use of techniques that seek a EtO2 ≥ 90%, and is very striking recovery time from saturation basal: 3.9 minutes in healthy volunteers, lack studies preoxygenation and breath to our height to confirm that the desaturation time is significantly less than at sea level.

Keywords: Preoxygenation, fraction exhaled O2 (EtO2), oxygen saturation (SaO2).

PREOXIGENACION CON VOLUMEN CORRIENTE Y CAPACIDAD VITAL EN VOLUNTARIOS SANOS A 2600METROS

I. INTRODUCCIÓN

La preoxigenación consiste en la administración de oxígeno (O_2) al 100% mediante mascara facial antes de la inducción anestésica, pretendiendo desplazar el nitrógeno alveolar para sustituirlo por oxígeno (denitrogenación),[1] y así conseguir una reserva intrapulmonar de O_2 que permita el máximo tiempo de apnea con la menor desaturación[2]. Se alcanza una preoxigenación máxima cuando los compartimentos alveolar, arterial, tisular y venoso están completamente saturados de O_2[3].

Las reservas de oxígeno se encuentran principalmente a nivel pulmonar, globular y plasmático, así con una preoxigenación adecuada, en donde se alcance una fracción alveolar del 95% de oxígeno, las reservas pulmonares calculadas de O_2, aumentan de 630 cc a 2850 cc en un adulto sano de 70 kg, aumento que se debe al reemplazo del nitrógeno por el oxígeno en la capacidad residual funcional y varía según la distribución heterogénea de la concentración de oxígeno[4].

Clásicamente se ha establecido un tiempo de preoxigenación de 3 minutos respirando a volumen corriente o de 8 capacidades vitales, para alcanzar una denitrogenación adecuada y lograr un periodo de apnea seguro de hasta 10 minutos[1]. Igualmente han surgido otros estudios en donde en tiempos menores a capacidad vital se puede conseguir un aumento de la saturación de oxígeno y de la presión arterial de oxígeno ($PaO_{2)}$ equivalente[5]. Todos estos estudios han variado la técnica de preoxigenación o el sistema de medición para obtener predictores seguros de oxigenación adecuada.

Varias son las variables reconocidas que pueden modificar el tiempo de preoxigenación, entre las que se encuentran el volumen corriente, la fracción inspirada de oxígeno y la frecuencia respiratoria. Uno de los factores menos estudiados es la presión barométrica, que al disminuir, reduce las presiones parciales de los gases[6], lo que podría afectar el tiempo de preoxigenación.

Desde hace más de 50 años se viene estudiando la preoxigenación y se encuentran en la literatura estudios descriptivos y comparativos con diferentes métodos; sin embargo no hay estudios que comparen simultáneamente los tiempos medidos con la fracción espirada de O_2 y la oximetría de pulso para establecer la correlación que pueda existir entre los mismos y sus mediciones a 2600 m sobre el nivel del mar. Finalmente deseamos establecer cuáles son los tiempos de preoxigenación y normalización de la saturación de oxígeno con dos métodos estandarizados en personas sanas a la altura de Bogotá.

II. JUSTIFICACIÓN

En la literatura médica existen descritos varios métodos de preoxigenación, realizados en diferentes pacientes, con diferentes flujos y diferentes fracciones inspiradas de oxigeno, pero no se encuentran estos mismos estudios realizados en personas a una altura mayor a los 1000 mts sobre el nivel del mar (SNM).

Los diferentes métodos de preoxigenación miden los tiempos relacionados con la desaturación para evaluar la eficacia de cada uno de estos, sin embargo no se ha establecido la duración de la fracción espirada de O2 mayor o igual al 90% y la oximetría de 99% respirando a capacidades vitales y no se ha establecido si puede existir una relación entre ellos respirando tanto a volumen corriente como a capacidad vital.

Los trabajos realizados previamente no se han unificado y han utilizado las fracciones espirada de los gases y la oximetría de pulso indistintamente.

Por otra parte todos los estudios referenciados en su mayoría fueron desarrollados por debajo de los 1000 metros a nivel del mar. Se estima que aproximadamente 139.185.600 personas habitan a más de 2500 m sobre el nivel del mar, en su mayoría en Asia y América latina[15,] haciéndose necesario tener en cuenta la altitud cuando se describen eventos que guardan relación con la fisiología.

Siendo coherentes con la fisiología, es conveniente conocer los tiempos de preoxigenación con los métodos estandarizados a la altura de Bogotá, porque probablemente son significativamente diferentes a los valores encontrados a nivel del mar. De este modo se podría optimizar el tiempo de preoxigenación y conocer la

tendencia de los tiempos de normalización de la oxigenación, y posiblemente se podría inferir que el tiempo de desaturación en apnea después de preoxigenación sea menor que lo descrito en la literatura, para así recomendar la optimización del tiempo de preoxigenación y apnea en el paciente en inducción anestésica a la altura de Bogotá.

III. MARCO TEÓRICO

Preoxigenación:

La administración de O_2 al 100% mediante mascara facial, realizado antes de la inducción de la anestesia general, tiene como propósito tolerar un periodo de apnea suficiente que permita la intubación sin desaturación (o hipoxemia), mediante el aumento de la PAO_2 y las reservas de O_2 del cuerpo[4]. La preoxigenación es obligatoria en pacientes con: [2,4,7]

-Dificultades para mantener la permeabilidad de la vía aérea
-Estómago lleno
-Dificultades anticipadas para la intubación orotraqueal por lo que el paciente puede permanecer apnéico un periodo de tiempo mayor
-Alteraciones en el transporte de O_2
- Obesidad mórbida que requieren presiones altas para ventilar los pulmones
-Estadios tardíos de embarazo por la presencia de estómago lleno, aumento del diámetro abdominal y de la pared del tórax.

Sin embargo, actualmente es utilizada de forma rutinaria en todos los pacientes para aumentar el tiempo de seguridad sin riesgo de hipoxemia[4]

Durante la preoxigenación el paciente respira espontáneamente O_2 al 100% mediante una máscara facial antes de la inducción, de manera que el nitrógeno es lavado hacia el exterior de los pulmones, así el nitrógeno normalmente presente en los pulmones es

reemplazado por oxigeno, la Hb es saturada totalmente y una parte del O_2 se disuelve en el plasma[2].

En 1948 Fowler y Corroe describieron que el tiempo total para la denitrogenación pulmonar era de 7 minutos con ventilación espontánea a volumen corriente[8]; en 1955 Dillon y Darsi proponen un tiempo de 5 minutos[9]; en el mismo año Hamilton y Eastwod proponen 3 minutos de preoxigenación con los que se logra una denitrogenación del 95% consiguiendo mantener un periodo de apnea hasta de 10 min sin hipoxia[4,10]. En 1983 Berthoud y colaboradores estudiando voluntarios sanos y pacientes mediante el análisis de gases espirados tomados en la pieza en ángulo del circuito de anestesia y medidos con un espectrómetro de masas, recomienda un tiempo de 2 a 3 minutos para disminuir la concentración de nitrógeno en los pulmones a menos del 4%, encontrando que el circuito de Magill parecía ser más eficiente para la denitrogenación cuando la bolsa reservorio era llenada con O_2 que el circuito de Bain. Además proponen otros factores que deben ser considerados en el aumento de las reservas de O_2 como son el consumo de O_2, el tamaño de la capacidad residual funcional y el flujo de gases frescos utilizados[9].

Luego del advenimiento de la oximetría de pulso muchos métodos han sido descritos para disminuir el tiempo de preoxigenación, Drummond y colaboradores en 1984 estudiaron 20 pacientes ASA I y II mediante un oxímetro auricular, los pacientes fueron divididos en 4 grupos encontrando que existe desaturación más rápida en aquellos sin preoxigenación y en pacientes sin ajuste completo de la máscara facial, estos autores concluyeron que 3 respiraciones a capacidad vital con flujo de 10 l/ min en un circuito sin reinhalación eran suficientes como técnica de preoxigenación[10].

McCrory y Matthews en 1990 publicaron la comparación de 4 métodos de preoxigenación en 20 mujeres voluntarias sanas en un sistema de Magill modificado con 2 bolsas reservorio y una válvula espiratoria de Heidbrink en la pieza en Y, midiendo la concentración de dióxido de carbono (CO_2) inspirado y las concentraciones de O_2 y CO_2 espiradas; este estudio concluyó que 4 respiraciones a capacidad vital no eran tan efectivas como 3 min. a volumen corriente, así mismo 4 respiraciones a capacidad vital en un sistema de no reinhalación eran igual a 3 min. en un sistema respiratorio convencional[11].

En 1992 un editorial de The Lancet revisando estos métodos rápidos de preoxigenación propone que existen otros factores que influyen en el mantenimiento de la saturación de O_2 que el simple lavado de nitrógeno de los pulmones, como son las reservas de O_2 en los tejidos[2].

El BJA en su editorial II en 1994 considera que el efecto de los depósitos de O_2 en la duración tolerable de la apnea, es difícil de determinar, especialmente cuando el aumento de la $PaCO_2$ y la acidosis respiratoria tienen efectos obvios pero impredecibles, sin embargo si se asume que el consumo de O_2 permanece constante, la administración de O_2 al 100% durante 3 minutos prolonga el tiempo tolerable de apnea de 1.5 min sin preoxigenación a aproximadamente 5 min. Igualmente establece que las técnicas para monitorizar la eficacia de la preoxigenación son la saturación arterial de O_2 o la monitorización de de la concentración de 1 o mas de los gases relevantes (O_2, nitrógeno o ambos) en la bolsa reservorio o en el sistema respiratorio, sin embargo consideran que la medición de nitrógeno debe medirse en la bolsa reservorio y está limitada por el espectrómetro de masas, además consideran que el periodo de denitrogenación no se corresponde con una preoxigenación adecuada en términos de la prolongación de la apnea[3].

Berry y Myles midieron la concentración espirada de O_2 en intervalos de 15 seg en 40 voluntarios sanos teniendo como fin, una fracción espirada de O_2 del 90%, la denitrogenación alveolar en este estudio fue aproximadamente del 83% a los 60 seg., aumentando solo un 9% a los 2 minutos, planteando que el tiempo requerido para una preoxigenación adecuada está directamente relacionado con el recambio de N2 por O_2 y está sujeta a la fracción inspirada de O_2, el volumen corriente y la frecuencia respiratoria, igualmente consideran que la medición de la FEO_2 es un método útil para medir la tasa de denitrogenación en aquellos pacientes que requieren una preoxigenación optima antes de la inducción puesto que la pulso oximetría puede alterarse por otras variables como el gasto cardiaco, el consumo de O_2 y las características de la curva de disociación de la Hemoglobina y no es útil para valorar la denitrogenación alveolar[12].

Benumof en el editorial de Anesthesiology de septiembre de 1999 considera que la fuga en el sellamiento de la máscara facial es la mayor causa de discordancia entre la FIO_2 y la FAO_2 que no puede ser compensada con el aumento del tiempo de preoxigenación. Respecto a los métodos rápidos en donde el tiempo de desaturación es menor, plantea que es debido a la reinhalación ya que los reservorios en los tejidos y el sistema venoso necesita mas de 30 seg para ser llenado con O_2[8]. En ese mismo número el artículo de Baraka y colaboradores proponen un método de 8 respiraciones a capacidad vital en un periodo de 1 minuto utilizando un circuito Mapleson D y midiendo la presión arterial de oxígeno como correlación con la presión alveolar de O_2 mediante la toma de gases arteriales, encontrando mejor tiempo de tolerancia a la apnea en el método tradicional de 3 min y en el método de 8 respiraciones que en el de 4 respiraciones a capacidad vital, esto al parecer debido a los cambios en la disminución del $PaCO_2$ con la consecuente disminución del Ph y los cambios en la curva de disociación de la Hb, las reservas tisulares y el consumo de O_2, considerando que la disminución en la desaturación radica en el comportamiento del compartimento sanguíneo más que en el alveolar[13]; estos hallazgos fueron confirmados posteriormente con el estudio realizado por Usharani y colaboradores[10].

Más recientemente Baraka y cols, estudiaron el efecto de la preoxigenación en pacientes mayores sobre la PaO_2 a los 30 seg., utilizando un circuito Mapleson D compararon el método clásico de 3 min con flujos de 5 l/min contra respiraciones a capacidad vital iniciando con inspiración profunda en el sistema durante 30 segundos con un flujo de 10 l/min, encontrando valores similares con los dos métodos, al parecer atribuibles a la maniobra de espiración forzada antes de iniciar la respiración a capacidad vital que disminuye la capacidad residual funcional al volumen residual con la consecuente disminución del contenido de nitrógeno; la respiración a capacidad vital que aumenta la entrada de O_2 y el mantenimiento de la caja torácica en inspiración que aumenta la difusión de oxígeno alveolar/capilar[14].

Bases Físicas:

La medición de presión se expresa en el Sistema Internacional (SI) en newtons por metro cuadrado (Nw/m^2); un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). Una

atmósfera se define como 101.325 Pa y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional[15].

La ecuación para determinar la presión barométrica (PB) a cualquier altitud fue dada por Zuntz: Log b = Log B – h / 72 (256.4 + t) En donde Log b: PB a altitud más alta, Log B: PB a altitud más baja, h: altitud en metros y t: temperatura[15].

La presión barométrica dependerá entonces de la altitud. La razón por lo que esta disminuye conforme aumenta la altura, es por la disminución del peso del aire sobre la tierra; el aire a bajas altitudes está comprimido[15]
La ley de Dalton establece que cada gas en una mezcla ejerce una presión acorde con su propia concentración, independiente de los otros gases presentes.

De la teoría cinética de los gases la presión de cada gas está referida como su presión parcial y está dada por la presión total al tiempo que la concentración fraccional de cada gas:

$$Px = PFx$$

Px es la presión parcial, P es la presión total y Fx es la concentración fraccional del gas X, la concentración fraccional siempre se refiere al gas seco.

La presión parcial de un gas en particular es igual a la concentración fraccional por la presión total de todos los gases de la mezcla, así para cualquier gas en una mezcla la presión parcial de dicho gas será:

$$Pgas\ 1 = \%\ gas\ total * Ptotal$$

La disminución en las presiones de los gases es el resultado de la disminución en la presión barométrica, pues la concentración de los componentes del aire permanece constante[15].

En Bogotá la PB es de 560 mmHg disminuyendo los valores de de las presiones parciales, inspiradas y alveolares

Al calcular la P. Parcial de O2 para Bogotá (560 mmHg): 117.2 mmHg

P. Parcial de N2 para Bogotá (560 mmHg): 442.512 mmHg

La presión parcial inspirada (PI) es directamente proporcional a la presión barométrica y a la fracción inspirada del gas[16]

PIgas= Fracción Inspirada (FI) gas * (PB –PH_2O)

La Presión Inspirada calculada en Bogotá: PIO_2 107.37 mmHg

PIN_2 405.37 mmHg

La ecuación de la presión alveolar (PA) calculada para Bogotá será:

PAO_2 62.37 Torr

PN_2 410.37 Torr

Mientras que a nivel del mar las presiones alveolares serán de:

PAO_2 104 torr

PAN_2 569 torr

La presión barométrica influencia las presiones inspiradas y alveolares de los gases, con menores presiones a nivel inspirado y alveolar conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar, entonces se podría pensar que la altitud cambiaría los tiempos de preoxigenación, debiéndose tener en cuenta la presión barométrica en las mediciones de los resultados obtenidos.

Volúmenes Pulmonares:

El volumen corriente es la cantidad de aire que entra y sale del pulmón con cada respiración y equivale alrededor de 500 cc. La Capacidad Residual Funcional (CRF) es el volumen del gas que permanece en los pulmones luego de una espiración normal, que en un adulto joven es aproximadamente de 2300cc; el Volumen Residual (VR) es el volumen de aire que permanece en los pulmones al final de una espiración máxima siendo de aproximadamente 1200cc. La Capacidad Vital (CV) corresponde al aire exhalado luego de una inspiración máxima seguida de una espiración máxima. La Capacidad Pulmonar Total (CPT) es el volumen de gas contenido en los pulmones

luego de una inspiración máxima, aproximadamente 5800cc; así la CRF, VR y CPT se expresan en litros o mililitros.[17,6.]

Si el volumen exhalado con cada respiración es de 500 cc y se realizan 15 respiraciones por minuto, entonces el volumen minuto será de 7500cc/min, esto representa la ventilación total; por otra parte aproximadamente 150 cc quedan en el espacio muerto anatómico, por lo que solo 5250cc alcanzan el espacio alveolar, siendo esta la ventilación alveolar; de gran importancia porque representa la cantidad de aire fresco que llega a los alvéolos y que está disponible para el intercambio[18]

Posición supina:

En la posición decúbito supino el volumen de cierre es mayor que la capacidad residual funcional por lo tanto el volumen corriente y el volumen de cierre se superponen. La capacidad residual funcional se reduce en aproximadamente 800 cc siendo aproximadamente el 20% en los primeros minutos[19].

Las personas con fisiología respiratoria normal presentan disminución del volumen de reserva espiratoria con la posición supina lo que conlleva a una disminución de la capacidad vital; de la misma forma la capacidad vital forzada se reduce aproximadamente 300 cc con el cambio de posición, sin presentarse cambios significativos en el Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (VEF1) o en la relación VEF1/ Capacidad vital forzada [19].

Equipos de Monitorización:

Fracción espirada de oxígeno:
Esta medición se realiza al colocar un haz de luz infrarroja atravesando una mezcla de gases, la intensidad de la luz trasmitida estará en función de la longitud de las celdas de absorción, de la presión parcial del gas y de su coeficiente de absorción.

Existen dos tipos de sistemas utilizados según sean espirativos o no. Los sistemas espirativos permiten un análisis multigas utilizando diferentes longitudes de onda, integrados en un monitor. Su resultado se expresa en porcentaje y se suspenderá una

vez se alcance el 90%, este valor, ha demostrado en los estudios previos correlacionarse con una adecuada preoxigenación[20].

Oximetría de pulso:

La oximetría de pulso se basa en la capacidad de diferenciar la sangre arterial y pulsátil de la sangre venosa y lo tejidos, el compartimiento venoso mas tejidos permanece constante, mientras que el compartimiento arterial fluctuará, así todo el aumento de la absorción con la pulsación arterial será causado únicamente por la sangre arterial que fluye por el lecho vascular; el gradiente de cambio de la luz trasmitida será proporcional a la magnitud del cambio del pulso arterial, las longitudes de onda de la luz empleada y las saturaciones de la oxihemoglobina. El oxímetro de pulso determina la relación de las intensidades de luz transmitidas en dos longitudes de onda espectrales: roja e infrarroja y después determina la saturación de la oxihemoglobina haciendo coincidir las relación medida, este examen tiene limitaciones por las alteraciones de la señal cuando hay movimientos, o vasoconstricción distal, señal menos precisa en pacientes de raza negra y en personas con saturación menor al 80%.[4]

IV. HIPOTESIS

Las pruebas de preoxigenación convencionales (volumen corriente por 3 minutos y 8 capacidades vitales) realizadas en voluntarios sanos a la altura de Bogotá 2600 mts sobre el nivel del mar, tardan menor tiempo en alcanzar nuevamente la saturación basal en comparación con las técnicas que buscan una ETO2 >90% a la misma altura (volumen corriente hasta ETO2 90% y capacidades vitales hasta ETO2 90%).

V. OBJETIVOS

Principal

Determinar si existen diferencias para alcanzar la preoxigenación y volver a la saturación basal entre las cuatro técnicas (volumen corriente por 3 minutos, 8 capacidades vitales, volumen corriente hasta ETO2 de 90% y capacidades vitales hasta ETO2 de 90%) aplicadas a los voluntarios sanos a la altura de 2600mts sobre el nivel del mar.

Secundarios

Describir el patrón de saturación con oxigeno al 100% obteniendo fracción espirada de oxigeno (EtO2) >90% y saturación de oxígeno (SaO2) >99%, y el patrón de normalización de la saturación con oxigeno al 21%, con cuatro técnicas de preoxigenación (volumen corriente en 3 minutos, 8 capacidades vitales, volumen corriente hasta alcanzar ETO2 >90% y capacidades vitales hasta alcanzar ETO2 >90%) en voluntarios sanos a 2600 metros sobre el nivel del mar.

Comparar la fracción espirada de oxigeno (EtO2) final después de preoxigenación con las dos técnicas estandarizadas (volumen corriente en 3 minutos y 8 capacidades vitales)

Comparar el tiempo que tarda en llegar a fracción espirada de oxigeno (EtO2) de 90% con las técnicas de preoxigenación volumen corriente y capacidades vitales

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio:

El tipo de estudio es **cuasiexperimenta**l en condiciones controladas.

Población del estudio:

Voluntarios sanos mayores de 18 años, pertenecientes a la Fundación Cardio Infantil.

Criterios de inclusión:

Hombres y mujeres voluntarios

Edades comprendidas entre 18 y 65 años

Criterios de Exclusión:

Patologías pulmonares o cardiacas por historia clínica

Cirugías toraco-abdominales recientes

Consumo de drogas psicoactivas

Obesos (IMC >28)

Embarazo

Presencia de barba

Ausencia de dentadura

Tabaquismo

Alteraciones anatómicas que no permitan el ajuste adecuado de la máscara facial

No tolerancia de la máscara facial

Tamaño de la muestra:

Para el Cálculo del tamaño de la muestra se tuvieron en cuenta las siguientes conclusiones:

- Se pretende determinar la estimación puntual, con sus intervalos de confianza del promedio de los parámetros a estudiar, que consisten en variables continuas (tiempo a cumplir con un parámetro en segundos).
- Los parámetros a determinar son tiempos para lograr FEO2 al 90%, y Sat 02>99%. Para el caso del método de Volumen Corriente se conocen sus promedios en segundos a partir de la revisión de la literatura, y en el caso del método del Capacidad Vital se emplean números de ventilaciones estandarizados en la práctica clínica a nivel del mar.
- Teniendo en cuenta dichos tiempos y números de ventilaciones, empleando un error alfa del 0.05 y un error beta del 0.05, se calcularon tamaños de muestra para cada uno de los parámetros, empleando como el dato de la hipótesis nula el obtenido a partir de una prueba piloto, realizada en idénticas condiciones a las del estudio proyectado, con las respectivas desviaciones estándar.
- Para el dato de la hipótesis alterna, se seleccionaron los datos conocidos en la literatura publicada a nivel del mar para el caso del método del volumen corriente, y del número de ventilaciones empleado en forma estándar, para el caso del método de la capacidad vital.
- Para dicho cálculo se empleo el software "Tamaño de la Muestra" de la Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística de la Universidad Javeriana.
- Se calcularon los tamaños de muestra para los diferentes parámetros (Sat O2 99% y FeO2 90%) para los dos métodos, (Volumen corriente, capacidad vital). Se obtuvo la siguiente tabla con los siguientes valores de tamaño de muestra posibles:

Error alfa = 0.05	Error beta = 0.01	Asumiendo una diferencia de: (Hipótesis Alterna)	Valores obtenidos en prueba piloto (Hipótesis Nula)			
			FEO2 90%		Sat O2 99%	
			Vol Corriente	Capacidad Vital No resp	Vol Corriente	Capacidad Vital No resp

		Numero de respiraciones estandar	Numero de respiraciones máxima diferencia clinicamente significativa	Tiempo en segundos de acuerdo a literatura	Tiempo en segundos de la máxima diferencia clinicamente significativa	167.50		7.10		41.80		6.40	
FEO2 nivel del mar	Vol Corriente			160	137.5	436.0*	42.00						
	Capacidad Vital	8 (a dos colas)	6					18.00	10.00				
Sat O2 99% nivel del mar	Vol Corriente			60	31.8					6.00	20.00		
	Capacidad Vital	8 (a dos colas)	5									7.00	8.00

*Calculado con error beta del 0.05

- Se decidió un tamaño de muestra de 42 pacientes

CUADRO DE VARIABLES

Nombre variable	*Definición operacional*	*Tipo de variable*	*Unidad de medida*
Volumen Corriente	*cantidad de aire que entra y sale del pulmón con cada respiración y equivale alrededor de 500 cc*	*Independiente Continua, numérica, persona*	*ml*
Capacidad Vital	*aire exhalado luego de una inspiración máxima seguida de una espiración máxima*	*Independiente Continua, numérica, persona*	*ml*
Concentración espirada de Oxígeno	*Corresponde a la concentración de*	*Independiente Continua,*	*Porcentaje (%)*

	oxígeno presente en los pulmones	*numérica, persona*	
Saturación de Oxígeno	*Porcentaje de saturación de la Hemoglobina por oxígeno en la sangre arterial*	*Independiente Continua, numérica, persona*	*Porcentaje (%)*
Tiempo	*Tiempo necesario para alcanzar una saturación de oxigeno 99% y FEO2 >90%*	*Dependiente, numérica*	*Segundos*
Frecuencia respiratoria	*Número de respiraciones a capacidad vital hasta alcanzar saturación de oxigeno 99% y FEO2 >90%*	*Dependiente, numérica*	*Número de respiraciones*

Variables:

- Tiempo en segundos para llegar a ETO2 de 90%
- ETO2 máxima con las 2 técnicas de preoxigenación estandarizadas
- Tiempo para llegar a SaO2 basal después de preoxigenación
- Volúmenes pulmonares (Independiente)
- Concentración espirada de oxígeno (Independiente)
- Saturación de oxígeno (Independiente)
- Frecuencia Respiratoria, número de capacidades vitales (Dependiente)

Otras Variables:

- Edad (Independiente)
- Talla (Independiente)
- Peso (independiente)
- Índice Masa Corporal (IMC) (Independiente)
- Sexo (Independiente)

Técnica de recolección de la información:

La información de la persona voluntaria se recolectó previamente a iniciar las pruebas de preoxigenación y los datos de las otras variables se tomaron durante la preoxigenación, mediante un formulario previamente diseñado con espacios prediseñados para cada una de las variables de estudio, (anexo 1) y su instructivo (Anexo 2). Luego del llenado de la información se procedió a digitar la información en un programa de captura en Excel, para su posterior análisis estadístico

Procedimiento:

El estudio se realizó en 42 voluntarios sanos, con edades entre los 18 y 65 años pertenecientes a la Fundación Cardio Infantil que cumplieron con los criterios de inclusión, previa autorización de los comités de ética y una vez firmado el consentimiento informado.

En salas de cirugía a cada paciente del estudio se le tomó la información correspondiente a edad, sexo, peso, talla e índice de masa corporal. Al iniciar la prueba, la persona se encontró en decúbito supino con una máscara facial ajustada a la piel por medio de un arnés que evitó fugas de aire en el sellamiento y acoplada a una válvula Sibi, se monitorizó saturación de oxígeno y análisis de gases espirados, con monitor Datex Ohmeda Cardiocap 5;. Como primera medida se realizó toma de datos basales de saturación de oxigeno al medio ambiente, volumen corriente y capacidad vital, luego se realizó preoxigenación con oxigeno al 100% a 10L/min, con bolsa de reservorio de 3 Lts, absorbedor de CO2 y con el circuito saturado en la máquina de anestesia, en cuatro fases y en orden aleatorio:

- Preoxigenación con volumen corriente por tres minutos
- Preoxigenación con 8 capacidades vitales
- Preoxigenación con volumen corriente hasta alcanzar saturación de oxigeno de 99% y concentración espirada de oxigeno de 90%
- Preoxigenación con capacidades vitales hasta alcanzar saturación de oxigeno de 99% y concentración espirada de oxigeno de 90%

Simultáneamente se realizó medición de la concentración espirada de oxígeno y oximetría de pulso, cada 15 segundos en las pruebas de volumen corriente y con cada respiración en las pruebas de capacidad vital hasta llegar a la meta de cada prueba; entre una y otra fase de preoxigenación se llegó a niveles basales de saturación de oxigeno, este tiempo de normalización de la saturación también se midió cada 15 segundos hasta que el paciente llegó a su saturación basal.

Es importante aclarar que las personas voluntarias durante las fases del estudio no estuvieron expuestas a mezclas hipóxicas o posibilidad de reinhalación de CO2.

Métodos para el control de calidad de los datos:
Este trabajo se realizó por los investigadores y se presentó al comité de investigación de la Universidad del Rosario para su aprobación, garantizando el control en la calidad de la información. Para garantía de la fidelidad de los datos, estos se recolectaron directamente por los investigadores y por otro residente en forma simultánea. Los datos se digitaron en forma doble en dos bases de datos en excel, y cualquier discrepancia se confrontó contra los registros originales. La base de datos de recolección se migró al programa estadístico SPSS V 13.0 y calculados los estadísticos de interés.

VII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Métodos y modelos de análisis de los datos:

Se realizó una estadística descriptiva de las variables intrínsecas de cada individuo: edad, peso, talla, IMC (índice de masa corporal), VC (volumen corriente), CV (capacidad vital) y SaO2 basal (saturación de oxígeno), usando promedios y desviación estándar.

Para determinar si existían diferencias entre los cuatro tratamientos de pre oxigenación (VC, 8CV, VC para ETO2>90 y CV para ETO2>90) y teniendo en cuenta que cada paciente realizaba los cuatro tratamientos en un mismo día y en un orden aleatorio, se realizó un análisis de medidas repetidas por bloques en donde los bloques correspondieron a los 6 posibles órdenes en los que los pacientes realizaban los procedimientos de pre oxigenación, la variable intra-individuo correspondía al tratamiento (VC, 8CV, VC para ETO2>90 y CV para ETO2>90) y el tiempo en alcanzar la saturación basal de oxígeno correspondía a la variable respuesta. Este análisis permitió adicionalmente determinar si existía una correlación entre los valores de saturación de oxígeno obtenidos en cada tratamiento por el mismo individuo para controlar el efecto causado por la variación intrínseca del individuo.

Para determinar si había diferencias entre la fracción espirada final de Oxígeno (ETO2 final) entre dos tratamientos de pre oxigenación (volumen corriente de en 3 minutos vs 8 capacidades vitales) se realizó una prueba t para muestras pareadas.

De igual manera para determinar si había diferencias entre del número de capacidades vitales hasta alcanzar una fracción espirada de oxigeno de 90% entre dos tratamientos de Pre oxigenación (8 capacidades vitales vs capacidades vitales para alcanzar ETO2 90%), se realizó una prueba una t para muestras pareadas.

Para todas las variables se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza.

*Programas para el análisis de los datos:*Los análisis de los datos se realizó con los paquetes estadísticos GraphPad Prism 5,0 y SPSS V 13.0

VIII. ASPECTOS ÉTICOS

El presente estudio se realizó de conformidad con las normas éticas establecidas por el Comité de Ética en Investigación Clínica de la Fundación Cardio Infantil Instituto de Cardiología y de la Universidad del Rosario, y de acuerdo a los protocolos internacionales de investigación en humanos que establece como fundamento principal el respeto a la dignidad humana.

De acuerdo con la resolución 8430 este estudio es catalogado como investigación con riesgo mínimo debido a que se emplearon procedimientos comunes en los sujetos del estudio.

La integridad y confidencialidad de las personas fueron protegidas y la participación de éstas en el estudio se hizo de manera voluntaria para lo cual firmarán el consentimiento informado. El protocolo de investigación y el desarrollo de este fueron vigilados por el comité de investigaciones. Además la investigación está sustentada por un buen respaldo científico y la veracidad de la información podrá ser corroborada.

Se anexa el formato del Consentimiento informado (Anexo 3)

IX. RESULTADOS

Al realizar el análisis estadístico de la muestra encontramos una proporción en género femenino del 57% y masculino del 43%, una edad promedio de 30 años y una SaO2 a 2600 msnm promedio de 94% (gráfica 1).

Grafica 1. SaO2 en Bogotá promedio 94% DE ±1,6

A partir del análisis de medidas repetidas se puede concluir que el orden en el cual fueron sometidos los pacientes a los cuatro tratamientos no presenta efectos sobre el

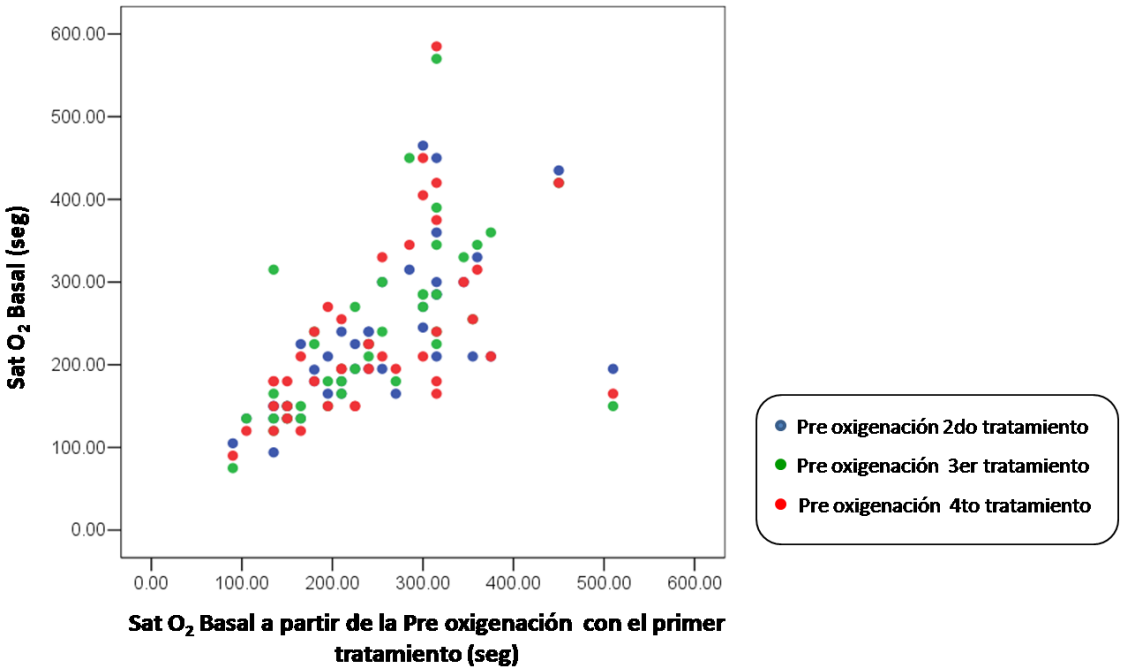
Tiempo en alcanzar la saturación basal de O2 (P= 0,6154), luego de realizar preoxigenación con cualquiera de los cuatro métodos. Ver tabla xx

Two-way RM ANOVA	Matching by rows	
Source of Variation	**% of total variation**	**P value**
Interaction	1,30	0,9647
Orden	6,95	**0,6154**
Tratamiento	0,39	**0,5816**
Subjects (matching)	69,8254	**P<0.0001**

Source of Variation	**P value summary**	**Significant?**
Interaction	ns	No
Orden	ns	No
Tratamiento	ns	No
Subjects (matching)	***	Yes

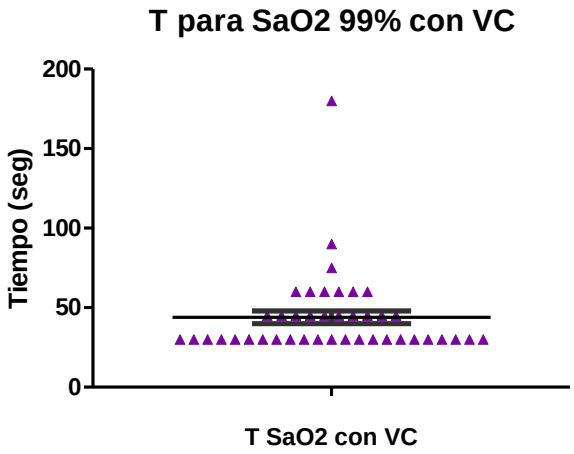
No se encontraron diferencias entre los cuatro tratamientos (tipo de pre Oxigenación) en la variable evaluada (P=0,5816). Y se encontró una Correlación entre el tiempo en alcanzar el nivel de saturación basal de O2, en la pre oxigenación con VC y los otros tres métodos de pre Oxigenación **(P<0,0001)**. Lo cual indica que existe una estrecha correlación entre el tiempo en alcanzar la saturación basal de O2 en los 4 métodos de pre oxigenación, sin importar en orden en el que los pacientes fueron sometidos a los tratamientos, y tampoco el tipo de pre oxigenación. Es decir la respuesta de los pacientes en el tiempo para alcanzar la saturación basal de O2 después de ser sometidos a cualquier método de preoxigenación estuvo relacionada con la condición propia del paciente más que con las variables: orden de la prueba y tipo de pre oxigenación (gráfica 2).

Gráfica 2. Correlación entre el tiempo en alcanzar el nivel de saturación basal de O2, en la pre oxigenación con el primer método y los otros tres métodos de pre Oxigenación

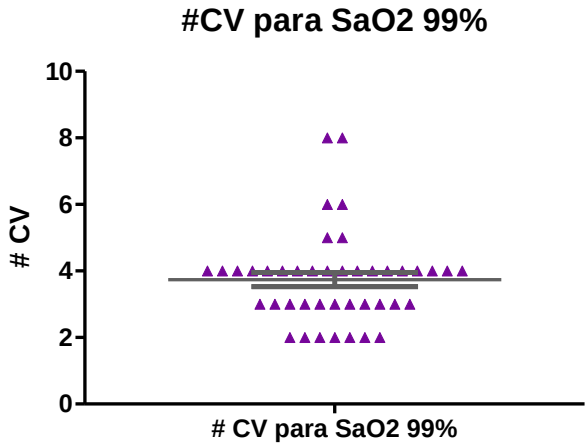


La mediana del tiempo de saturación de oxígeno hasta 99% con la técnica de preoxigenación con volumen corriente por 3 minutos con oxígeno a 10 l/min fue de 30 segundos con un mínimo de 30 segundos y un máximo de 180 segundos y una DE ±26 segundos (figura 3), y el número de capacidades vitales requeridas para alcanzar una saturación de oxígeno de 99% respirando oxígeno a 10L/min fue de una mediana de 4 capacidades vitales con un mínimo de 2 y un máximo de 8 con una DE ±1,4 (figura 4).

Gráfica 3.Tiempo para SaO2 99% con preoxigenación con volumen corriente

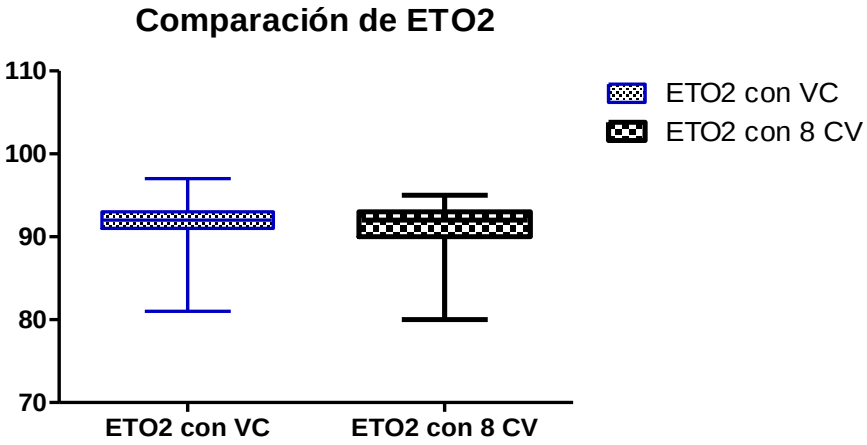


Gráfica 4. Número de capacidades vitales para alcanzar SaO2 99%



Se analizó la fracción espirada de oxigeno final después de preoxigenación con las dos técnicas estándar (volumen corriente por 3 minutos y 8 capacidades vitales), encontrando que la ETO2 promedio con volumen corriente por 3 minutos es de 91,80% con una DE±2,68%, una ETO2 mínima de 81% y una máxima de 97%; la ETO2 promedio con la técnica de 8 capacidades vitales es de 90,83% con una DE±3,56%, una ETO2 mínima de 80% y una máxima de 95%. Se realizó un test en T para comparar la fracción espirada de oxígeno final con estas dos técnicas y la diferencia entre estas dos técnicas es marginal p=0,056 (gráfica 5)

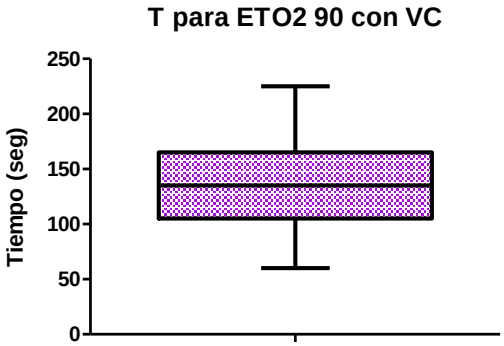
Gráfica 5. Comparación de ETO2 final con volumen corriente 3 minutos Vs 8 capacidades vitales



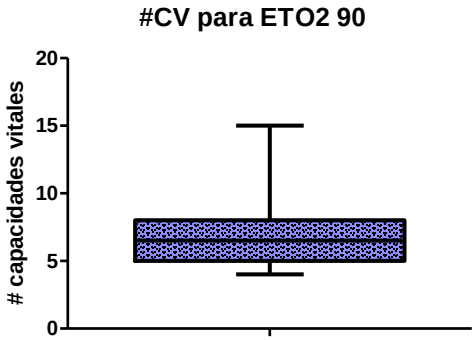
Con las técnicas de preoxigenación con volumen corriente y con capacidades vitales realizadas a los pacientes solo hasta alcanzar una fracción espirada de oxígeno ≥90%,

encontramos que el tiempo promedio para alcanzar ETO2 90% respirando con volumen corriente es de 132,85 segundos DE ±39,27 segundos, con un tiempo mínimo de 60 segundos y máximo de 225segundos (gráfica 6). Con la técnica de capacidades vitales hasta ETO2 ≥90% el promedio de CV fue de 7 con una DE ±2,35 con un número de CV mínima de 4 y máximo de 15 (gráfica 7)

Gráfica 6. Tiempo para ETO2 90% con VC

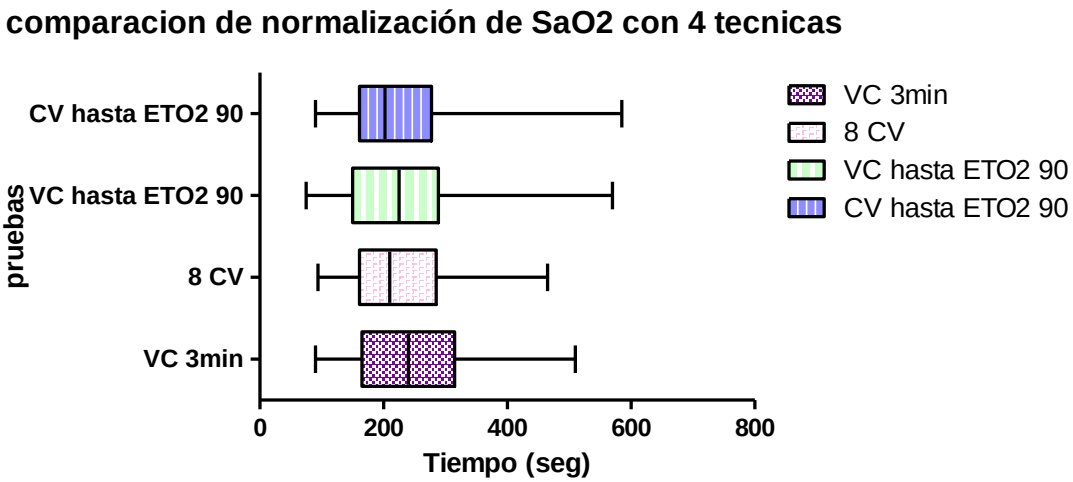


Gráfica 7. Número de CV para ETO2 90%



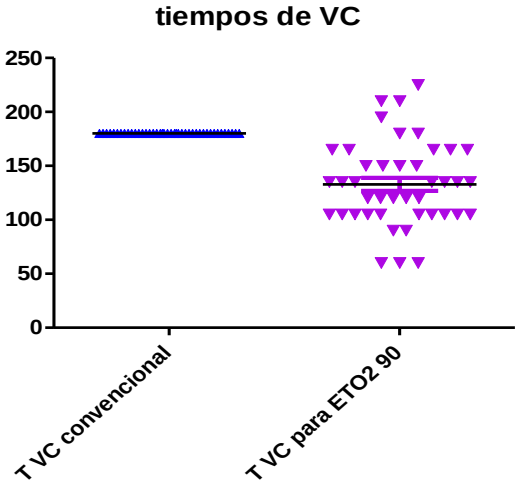
Finalmente realizamos una comparación del tiempo de normalización de la saturación de oxígeno hasta la SaO2 basal con una FiO2 del 21%, luego de realizar preoxigenación con cada una de las cuatro pruebas a las que fueron expuestos los pacientes, utilizamos test de ANOVA sin encontrar diferencia significativa con una p=0,4333 (gráfica 8)

Gráfica 8. Comparación de la normalización de SaO2 luego de realizar preoxigenación con cada una de las cuatro pruebas



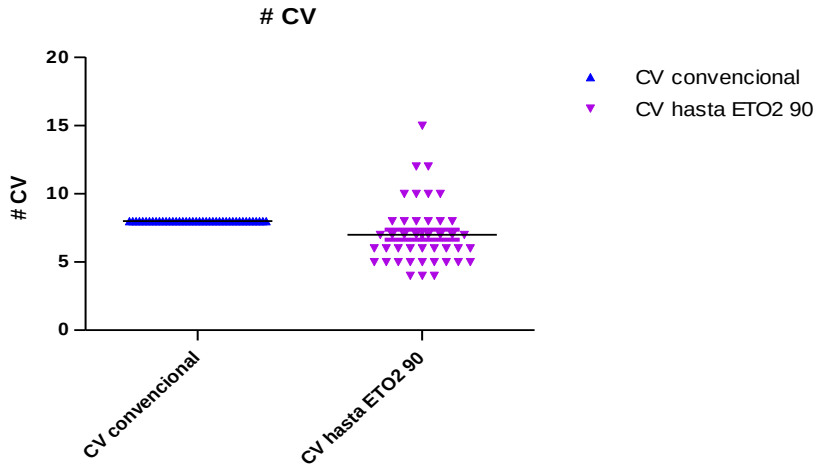
El tiempo para preoxigenación con volumen corriente con la técnica convencional es de 180 segundos, y con la técnica de preoxigenación con volumen corriente hasta una ETO2 de 90% el tiempo de preoxigenación es de 135 segundos con una DE 39 segundos, un mínimo de 60 seg y un máximo de 225 seg, al comparar el tiempo de estas dos técnicas encontramos una diferencia significativa con una p= 0,0001 en test en t. (gráfica 9)

Gráfica 9. Comparación de tiempos de preoxigenación de pruebas con volumen corriente



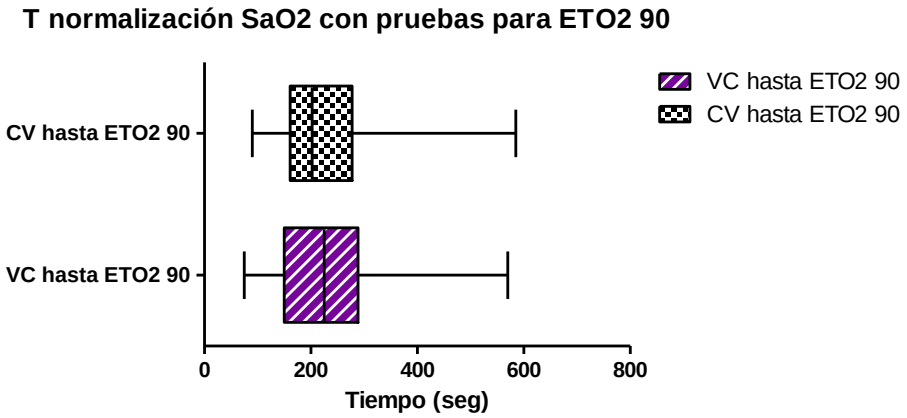
El número de capacidades vitales requerido para una ETO2 90% es de 7 en promedio con una DE 2,4 y al realizar un test en t para compararlo con las 8 capacidades vitales de la prueba estándar de preoxigenación, encontramos que existe una diferencia estadísticamente significativa p=0,0001 entre estas dos intervenciones. (gráfica 10)

Gráfica 10. Número de capacidades vitales para ETO2 90% Vs preoxigenación con 8 capacidades vitales



Cuando medimos el tiempo de normalización de la saturación de oxígeno hasta valores basales, después de preoxigenar a los pacientes con volumen corriente y capacidades vitales solo hasta obtener una fracción espirada de oxígeno de 90%, encontramos un tiempo promedio de 238,92 segundos (3,9 min) con una DE ±102,02 segundos para la normalización de la SaO2 hasta niveles basales para la preoxigenación con volumen corriente, con un tiempo mínimo de 75segundos y máximo de 570 segundos. Para la prueba de preoxigenacion con capacidades vitales hasta alcanzar ETO2 90% el tiempo promedio para la normalización de la SaO2 a niveles basales fue de 234,28 segundos con DE ±105,96 segundos, tiempo mínimo de 90 segundos y máximo de 585 segundos. Se realizó un test en T pareado para comparar estos tiempos de normalización de la Sao2 de estas dos técnicas sin encontrar una diferencia significativa con una p=0,648 (gráfica 11).

Gráfica 11. Tiempo de normalización de la Sao2 luego de realizar preoxigenación con volumen corriente y capacidades vitales hasta alcanzar una ETO2 90%



X. DISCUSION

Como es claro la preoxigenación o administración de oxígeno al 100% mediante mascara facial, realizado antes de la inducción de la anestesia general, tiene como

propósito tolerar un periodo de apnea suficiente que permita la intubación sin desaturación (o hipoxemia), mediante el aumento de la PAO_2 (presión alveolar de oxigeno) y de las reservas de O_2 del cuerpo[4.]

Los hallazgos a nivel de Bogotá en los voluntarios sanos fue una Saturación de oxígeno basal promedio de 94% en hombres y mujeres, a una FiO2 del 0,21, para lograr una SaO2 superior al 99% respirando oxígeno a 10L/min en una máscara con sello (fijada con arnés), con volumen corriente se requiere un tiempo de 30 segundos o se requieren de 4 respiraciones a capacidad vital forzada. Las técnicas convencionales de preoxigenación con volumen corriente por 3 minutos y 8 capacidades vitales en personas voluntarias sanas a la altura de Bogotá, en promedio sí alcanzan a tener concentraciones espiradas de oxígeno ≥90% lo que garantiza una adecuada denitrogenación.

No se encontraron diferencias entre los cuatro tratamientos de preoxigenación (P=0,5816), además se encontró una correlación entre el tiempo en alcanzar el nivel de saturación basal de O2, en la todos los tratamientos (P<0,0001). Esto indica que existe una estrecha correlación entre el tiempo en alcanzar la saturación basal de O2 en los 4 métodos de pre oxigenación, sin importar el orden en el que los pacientes fueron sometidos a los tratamientos ni tampoco el tipo de pre oxigenación.

Berthroud propone 3 minutos de preoxigenación con los que se logra una denitrogenación del 95% consiguiendo mantener un periodo de apnea hasta de 10 min sin hipoxia en pacientes sanos al compararlos con pacientes con obesidad mórbida[21] Sin embargo, cuando nosotros medimos los tiempos de normalización de la saturación hasta su valor basal, luego de realizar preoxigenación con cualquier técnica (volumen corriente por 3 minutos, 8 capacidades vitales, volumen corriente hasta ETO2 90%, capacidades vitales hasta ETO2 90%), y luego respirando al medio ambiente, encontramos que el tiempo promedio de normalización de la saturación en los pacientes fue de 235,7 segundos (3,9 minutos) sin encontrar diferencia estadísticamente significativa entre las cuatro técnicas de preoxigenación (p= 0,4333). Con esta diferencia de tiempo de 10 minutos a nivel del mar y de 3,9 minutos a nuestra altura, sería posible deducir que el tiempo de desaturación es menor a la altura de Bogotá que

a nivel del mar en pacientes sanos, si estas técnicas mencionadas se realizaran dejando al paciente en apnea.

También Hamilton y Eastwod propusieron 3 minutos de preoxigenación para lograr una denitrogenación del 95% para mantener un periodo de apnea adecuado sin hipoxia[4,10]. Las pruebas de preoxigenación usadas solo hasta alcanzar una fracción espirada de oxígeno mayor o igual al 90%, en personas voluntarias sanas a la altura de Bogotá son una medida fiable de preoxigenación al igual que lo descrito en la literatura por Hirsh[22], pero el tiempo promedio de preoxigenación con volumen corriente hasta ETO2 de 90% en nuestro estudio es de 135 segundos DE ± 39seg, con una diferencia estadísticamente significativa al compararla con la prueba convencional de volumen corriente por 3 minutos con una p=0,0001 y como se mencionó antes, sin diferencia significativa en el tiempo de normalización de la saturación luego de la preoxigenación.

Las limitaciones de nuestra investigación son como primera medida la realización de técnicas de preoxigenación en pacientes conscientes por consideraciones éticas, ya que en la literatura los reportes encontrados son de pacientes en apnea y como segunda limitante todos los pacientes realizaron las mismas técnicas de preoxigenación, aunque no se encontró diferencia significativa al haber sido realizadas en distinto orden.

Finalmente, la preoxigenación a la altura de Bogotá con cualquiera de las 4 pruebas utilizadas en nuestro estudio son efectivas, sin embargo recomendamos el uso de técnicas que tienen como objetivo alcanzar fracciones espiradas de oxigeno iguales o superiores al 90% ya que demoran menos tiempo en realizarse y tienen igual tiempo de normalización de la saturación hasta su nivel basal que con cualquier otra técnica. Es muy llamativo el corto tiempo de normalización de la saturación luego de preoxigenación (3,9 minutos en promedio) y nos genera la siguiente duda: Es posible que pacientes sanos en apnea y peor aún en aquellos que tienen disminuida su capacidad residual funcional, el tiempo de desaturación en apnea será mucho menor que lo reportado en la literatura a nuestra altura?

XI. CONCLUSIONES

Después de analizar los patrones de preoxigenación y el tiempo de normalización de la saturación hasta la saturación basal de cada paciente sin apnea, no existe diferencia entre las cuatro técnicas usadas, sin embargo recomendamos el uso de preoxigenación con volumen corriente hasta alcanzar una ETO2 mayor de 90%, ya que su realización toma menos tiempo y es igual de segura que las otras.

Es muy llamativo en nuestro estudio que pacientes sanos solo tarden 3,9 minutos para llegar a su saturación basal respirando aire, luego de preoxigenarse con oxigeno a 10lt/min con cualquiera de las cuatro técnicas a 2600 msnm a diferencia de los pacientes que se encuentran a 0 msnm; faltan estudios de preoxigenación y apnea por encima de los 2,500mts de altura para confirmar que el tiempo tolerado en apnea sin desaturación sea menor que lo reportado en la literatura.

XII. BIBLIOGRAFÍA

[1] Soro Domingo M. Preoxigenación. Revista Española de Anestesiología Reanimación 2004; 51: 322 – 327

[2] Preoxygenation: Physiology an practice. (Editorial) The Lancet 1992; 339 (4): 31 – 32

[3] Campbell I.T, Batty P.C. Monitoring préoxygénation. British journal of Anaesthesia 1994; 72: 3-4

[4] Bourgain J.L. Préoxygenation et manoeuvres de contrôle de la permeabilité des voies aériennes. Annales françaises d'Anesthesie et réanimation 2003; 22 : 41s-52s.

[5] J.W. McCrory, J.N. Matthews. Comparison of four methods of preoxygenation. British journal of Anaesthesia 1990; 64: 571-576

[6] Guyton Arthur.Principios Físicos del Intercambio Gaseoso; Difusión de oxígeno y dióxido de carbono a través de la membrana respiratoria. Tratado de fisiología médica. Octava edición. Interamericana McGraw – Hill 1991 p. 440-451

[7] Benumof J. L. Preoxygenation best method for both efficay and efficiency?. (Editorial). Anesthesiology 1999; 91 (3): 603-605

[8]Berthoud M. Read D.H. Norman J. Pre-oxygenation – how long? Anesthesia 1983; 38: 96 – 102

[9] Usharani N. Suvarchala C. Ramez S. Ninos J. Yaser W. George C. Mohammad E. Preoxygenation with tidal volume and deep breathing techniques: The impact of duration of breathing and fresh gas flow. Anesthesia & Analgesia 2001; 92: 1337-41

[10]Drummond G.B. Park G.R. Arterial oxygen saturation before intubation of the traches An assessment of oxygenation techniques. British journal of Anesthesia 1984; 56: 987-92

[11] Mc Crory J.W., Matthews J.N.S. Comparison of tour methods of preoxygenation. British journal of Anesthesia 1990; 64: 571-76

[12] Berry C.B., Myle P.s. Preoxygenation in healthy volunteers: a graph of oxygen "washin" using end-tidal oxygraphy. British journal of Anesthesia 1994; 72: 116-118

[13] Baraka A, Taha S, Aouad M, El-Khatib M, Kawkabani N. Preoxygenation Comparison of maximal Breathing and nidal volume breathing techniques. Anesthesiology 1999;91 (3) 612-616

[14] Baraka A, Haroun S, Khoury S, Chehab I. Single vital capacity breath for preoxygenation. Canadian Journal of Anesthesia 2000; 47 (11) 1144-1146

[15] Horbein T. Schoene R. High altitude An exploration of human adaptation. Marcel Dekker . 2001

[16] Wilson W. Shapiro B. Perioperative Hypoxia. In Benoumoff J.L: editors. Monitoring During Critical Care Events. Anesthesiology clinics of North America 2001; 19 (4)

[17] Ruppel G. Manual of Pulmonary Function Testing. Seventh edition. Mosby 1997

[18] West Jhon B. Fisiología Respiratoria. Sexta edición. Panamericana. 2000

[19] Martin John, Warner Mark. Posiciones en anestesia y Cirugía Implicaciones clínicas. Tercera edición. McGraw Hill Ineramericana1999

[20] Hirsh J., Führer I., Kuhly P., Schaffartzik W. Preoxigenation: a comparison of three different breathing systems. British Journal of Anesthesia 2001; 87 (6) 928-931.

[21] Berthoud M. C., Peacock J. E., Effectiveness of preoxygenation in morbidly obese patients. British Journal of Anaesthesia 1991; 67(464-466)

[22] Hirsh J., Führer I., Kuhly P., Schaffartzik W. Preoxigenation: a comparison of three different breathing systems. British Journal of Anesthesia 2001; 87 (6) 928-931.

ANEXO 2

INSTRUCTIVO PARA LLENAR EL INSTRUMENTO DE RECOLECCION

INFORMACION DEL PACIENTE:

Número: registrar el número de formulario
Edad: Colocar el número de años cumplidos.
Peso: Colocar el peso en kilogramos (Kg) de la persona.
Talla: Colocar la altura en metros (Mt) de la persona
IMC: Registrar el Índice de masa corporal calculado (Peso/Talla^2)
Género:: Colocar el sexo genético de la persona.
VC volumen corriente: Registrar en mililitros en estado basal
CV capacidad vital: Registrar en mililitros en estado basal
SaO2 saturación de oxigeno: registrar porcentaje en estado basal

INFORMACION DE LAS PRUEBAS DE PREOXIGENACION:

.

Fracción inspirada de oxígeno (FiO2): registrar cada 15 segundos en pruebas con volumen corriente y registrar con cada respiración en capacidad vital

Concentración espirada de 0_2 (EtO2): Registrar la concentración espirada de 02 en las pruebas a volumen corriente cada 15 segundos y a capacidad vital por cada respiración

Oximetría de pulso (SaO2): Registrar la oximetría de pulso en las pruebas a volumen corriente cada 15 segundos y a capacidad vital por cada respiración

Para las fases 1 y 2 se realizará la preoxigenación como está estandarizado en la literatura con volumen corriente por 3 minutos y 8 capacidades vitales; en las fases

3 y 4 se registraran los datos de preoxigenación hasta alcanzar una saturación de oxigeno del 99% y una concentración espirada de oxigeno de 90%.

La tabla que se encuentra a la derecha del registro de preoxigenación corresponde al registro de la normalización de la saturación de oxigeno, que será medido luego de alcanzar la fase de preoxigenación e iniciar respiración con volumen corriente con fracción inspirada de oxigeno del 21%, se registrará la saturación de oxigeno cada 15 segundos hasta llegar a la saturación basal del paciente.

ANEXO 3

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación: PREOXIGENACION CON VOLUMEN CORRIENTE Y CAPACIDAD VITAL EN VOLUNTARIOS SANOS A 2600METROS

El servicio de anestesiología de la Fundación Cardioinfantil y la Universidad del Rosario lo invita a participar en este estudio de investigación, que se realiza en personas sanas mayores de 18 años, este estudio consiste en medir los tiempos necesarios para lograr saturar los pulmones de oxígeno con dos formas de respiración.

Su participación es totalmente libre y voluntaria y puede no aceptar o retirarse en el momento que desee.

Objetivo:

El objetivo consiste en conocer el patrón de saturación de oxigeno cuando una persona esta respirando oxigeno puro en una máscara, con diferentes formas de respiración a la altura de Bogotá

Descripción del estudio:

Se realizará preoxigenación con oxigeno al 100%, es decir usted respirará oxígeno en altas concentraciones en una máscara facial sellada mediante un arnés y estará acostado en una camilla, se le colocará una pinza en el dedo índice para tomar su oxigenación. Según el método utilizado se le pedirá que respire normalmente o tomando todo el aire que le sea posible y así mismo expulsándolo.

Riesgos:

Los posibles riesgos son mínimos y pueden estar dados por la maniobras de respiración durante las pruebas y son: mareo, nauseas, tos, enrojecimiento facial y marcas en la piel secundarias al ajuste de la máscara facial.

Posibles Beneficios:

Su participación ayudará a obtener información para establecer una forma más adecuada de dar oxigeno a los pacientes que van a ser sometidos a anestesia en la altura de Bogotá. No hay garantía que obtendrá algún beneficio médico por participar en el estudio.

No existe tampoco ningún tipo de remuneración o contraprestación por participar en este estudio. Usted tiene derecho a retirarse del estudio en cualquier momento

Confidencialidad:

Durante su participación en este estudio se obtendrá información relacionada con su salud en la cual se mantendrá en confidencialidad al igual que su identidad; solamente el comité de ética de la institución podrá acceder a su historia para determinar la exactitud de los datos reportados. Usted tiene derecho a acceder a esta información.

Los resultados serán analizados en forma global, sin hacer referencia a la identidad de ninguno de los participantes, y reportados en medios científicos. El desarrollo de esta investigación será seguido por el comité de ética de investigación de la Fundación cardio-infantil.

Para cualquier inquietud acerca de sus derechos y seguridad, puede comunicarse con la Dra Johanna Mendieta o el Dr Hernan Alfonso Charris Investigadores al teléfono 6672727 extensión 1223.

He leído y comprendido el presente formato, mis inquietudes han sido resueltas y otorgo voluntaria y libremente mi consentimiento para participar en el estudio. Comprendo que puedo retirarme cuando lo desee sin repercusiones sobre mi cuidado médico.

_____	_____	_____
Firma de la Persona	Nombre completo	Fecha
Dirección:		
Teléfono:		

_____	_____	_____
Firma del Testigo 1	Nombre del testigo	Fecha
Dirección:		
Teléfono:		

_____	_____	_____
Firma del Testigo 2	Nombre del Testigo	Fecha
Dirección:		
Teléfono:		

_____	_____	_____
Firma del Investigador	Nombre del Investigador	Fecha

Dirección: calle 163ª 13B 60 oficina de anestesiología

Teléfono: 6672727 extensión 1223