



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

RANGOS DE SATURACIÓN DE
OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS
SANOS A 3200 METROS DE ALTITUD

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN MEDICINA CON MENCIÓN
EN MEDICINA PEDIÁTRICA

STEVIE IBRAIM GUISBERT ELESCANO

LIMA - PERÚ

2020

ASESOR DE TESIS

Dra. Doris Guzmán Chávez

JURADO DE TESIS

MG. ALDO MARUY SAITO

PRESIDENTE

MG JOSE LUIS MACARLUPU BERNUY

VOCAL

MG. CLAUDIA MARÍA TERESA UGARTE TABOADA

SECRETARIA

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en mi camino

A mi Madre mi forjadora e incansable escudera

A mis seres queridos por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Doris Guzmán Chávez por su apoyo y guía. A Heidi Vílchez, Karina Estrada, Fany Ugarte, Mey Ling, Rosario Salome, Milena Munive, Cinthya Miranda y Mary Kriss Centeno, por contribuir con la recolección y organización de datos, a los profesionales del servicio de Neonatología del Hospital Ramiro Prialé de ESSALUD por el apoyo y facilidades brindadas.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Tesis Autofinanciada

RANGOS DE SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS SANOS A 3200 METROS DE ALTITUD

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	14%	3%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
2	vriunap.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	idoc.pub Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN 1

II. MATERIAL Y MÉTODOS. 30

III. RESULTADOS 35

IV. DISCUSIÓN 37

V. CONCLUSIONES 44

VI. RECOMENDACIONES 45

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 46

ANEXOS

RESUMEN

Antecedentes: Existen pocos estudios de medición de saturación arterial periférica de oxígeno mediante pulsioximetría (SpO₂) en recién nacidos en altitud elevada (mayor a 2500 metros sobre el nivel del mar) en los primeros minutos y 24 horas de vida. **Objetivos:** Determinar la SpO₂ en recién nacidos a término sanos durante las primeras 24 horas de vida a 3200 metros de altitud (m), determinar si existen diferencias en la SpO₂ respecto al tipo de parto, actividad física y formular percentiles de SpO₂. **Materiales y Métodos:** Diseño Observacional prospectivo, se seleccionaron recién nacidos a término sanos de parto vaginal y/o cesárea del Hospital Ramiro Priale de Huancayo a 3200 m y se midió la SpO₂ preductal durante los 1, 2, 3, 4, 5, 10, 30 minutos (min) y 2, 6 y 24 horas (h), consignando el estado de actividad, excluyendo a los que recibieron oxígeno medicinal u otras intervenciones médicas. **Resultados:** Se seleccionaron 109 recién nacidos, 85 (77.9%) nacieron de parto vaginal y 24 (22%) por Cesárea, 62 (56.8%) fueron de sexo femenino y 47 (43.12%) de sexo masculino, la SpO₂ alcanzó 87% a los 10 minutos y se mantuvo en una media de 91% a partir de los 30 minutos. Al minuto los percentiles de saturación 3, 10, 50, 90, 97, fueron 57%, 61%, 64%, 70%, 70%, a los 2 minutos, 60%, 64%, 72%, 80%, 84,7%; a los 5 minutos, 70%, 73%, 80%, 88%, 89%; a los 30 min 82%, 87%, 90%, 94%, 95%, y a las 24 horas 86%, 89%, 91%, 94%, 96% respectivamente. La SpO₂ fue significativamente menor respecto al nivel del mar en todas las mediciones, no hubo diferencias significativas durante los estados de actividad, ni para el tipo de parto excepto al minuto 2 de vida. **Conclusiones:** La SpO₂ en los recién nacidos a 3200 m es significativamente menor que a nivel del mar. El tiempo de estabilización de la SpO₂ después del nacimiento hasta tres veces

mayor respecto al nivel del mar. Se obtienen percentiles de SpO₂ para guiar la atención neonatal. Se propone 86% como punto de corte para tamizaje de Cardiopatías Congénitas a dicha altitud.

Palabras clave: Saturación arterial de oxígeno, Pulsioximetría, recién nacidos, altitud.

ABSTRACT

Background: There are few studies of peripheral arterial oxygen saturation measurement by pulse oximetry (SpO₂) in newborns at high altitude (greater than 2,500 meters above sea level) in the first minutes and 24 hours of life. Objectives: To determine the SpO₂ in healthy term newborns during the first 24 hours of life at 3200 meters of altitude (m), to determine if there are differences in the SpO₂ regarding the type of delivery, activity and to formulate SpO₂ percentiles. Materials and Methods: Prospective observational design, healthy term newborns were selected for vaginal delivery and / or cesarean section at Hospital Ramiro Priale de Huancayo at 3200 m and preductal SpO₂ was measured during 1, 2, 3, 4, 5, 10, 30 minutes (min) and 2, 6 and 24 hours (h), recording the activity status, excluding those who received medicinal oxygen or other medical interventions. Results: 109 newborns were chosen, 85 (77.9%) were born vaginally and 24 (22%) by Caesarean section, 62 (56.8%) were female and 47 (43.12%) were male, SpO₂ reached 87% at 10 minutes and remained at an average of 91% after 30 minutes. At minute the saturation percentiles 3, 10, 50, 90, 97, were 57%, 61%, 64%, 70%, 70%, at 2 minutes, 60%, 64%, 72%, 80%, 84, 7%; at 5 minutes, 70%, 73%, 80%, 88%, 89%;

at 30 min 82%, 87%, 90%, 94%, 95%, and at 24 hours 86%, 89%, 91%, 94%, 96% respectively. SpO₂ was significantly lower with respect to sea level in all measurements, there were no significant differences during the states of activity, nor for the type of parturition except at minute 2 of life. Conclusions: SpO₂ in newborns at 3200 m is significantly lower than at sea level. SpO₂ stabilization time after birth up to three times greater than sea level. SpO₂ percentiles are obtained to guide neonatal care. 86% is proposed as a cut-off point for screening for congenital heart disease at this altitude.

Key words: Arterial oxygen saturation, Pulse oximetry, newborns, altitude.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación de aplicación clínica evalúa la saturación arterial de oxígeno en sangre periférica mediante pulsioximetría (SpO₂), en recién nacidos sanos a término a 3200 metros de altitud (m).

La SpO₂ se define como el porcentaje de la hemoglobina que se encuentra saturada de oxígeno (O₂) respecto del total de hemoglobina en sangre arterial y se mide de forma no invasiva mediante oximetría de pulso (1). La oximetría proporciona información continua acerca del estado de oxigenación de la sangre y se emplea como herramienta fundamental de monitoreo en las unidades neonatales (2).

Durante los primeros minutos y horas de vida extrauterina ocurren cambios respiratorios y cardiovasculares significativos que producen variaciones en la SpO₂ del recién nacido (3). Se conoce que la SpO₂ disminuye conforme se incrementa la altitud (4). Para dilucidar el comportamiento de la SpO₂ en este periodo de la vida, se exponen los conceptos fisiológicos respiratorios, cardiocirculatorios y hematológicos que determinan la SpO₂; así como, la adaptación cardiopulmonar al nacer, pulsioximetría en neonatología e influencia de la altitud.

Este trabajo busca aportar información acerca del comportamiento de la SpO₂ en recién nacidos a elevada altitud que ayuden al clínico en la toma de valiosas decisiones oportunas y contribuir al conocimiento en esta área de investigación.

MARCO TEÓRICO

1. FUNCIONES FISIOLÓGICAS QUE DETERMINAN LA SATURACIÓN ARTERIAL DE OXÍGENO

1.1 FUNCIÓN RESPIRATORIA

1.1.1 Aire Ambiental Y Presión Atmosférica

El aire ambiental es una mezcla de gases que principalmente contiene nitrógeno y oxígeno (O₂). La fracción de oxígeno del aire inspirado (FIO₂) es 21 %. La presión que el aire ejerce en cualquier punto de la tierra se denomina Presión Atmosférica (Patm) y su valor es 760 mm Hg a nivel del mar. La Patm disminuye con la altitud mientras que la FIO₂ se mantiene constante. La presión parcial de oxígeno (PO₂) es la presión que ejerce el O₂ en el aire. La PO₂ se obtiene del producto de la Patm y la FIO₂, su valor es 159 mm Hg a nivel del mar y al igual que la Patm decrece con la altitud (5).

1.1.2 Gradiente De Presión De Oxígeno

La PO₂ disminuye gradualmente desde su ingreso a las fosas nasales hasta los pulmones debido al cambio de composición del aire por presencia de vapor de agua, absorción del oxígeno alveolar hacia la sangre capilar y difusión del CO₂ de la sangre al pulmón. La PO₂ en las vías aéreas superiores se denomina Presión inspiratoria de oxígeno (PIO₂), en el alveolo presión alveolar de oxígeno (PAO₂) y a nivel arterial presión arterial de O₂ (PaO₂), cuyos valores a nivel del mar son: 150, 100 y 90 mm Hg respectivamente (6).

1.1.3 Respiración

La función principal del sistema respiratorio es transferir O₂ del ambiente hasta las unidades alvéolo capilares y remover el dióxido de carbono (CO₂) proveniente del organismo. El O₂ transportado desde los pulmones a los tejidos, será utilizado como sustrato para el metabolismo celular aeróbico (7).

1.1.4 Oxigenación

Es el proceso de difusión pasiva de O₂ desde el alveolo al capilar pulmonar, donde se une a la hemoglobina de los glóbulos rojos y se disuelve en el plasma. El Gradiente Alveolo Arterial De Oxígeno (A-a) PO₂ es la diferencia de presión de oxígeno entre los alvéolos y el plasma. Su valor normal es de 5 - 20 mm Hg, aumenta con la edad y el incremento de FiO₂ (8). El cálculo de la (A-a) PO₂ en la insuficiencia respiratoria ayuda a determinar si el paciente tiene una enfermedad pulmonar o solo disminución de la ventilación (9).

1.1.5 Hipoxemia

Se define como un nivel bajo de oxígeno en sangre arterial (PaO₂ o SpO₂ bajas) y es debida a su oxigenación insuficiente. Puede ser potencialmente mortal pudiendo afectar el suministro de oxígeno a los tejidos y llevar a hipoxia (10). Es causada por hipoventilación, alteración de la ventilación-perfusión, derivación de derecha a izquierda, deterioro de la difusión y disminución de la PIO₂ (11). El signo tradicional de hipoxemia es la cianosis y se define como una Hb reducida ≥ 5 g /dl.

La cianosis central, una coloración azul de la lengua y las mucosas, aparece cuando la SpO₂ es alrededor del 75%. Varios estudios han demostrado que incluso en

condiciones ideales, los observadores expertos no pueden detectar hipoxemia hasta que la SpO₂ es inferior al 80% (12).

La hipoxemia, no es sustituto de otros signos respiratorios, se correlaciona mal con la frecuencia respiratoria y cardíaca, además la taquipnea puede ser un mejor predictor de compromiso respiratorio. Sin embargo, la hipoxemia al ser evaluada mediante pulsioximetría o punción arterial proporciona información sobre el intercambio de gases y es un predictor independiente de mortalidad en la enfermedad aguda (13,14).

No existen valores precisos para diagnosticar hipoxemia, porque no se ha identificado un umbral exacto por debajo del cual se produce la hipoxia tisular. Sin embargo, a nivel del mar se considera normal una PaO₂ \geq 80 mm Hg (SpO₂ entre 95 – 100%), Hipoxemia leve PaO₂ de 60 – 80 mm Hg (SpO₂ 90 - 94 %), Hipoxemia Moderada PaO₂ de 40 – 60 mm Hg (SpO₂ 75 – 89%) e Hipoxemia severa PaO₂ < 40 mmHg (SpO₂ < 75%). En la mayoría de hospitales no suele tratarse a menos que la PaO₂ sea < 60 mm Hg o la SpO₂ \leq 90%) (9). En infantes los valores de oxigenación muestran rangos amplios. A nivel del mar en la primera semana de vida (después de las 24 horas), la tcSaO₂ (saturación transcutánea de Oxígeno arterial) varía entre 91% (alimentándose), 93% (dormido) y 96% (despierto), concluyendo que la SaO₂ se afecta por los estados de actividad pudiendo disminuir y luego incrementarse gradualmente (15) (94).

1.1.6 Hipoxia

Se define como un contenido bajo de O₂ en un tejido u órgano. La hipoxia celular es un estado en el que no hay suficiente oxígeno para satisfacer las demandas

metabólicas. Puede ser el resultado de una perfusión alterada (isquemia) y / o una disminución del contenido de oxígeno arterial (debido a anemia o hipoxemia) (16).

La hipoxia puede desencadenar daño cerebral, arresto cardiaco y muerte (17).

La tolerancia a la hipoxia es variable, las células del músculo esquelético pueden recuperarse después de 30 minutos de hipoxia, pero se produce un daño irreversible en las células cerebrales después de 4 a 6 minutos de estrés hipóxico similar, el cerebro es el órgano más sensible y se desarrollan cambios cuando la SpO₂ es menor a 80%. Por lo tanto, la hipoxia debe tratarse con la administración precoz de oxígeno mientras se inician las medidas para identificar y tratar la agresión primaria (16,18).

1.1.7 Valoración De La Oxigenación

Existen numerosas formas de medir si la oxigenación está alterada y tiene el riesgo de ser insuficiente para satisfacer los requisitos metabólicos de los tejidos periféricos:

Saturación arterial de Oxígeno (SaO₂): Es el porcentaje de la hemoglobina (Hb) que se encuentra saturada de oxígeno (HbO₂) en sangre arterial, evaluada en gases arteriales (19).

Saturación periférica de Oxígeno (SpO₂): Es una medida no invasiva del porcentaje de la hemoglobina saturada de oxígeno (HbO₂) en el lecho capilar mediante la pulsioximetría. Se describe una buena concordancia entre SpO₂ y SaO₂ (cuando la SaO₂ es mayor a 90%) con una diferencia de 2% a 3%, esta correlación puede disminuir en pacientes con deterioro de la oxigenación en unidades de cuidados críticos (20,21).

Presión Arterial De Oxígeno (PaO₂): Es la presión parcial del oxígeno disuelto en el plasma, se mide mediante gasometría arterial (un electrodo mide las presiones de O₂ mediante reacciones de oxidación - reducción) (19).

Relación PaO₂/FiO₂: Utilizado en pacientes con injuria pulmonar hospitalizados y en ventilación mecánica. Una relación PaO₂/ FiO₂ de 300 a 500 mmHg es normal, PaO₂/ FiO₂ < 300 mmHg indica hipoxemia leve y PaO₂/ FiO₂ < 200 es hipoxemia grave (22).

Relación SpO₂/FiO₂: Cuando la PaO₂ no esté disponible para el cálculo de la relación PaO₂/FiO₂ se puede calcular la relación SpO₂/FiO₂. Las proporciones SpO₂/FiO₂ de 235 y 315 se correlacionan con las proporciones PaO₂/FiO₂ de 200 y 300 respectivamente en estudios de adultos y niños. Se está incrementando su uso debido a que no es invasivo y disminuye la frecuencia de punciones arteriales (23).

Índice Oxigenatorio (IO): Se utiliza con frecuencia en recién nacidos con hipertensión pulmonar persistente para determinar la gravedad de la hipoxemia y para guiar el momento de las intervenciones, como el óxido nítrico inhalado. Un IO mayor a 25 indica insuficiencia respiratoria hipoxémica grave (24).

Contenido Arterial De Oxígeno (CaO₂): Representa la suma del oxígeno unido a la hemoglobina y el oxígeno disuelto en el plasma. Su valor normal es de 15 – 20 ml/ dl. La mayoría del oxígeno está unido a la hemoglobina (98%) y un pequeño volumen está disuelto en la sangre y corresponde a 0.3 ml/ dl. A pesar de que el O₂ disuelto constituye una parte mínima del CaO₂ (1- 2%) es componente importante porque es el responsable de la saturación de la Hb y de la difusión de O₂ a los tejidos, además es el que ejerce presión y se mide en los gases arteriales

(6). El CaO_2 se representa por la ecuación: $CaO_2 \text{ (ml O}_2 \text{ / dl)} = (1,34 \times \text{Concentración de Hemoglobina} \times SaO_2) + (0,0031 \times PaO_2)$.

1.2 FUNCIÓN CARDIOCIRCULATORIA

La sangre procedente de los tejidos (PO_2 de 40 mm Hg, PCO_2 de 46 mm Hg) retorna a las cavidades cardíacas derechas por las venas cavas y es impulsada a la circulación pulmonar vía la arteria pulmonar, luego la sangre oxigenada (PaO_2 90 mmhg, PCO_2 40 mmHg) retorna por las venas pulmonares a la aurícula izquierda para ser bombeado a la economía corporal por el ventrículo izquierdo. El gasto cardíaco (GC) es una variable determinante en la entrega de oxígeno a los tejidos y se calcula multiplicando el volumen sistólico con la frecuencia cardíaca (10).

1.2.1 Entrega De Oxígeno

Es la tasa de transporte de oxígeno desde los pulmones a los tejidos periféricos. Se representa por $\text{Entrega de O}_2 \text{ (ml/min)} = CaO_2 \times GC$. Su disminución debido a una perfusión alterada (Gasto Cardíaco) o una disminución del CaO_2 (debido a hipoxemia o anemia) conllevan a hipoxia tisular. La entrega de oxígeno también depende de la velocidad con la que los tejidos utilizan el O_2 de la sangre, denominado Consumo de O_2 (25).

1.3 FUNCIÓN HEMATOLÓGICA

1.3.1 Hemoglobina

La principal función de la hemoglobina (Hb) es el transporte de O_2 formando oxihemoglobina (HbO_2). Su estructura cuaternaria se compone de dos pares de cadenas polipeptídicas (globinas), 97% de la Hb está constituida por la Hb A1 (alfa

2 beta 2), 2% por la Hb A2 (alfa 2 delta 2), 1% de Hb F (alfa 2 gamma 2). La Hb F se incrementa durante la gestación, tiene mayor afinidad por el oxígeno y disminuye hacia los 6 meses de vida. Cada globina contiene un grupo prostético hemo, el cual, se conforma de un anillo de protoporfirina IX en cuyo centro se encuentra el ion hierro en su forma ferrosa unido a los extremos nitrogenados de los anillos pirroles de la protoporfirina, un extremo a la globina y uno disponible para enlazarse al O₂, así, cada Hb puede enlazar hasta 4 moléculas de O₂ (26). La Hb reducida (desoxihemoglobina) tiene los sitios de unión al O₂ libre. Las dishemoglobinas: carboxihemoglobina (COHb), metahemoglobina (MetHb) y sulfohemoglobina (SHb) no transportan oxígeno y suman menos del 3% (27). Un gramo de hemoglobina tiene la capacidad para transportar 1.34 ml de O₂. En 100 ml de sangre hay 15 gramos de Hb la cual transportaría 20 ml de O₂ (10).

1.3.2 Curva De La Oxihemoglobina

Es la representación de la relación entre la PaO₂ y SaO₂ en una curva sigmoidea, en condiciones fisiológicas para saturar al 50% la Hb se requiere una PO₂ de 27 mm Hg (P50). En la “rodilla” de la curva la PO₂ es 60 mm Hg y la SaO₂ 90%, a partir de allí disminuciones pequeñas de la PaO₂ producen disminuciones rápidas de la SaO₂ (pendiente de la curva), en dirección contraria grandes incrementos de la PO₂ producen mínimos incrementos de la SaO₂ (meseta de la curva). La curva se desvía hacia la izquierda cuando la afinidad de la Hb por el O₂ se incrementa y la P50 disminuye, esto se produce a mayor pH, menor CO₂, 2-3 difosfoglicerato (DPG) y presencia de Hb F. Fisiológicamente la desviación a la izquierda permite la captación de O₂ pulmonar. La curva se desvía a la derecha cuando la afinidad de la Hb por el O₂ disminuye y la P50 aumenta, esto sucede a menor pH, mayor el

CO₂ y DPG. La desviación a la derecha facilita la liberación de O₂ en los tejidos periféricos y en el ejercicio (Efecto Bhor) (28,29).

2. TRANSICIÓN DE FETO A RECIÉN NACIDO

2.1 FISIOLÓGÍA CARDIO PULMONAR FETAL

En el útero, el feto depende de la placenta para el intercambio de gases y entrega de nutrientes de la circulación materna. La placenta tiene baja resistencia vascular y recibe 40% del gasto cardíaco fetal (GCF). Debido a que los pulmones fetales no son necesarios para el intercambio de gases, solo el 10% del GCF pasa a través de la circulación pulmonar. La sangre desoxigenada fluye a través de las arterias umbilicales hasta la placenta, en donde se oxigena y se devuelve al feto a través de la vena umbilical con una saturación de oxígeno (SO₂) de 80% (PO₂ 30-35 mm Hg). La sangre de la vena umbilical se mezcla con sangre venosa portal fetal y llega a la aurícula derecha a través de la vena cava inferior con una SO₂ de alrededor del 67% (30). Dicha sangre pasa directamente a la aurícula izquierda a través del foramen oval para ser bombeado del ventrículo izquierdo a la aorta. La sangre que regresa al corazón a través de la vena cava superior se dirige al ventrículo derecho, en donde se impulsa hacia la arteria pulmonar. La relativa hipoxia fetal produce vasoconstricción de las arterias pulmonares y elevación de la resistencia vascular pulmonar (RVP). Debido al alta RVP y la baja resistencia sistémica (secundaria a la placenta), la mayor parte de la circulación pulmonar se desvía hacia la aorta a través del conducto arterioso, luego se entregará O₂ a los tejidos y la sangre retornará a la placenta para su oxigenación (8).

2.2 CAMBIOS CARDIOPULMONARES AL NACER

Durante la transición se logra el cambio del intercambio de gases placentario al pulmonar. En el trabajo de parto se inicia la absorción del líquido pulmonar alveolar (LP) mediada por el cortisol, al nacer las primeras respiraciones producen aireación pulmonar incrementando la presión intrapulmonar y la absorción del LP. La aireación también produce vasodilatación pulmonar e incremento del flujo sanguíneo pulmonar que reemplaza al flujo sanguíneo umbilical como fuente de precarga del ventrículo izquierdo. Hay incremento del GC que aumenta el flujo sanguíneo al corazón, pulmón, riñón e intestinos (31,32). Se eleva la oxigenación de la circulación sistémica provocando vasoconstricción de las arterias umbilicales y elevación de la presión sistémica que supera la presión pulmonar cerrando las derivaciones fetales: foramen oval, conducto arterioso (CA) y conducto venoso. Previo al cierre funcional del CA (24 – 48 horas) se establecen dos vías vasculares: preductal y posductal en base a su localización proximal o distal a la inserción del CA en la aorta. (32). La vía preductal es más oxigenada e irriga el miembro superior derecho, cerebro y corazón. Cada vez hay más evidencia de que retrasar el pinzamiento del cordón después de los 2 minutos es beneficioso al incrementar el GC y la reserva de hierro (33). A nivel del mar en un promedio de 10 minutos, la SaO₂ del recién nacido aumenta desde niveles fetales de 60% a más del 90% (34,35). El sistema respiratorio modifica gradualmente la sensibilidad de los quimiorreceptores carotídeos de valores fetales a los valores de la PaO₂ posnatales (36).

3. PULSIOXIMETRÍA EN NEONATOLOGÍA

La pulsioximetría fue introducida en la práctica clínica a principios de 1980 y actualmente es una herramienta de monitoreo de primera línea y ha sido conocida como el quinto signo vital (32).

3.1 EL PULSIOXÍMETRO

Consiste en un microprocesador y una sonda o detector. La sonda está compuesta de dos diodos emisores de luz (LEDs) y un fotodetector. Los LEDs emiten luz a 660 nm (espectro rojo) y a 940 nm (espectro infrarrojo). El fotodetector es posicionado directamente opuesto a los diodos para medir la absorción de luz del tejido (37).

El pulsioxímetro utiliza los principios del análisis espectral en donde los diferentes componentes de una solución son cuantificados en base a sus diferentes características de absorción de luz. En la sangre estos componentes son la oxihemoglobina (HbO₂) y la desoxihemoglobina (Hb) que absorben luz infrarroja y roja respectivamente (37).

Las longitudes de onda diferentes de los diodos permiten al microprocesador diferenciar la HbO₂ de la Hb. La absorción de la luz varía con la pulsación arterial y el nivel de oxigenación. El microprocesador utiliza la diferencia de absorción de longitud de onda y pulsación para obtener una relación. Finalmente, la oxigenación arterial se calcula comparando los datos con valores de referencia obtenidos experimentalmente. Los resultados se expresan como porcentaje de saturación (SpO₂) (37). Las fluctuaciones que produce la pulsación arterial permiten al oxímetro también detectar la frecuencia cardíaca junto con la onda de cada

pulsación. La SpO₂ es inexacta por debajo del 70% debido a la falta de datos de referencia obtenidos experimentalmente para tan bajas saturaciones (37).

La exactitud de la lectura del pulsioxímetro depende de la correcta alineación del diodo y del fotodetector. El mejor sitio debe ser un lugar relativamente inmóvil, bien perfundido, de fácil acceso y cómodo para el bebé como las manos, muñecas y pies (38). Las sondas generan una pequeña cantidad de calor que, en combinación con la presión, particularmente en bebés prematuros, puede provocar quemaduras, úlceras por presión, necrosis y deformidad. Por lo tanto, la sonda debe colocarse con cuidado y ser cambiadas de sitio regularmente (38).

Numerosos factores pueden afectar la precisión del pulsioxímetro. El movimiento del paciente y la luz ambiental son las causas más frecuentes de SpO₂ falsamente baja. Esto puede evitarse envolviendo suavemente la sonda en un material opaco. La hipoperfusión lleva la SpO₂ a falsos niveles bajos. Una SpO₂ falsamente baja a menudo se puede diferenciar de las desaturaciones verdaderas inspeccionando la calidad de la forma de la onda de pulso (32).

3.2 APLICACIÓN DE LA PULSIOXIMETRÍA PREDUCTAL EN EL PARTO:

Los recién nacidos deben de pasar del intercambio de gases placentario al pulmonar, la mayoría hace esta transición sin necesidad de apoyo. Ocho de 1000 recién nacidos vivos con peso mayor de 2.5 kg, requieren ventilación con máscara y 2 de 1000 requieren intubación endotraqueal. Históricamente la necesidad de reanimación y de administración de oxígeno se determinó mediante la evaluación de frecuencia cardíaca, esfuerzo respiratorio, color y tono utilizando altas concentraciones de oxígeno para ventilar los pulmones (39).

La determinación clínica de la SaO₂ es altamente subjetiva, mientras que la pulsioximetría determina con exactitud los niveles de saturación en los 90 segundos posteriores al nacimiento (40). Dawson et al. demostraron como los valores de SpO₂ aumentaron gradualmente durante los 10 primeros minutos de vida en términos y prematuros sanos (35). Basados en estos datos, las guías de reanimación neonatal incorporaron rangos de saturación aceptables para este periodo (34,39).

La incorporación progresiva del clampaje retrasado del cordón umbilical incrementa la SpO₂ en los 3 primeros minutos de vida, esto debe ser motivo de revisión de los rangos de saturación en el futuro (41).

Es importante disponer de rangos de saturación de O₂ en sala de partos para evitar que la terapia de O₂ sea potencialmente dañina e innecesaria. Se ha demostrado la relación entre la alta concentración de oxígeno en el parto, incremento de la mortalidad y retraso de la respiración espontánea en recién nacidos a términos con apnea y bradicardia. (42). Actualmente se recomienda iniciar la reanimación con FiO₂ 21% en a términos y 21 a 30 % en pretérminos con incremento posterior basado en la pulsioximetría (39).

3.3 PULSIOXIMETRÍA EN EL MONITOREO EN LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS NEONATAL (UCIN)

La pulsioximetría es utilizada como herramienta rutinaria de monitoreo en neonatos críticamente enfermos en las UCIN, detectando hipoxemia subclínica y ayudando a orientar la toma de decisiones clínicas y apoyando en la vigilancia de los objetivos de saturación adecuados (32,43).

Después de los 10 primeros minutos de vida, los objetivos de saturación de oxígeno de 90 a 95 % en prematuros demostraron reducir la morbilidad por Enfermedad Pulmonar Crónica (DBP) y Retinopatía De La Prematuridad (ROP) sin elevar la mortalidad (44). No hay datos acerca de las saturaciones objetivo en bebés a término. Sin embargo, como la DBP y ROP son poco frecuentes en los nacidos a término, un objetivo de saturación > 95% es comúnmente aceptado (32).

3.4 EVALUACIÓN DEL RECIÉN NACIDO CON CIANOSIS MEDIANTE PULSIOXIMETRÍA

De las numerosas causas de cianosis en el neonato las más urgentes de tratar son las cardiopatías congénitas cianóticas (CCC), enfermedades pulmonares e hipertensión pulmonar persistente (HTPP). Pudiendo sobreponerse entre sí. Tradicionalmente el enfoque se realizaba con el test de hiperoxia que implicaba oxigenar al 100% al neonato y esperar la elevación de la PaO₂, midiendo los gases mediante punciones arteriales, en algunos casos se hiperventilaba adicionalmente. El uso de la ecocardiografía y la pulsioximetría reemplazaron gradualmente dichas intervenciones.

Colocando una sonda del pulsioxímetro en la región preductal (mano derecha) y otra en la región postductal (miembros inferiores), en condiciones fisiológicas la SpO₂ es mayor a 95% en cualquier región y la gradiente (diferencia de SpO₂ pre – post ductal) es menor a 3%. En la causa pulmonar las saturaciones son menores a 95% y no hay gradiente, cuando la gradiente es mayor al 5% indica una derivación ductal de derecha a izquierda (se desvía sangre de la circulación pulmonar a la sistémica por el conducto arterioso). En la HTPP la gradiente es mayor a 10%, se

acompaña de dificultad respiratoria y la oxigenación es lábil con la actividad del neonato, y en las CCC adicionalmente al gradiente alterado se investiga alteración de la silueta cardiaca en la radiografía de tórax y hay diferencia de pulsos y presiones entre miembros superiores e inferiores. La ecocardiografía es el Gold estándar para el diagnóstico de CCC o HTPP (32,43).

3.5 DETECCIÓN DE LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS CRÍTICAS EN EL RECIÉN NACIDO ASINTOMÁTICO MEDIANTE PULSIOXIMETRÍA

Las cardiopatías congénitas críticas (CCHD) ocurren en 2 – 3 /1000 nacidos vivos, conforman aproximadamente el 25% de las cardiopatías congénitas y el 3 – 7.5% de las muertes infantiles. CCHD se define como lesiones cardiovasculares que requieren intervención en el primer año de vida para su supervivencia. Las lesiones cardiacas con dependencia ductal de la circulación pulmonar hacia la aórtica son las más importantes de esta categoría (lesiones cardiacas obstructivas izquierdas, derechas y mixtas) (32,43). El screening mediante ecocardiografía prenatal detecta alrededor de 50% de los casos y el examen físico menos del 30%, por tanto, en ausencia de un screening efectivo, estas cardiopatías se presentan tardíamente en forma de colapso agudo por cierre del ductus y finalización de la persistencia de la circulación fetal (elevada resistencia vascular pulmonar), esto provoca incremento de la mortalidad, morbilidad quirúrgica y discapacidad en el neurodesarrollo. Aunque la ecocardiografía es el Gold estándar para la detección, el uso de esta modalidad en todos los recién nacidos es impráctica y no es costo – efectiva. Como resultado el screening mediante la pulsioximetría cada vez más se ha convertido en el estándar utilizado en programas nacionales. El algoritmo de los CDC (Centro de Control De Enfermedades) de los Estados Unidos para screening por pulsioximetría

describe que se debe de realizar el test a las 24 horas de vida o al alta. Un resultado positivo consiste en una sola lectura de menos del 90% en cualquier sitio o 3 lecturas horarias consecutivas de 90% a 94% en cualquier sitio o una diferencia superior a 3% entre extremidades superiores e inferiores. El resultado obliga a la realización de un examen clínico exhaustivo y estudio ecocardiográfico (45).

Esta metodología para la detección de CCHD tiene una sensibilidad entre el 75% y el 80%, especificidad superior al 99%, valor predictivo positivo de 26% y valor predictivo negativo superior al 99%. Es práctica, costo efectivo e incrementa a 90% la tasa de detección de CCHD (32,43).

4. ALTITUD Y NEONATOLOGÍA

4.1 ALTITUD

Aproximadamente el 25 % de la población mundial reside en altitudes superiores a 500 metros sobre el nivel del mar (46,47), y el 2% (140 millones de personas) viven a una altitud elevada, definida por encima de los 2500 m, de ellas las poblaciones más estudiadas se agrupan en los Himalayas de Asia, los Andes Sudamericanos en donde se encuentra el Perú y las Montañas Rocosas de América del Norte (48). Cerca del 30% de la población peruana habita por encima de los 2500 m y el mayor número de comunidades y ciudades alto andinas se encuentran entre 3000 y 5000 m de acuerdo al último censo en el Perú del año 2015 (49).

Conforme la altitud se incrementa, la PO₂ y la SO₂ disminuyen. A dicha condición se denomina hipoxia hipobárica y es causa de la hipoxia alveolar e hipoxemia en las personas que habitan o ascienden a la altura. Varias respuestas inmediatas se ponen en marcha a la hipoxia, conocidas como mecanismos de adaptación.

Se denomina Mal de Monge a una adaptación inadecuada en quien asciende a la altura o a la pérdida de adaptación en el nativo de altura (50).

Los valores de SpO₂ deben de ajustarse a la altitud, especialmente encima de los 2500 m. En el 2018 se publicó un estudio que midió la SpO₂ en 6000 sujetos, de 1 a 80 años aclimatados a la altitud, desde el nivel del mar hasta la localidad más alta del Perú a 5100 m, proporcionando percentiles de valores de SpO₂ para diferentes niveles de altitud (51). Adicionalmente se ha descrito que la adaptación étnica de las poblaciones, es decir, la antigüedad generacional influye en la SpO₂ en altitud (60).

4.2 TRANSICIÓN CARDIOPULMONAR NEONATAL EN ALTITUD

La SaO₂ de los bebés en altitud no solo depende de la PO₂, sino también de una serie de variables incluyendo: edad postnatal, estado de actividad, frecuencia y patrón respiratorio, cambios en la curva de la oxihemoglobina, reactividad del lecho vascular pulmonar, grupo étnico poblacional y otros factores (36).

En altitud el tiempo para completar los cambios cardiorrespiratorios se prolonga y son variables, además la circulación pulmonar neonatal es sensible a la hipoxia (46). A más de 4000 m puede haber reversión a los patrones circulatorios fetales denominados persistencia de la circulación fetal, desarrollándose vasorreactividad pulmonar, persistencia de las derivaciones por PCA y foramen oval. También la capa muscular de la arteria pulmonar adelgaza más lentamente que a nivel del mar y puede no llegar a valores normales, existiendo predisposición a hipertensión pulmonar (52,53).

La hipertensión pulmonar al asociarse con infecciones respiratorias agudas en lactantes pequeños que aún están en período de adaptación contribuye a la elevada mortalidad infantil a gran altura (36).

A nivel del mar los recién nacidos alcanzan una saturación entre 96 y 98% en las primeras horas después del nacimiento, disminuyen modestamente durante la primera semana para luego incrementarse ligeramente en la infancia posterior a valores de 94 a 98% (54). Se presentan desaturaciones que son breves y poco frecuentes que se relacionan con la respiración periódica durante el sueño y menor edad, dichas características no modifican significativamente la saturación media y se logra un patrón maduro y estable a los 6 meses de edad (55). En altitud entre los 1600 m y 4000 m, en los cuatro primeros meses de vida la media de SpO₂ se encuentra entre 85 – 95% (56). En los recién nacidos a gran altitud los patrones de respiración y la maduración de los reflejos de control respiratorio difieren respecto al nivel del mar y se describe una respuesta bifásica ventilatoria (hiperventilación inicial y disminución de la ventilación) al estímulo hipóxico en los quimiorreceptores carotídeos y vasculares (57,36).

Desde la década de los noventa se incrementó el número de trabajos que evalúan la influencia de la altitud en la SpO₂ del recién nacido y muestran variabilidad en relación a diferentes factores, sin embargo, se puede observar una relación lineal, directamente proporcional de la disminución de la SpO₂ con el aumento de la altitud (58)(59)(60).

4.3 SCREENING DE CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS CRÍTICAS EN ALTITUD

El año 2012 La Academia Americana de Pediatría (AAP), la Sociedad Americana de Pediatría y la American Heart Association respaldaron el screening de CCHD mediante pulsioximetría (61). Se ha demostrado que este método es rentable y particularmente útil en poblaciones y centros sin fácil acceso a cardiólogos pediatras capacitados (61). Los valores del screening proceden de estudios realizados entre 0 a 500 m y actualmente se recomienda el valor de SpO₂ de 95% (2.5 percentil) por debajo del cual la CCHD debe sospecharse (62).

La consideración de los principios físicos básicos y los informes científicos indican que no solo el punto de corte de 95% para la SpO₂ es incorrecto en altitudes elevadas, sino que las saturaciones más bajas se acompañan de una mayor variabilidad y, por lo tanto, existe la posibilidad de un mayor porcentaje de falsos positivos y disminución de la sensibilidad del test a elevada altitud (≥ 2500 m) (63). Adicionalmente, debido a las diferencias étnicas en la respuesta a las grandes altitudes, los documentos normativos deberían recoger la información diferenciada de los países según grupos étnicos (63).

En los últimos años los estudios que se vienen realizando en altitud y recién nacidos proponen mejorar la sensibilidad en el screening de cardiopatías congénitas en las diferentes altitudes, disminuyendo la tasa de falsos positivos que resultará en menor carga económica, emocional y logística sobre las familias, comunidades y centros hospitalarios (64) (65).

ANTECEDENTES

La mayor parte de los estudios de SpO₂ en recién nacidos en altitud se realizaron después de los 10 minutos de vida y los más relevantes en altitudes crecientes son:

Saleu et al. (1999) en Papúa Nueva Guinea a 1580 metros de altitud (m), midieron la Saturación periférica de oxígeno (SpO₂) a 302 lactantes menores de 3 meses. La SpO₂ media fue 96%. La SpO₂ fue significativamente menor en el primer mes de vida y mostró una tendencia disminuir cuando los lactantes estaban dormidos, pero no alcanzó la significancia estadística (66).

Thilo et al. (1991) en Denver (EEUU) a 1600 m, evaluaron la SpO₂ a 150 recién nacidos a término sanos a las 24, 48 horas, 1 mes y 3 meses de edad. A las 24 y 48 horas la SpO₂ media fue 92% a 93% y variaba con actividad infantil (disminuye hasta 85% durante la alimentación). Con el aumento de la edad, hay una tendencia a una mayor SpO₂ durante la vigilia (93% a 94%), mientras que la SpO₂ durante el sueño disminuye (hasta 86% en el sueño tranquilo a los 1 y 3 meses de edad) (58).

Morgan et al. (2017) en Nairobi (Kenya) a 1800 m, midió la SpO₂ a 555 recién nacidos prematuros y a término entre las horas 1 y 24 de vida; la SpO₂ media fue de 89% a 97% para los a término y 90% a 98% en los prematuros. Dicho estudio sugiere que un rango de SpO₂ del 89% a 97% es adecuado para dicha altitud (67).

Ravert et al. (2011) en Colorado (EEUU), entre los 1500 a 2500 m examinaron la SpO₂ a 812 neonatos a términos prematuros, entre las 12 y 72 horas de vida utilizando oxímetros Masimo Radical SET. Encontraron que la SpO₂ media a 2072 m es 93.9% a 95.3%; y a 2484 m fue 93,6% a 96,2%. Concluyen que la SpO₂ de los neonatos que nacen entre los 2000 m a 2500 m se encuentra entre 91% y 96%

en lugar de los 97% que se espera encontrar a nivel del mar, la SpO₂ de los prematuros fueron más altas que la de los bebés a término y no se observaron diferencias significativas para el estado de actividad (68).

Tapia et al. (2004) en Ciudad de México a 2240 m, registraron la SpO₂ en 89 recién nacidos a término y 128 pretérmino desde las 24 horas hasta los 7 días de vida. La SpO₂ más baja registrada fue de 88% y la máxima de 99%. Hubo diferencia significativa de la SpO₂ entre los recién nacidos a término (93.5±2%) y los pretérmino (92.9±2%) (69).

Lozano et al (1991) en Bogotá (Colombia) a 2640 m estudiaron la SpO₂ en 190 infantes de 5 días a 6 meses de edad, encontrando que en el primer mes de vida la SpO₂ fue menor (92.6%), respecto a los otros meses (93.5%). La SpO₂ media en los infantes que dormían (91.1%) fue significativamente más baja respecto a otras actividades como vigilia o alimentación (93.3 – 93.5%) (70).

Niermeyer et al. (1993) en Leadville (EEUU) a 3100 m estudiaron a 15 recién nacidos sanos desde las 6 horas hasta los 4 meses de vida. La SpO₂ global osciló entre 80,6% ± 5,3% a 91,1% ± 1,7% durante los 4 meses. La SpO₂ media a las 6–24 horas es 88.0% a 90.3% y a las 24–48 horas es 86.7 – 88.8 %. Los valores cayeron durante la primera semana después del nacimiento y luego aumentaron gradualmente para alcanzar valores cercanos al nacimiento a los 2 y 4 meses de edad. La SpO₂ mientras los bebés estaban despiertos y dormidos eran similares entre las 6 y 48 horas de vida. A partir de la semana de edad la SpO₂ fue más alta durante la vigilia, intermedia durante la alimentación y el sueño activo, y baja durante el sueño tranquilo (asociado a la respiración periódica) (59).

Niermeyer et al. (1995) en Lhasa (Tíbet) a 3658 m, estudiaron a 30 recién nacidos a término, 15 tibetanos y 15 Han (dos grupos poblacionales diferentes a una misma altitud). Los tibetanos con una antigüedad de 10 000 años mientras que los Han con 50 años procedentes de tierras bajas. Las mediciones se realizaron desde las 6 horas hasta los 4 cuatro meses de vida. La SpO₂ fue más baja en los bebés Han que en los tibetanos en todo momento y en todos los estados de actividad. Entre las 6 a 24 horas de vida la SpO₂ media en los bebés Han fue 92% y en los bebés tibetanos 94%. En los primeros dos días después del nacimiento en ambos grupos la SpO₂ fue mayor y durante el seguimiento disminuyó progresivamente desde la semana de vida hasta los 4 meses especialmente durante el sueño. Esta caída fue marcada en los bebés Han (hasta 76% estando dormidos) (60).

Salas, A. A. (2008) a 3665 m en La Paz (Bolivia), midió la SpO₂ a 122 recién nacidos a término a la hora, 12 y 24 horas de vida. La SpO₂ media a la hora fue 88,7% y no difirió significativamente respecto a las mediciones de las 12 horas (87,2%) y 24 horas (88,2%) de vida. No hubo diferencias significativas entre los bebés nacidos de parto vaginal o cesárea (88,6% vs 88,9% respectivamente) (71).

Reuland et al. (1991) en La Oroya (Perú) a 3750 m, como parte de un estudio grande estudiaron las SpO₂ en 30 lactantes de 2 a 15 meses de edad, encontrando una SpO₂ promedio entre 87.8 ± 2.6 %; concluyendo que la SpO₂ por debajo del año es significativamente más baja (72).

Gamponia et al. (1998) en El Alto (Bolivia) a 4018 m, evaluaron a 168 recién nacidos desde las 24 horas hasta los 5 meses de vida, encontrando una SpO₂ media

de 86,9% en general y 87,8% durante el estado despierto, además el sueño era asociado con la disminución de la SpO₂ sin lograr significancia estadística (73).

Gamboa et al. (1971) en Morococha (Perú) a 4540 m examinaron la SaO₂ de 10 recién nacidos vía cateterización de la arteria umbilical, entre los 30 min a 72 horas de edad resultando que la SaO₂ oscila entre 57% y 75% (74). En otro estudio en ese mismo lugar Sime et al. (1963) encontraron que durante la SpO₂ después del año de vida y la niñez está entre 74% y 81% (75).

Los estudios encontrados que midieron la SpO₂ desde los primeros minutos y horas de vida en altitud son los siguientes:

Bakr et al. (2005) en Taif (Arabia Saudi) a 1640 m, examinaron la SpO₂ a 6011 recién nacidos a término al nacer, a la hora y a las 24 horas de vida. Al nacer, la SpO₂ media fue 68,6% (preductal) y 60,3 % (postductal), a la hora fue 94,3% y a las 24 horas de vida 95,4%. La SpO₂ fue significativamente más baja que a nivel del mar (76).

Saavedra y Vargas (2016) en las ciudades bolivianas de Cochabamba (2558 m) y La Paz (3640 m), midieron la SpO₂ en 280 recién nacidos sanos a los 10 minutos, 12 y 24 horas encontrando que la media de la SpO₂ a los 10 min, 12 y 24 horas para Cochabamba fue: 87.7%, 89.3% y 91,5% y para La Paz fue de y 86,4; 88,1%, y 89,1% respectivamente, encontrando que los datos de ambas ciudades son comparables (77).

Hurtado y Gonzales (2006) en Cuzco (Perú) a 3400 m, midieron la SpO₂ a 201 recién nacidos sanos de parto vaginal durante los primeros 15 minutos de vida. La SpO₂ media al minuto fue 72.5% y aumentó hasta 87.46% a los 15 minutos de vida.

Encontraron que a los 5 minutos después del nacimiento, los valores de SpO₂ eran similares a los observados a nivel del mar. A los 10 y 15 min, aunque los valores de SpO₂ fueron significativamente más bajos que a nivel del mar, eran más altos que en los Andes centrales del Perú (Cerro de Pasco) y sugieren que existiría variaciones de la SpO₂ a una misma altitud por adaptación étnica de las poblaciones (80).

Vidalón (2016) en Huancavelica (Perú) a 3700 m, midió la SpO₂ a 129 recién nacidos a término sanos de parto vaginal y reportó que la SpO₂ en los minutos 1, 5, 10, 30 fueron 67.1%, 75.5%, 81.8%, 86% y a las horas 2, 6 y 24 de vida: 88%, 89% y 91% respectivamente (81).

Saíto y Cardich (2004) en La Oroya (Perú) a 3800 m, como parte de un estudio más grande midieron la SpO₂ a 36 recién nacidos a término, sanos, de parto vaginal, entre los 10 minutos y 4 meses de edad. Las mediciones se realizaron en diferentes actividades de los bebés, despierto, alimentándose y dormido. La SpO₂ mientras estaban despiertos fue significativamente mayor que mientras se alimentaban y dormían, en todas las edades estudiadas. La SaO₂ media disminuyó durante la primera semana y luego aumentó significativamente hasta los cuatro meses de edad (78).

Valero (2009) en Juliaca (Perú) a 3825 m midieron la SpO₂ a 81 neonatos a término sanos de parto vaginal encontrando que a los minutos 5, 15, 30, la SpO₂ media era: 69%, 79.7%, 88% respectivamente y a las 2 horas, 6, 12. 24 horas eran: 90.5%, 90.8%, 90.8% y 90.8%, respectivamente. Concluye que en Juliaca a partir de las 2 horas de vida la SpO₂ se estabiliza (82). A la misma altitud y lugar, Juliaca (3825

m) Roque (2018) mide la SpO₂ en 60 neonatos a término sanos, de parto vaginal durante los primeros 10 minutos de vida, la spo₂ al minuto 1,2,3,4,5, y 10 son 48.3, 51.2 ,56.9 ,61.6, 66.0 8, 85.4 % respectivamente (83).

Entre los trabajos realizados a diferentes altitudes encontramos los siguientes:

Gonzales y Salirrosas (2005) en Cerro de Pasco (4340 m) y Lima (150 m), midieron la SpO₂ a 170 recién nacidos sanos a término durante los 30 primeros minutos de vida y a las horas 1, 2, 8 y 24 después del parto vaginal, encontrando que SpO₂ aumentó significativamente de 1 a 15 minutos después del nacimiento a nivel del mar y de 1 a 30 minutos en Cerro de Pasco. A los 30 min. a nivel del mar ya los 60 minutos en Cerro de Pasco la SpO₂ alcanzó una meseta hasta 24 horas. En todo momento la SpO₂ media fue significativamente mayor en Lima que en Cerro de Pasco (79).

Guo et al. (2019) en Yunnan (China), realizaron un trabajo multicéntrico que evalúa la SpO₂ a 41097 recién nacidos mayores de 35 semanas de edad gestacional a las 24 horas de vida o antes del alta hospitalaria, agrupados en altitudes bajas (0 – 500 m), leves (500 – 1500 m) y moderadas (1500 – 2500 m); utilizaron el pulsioxímetro Masimo RADS (masimo corp). Los promedios de la SpO₂ en niveles bajos, leves y moderados de altitud fueron 97,9%, 96,4% y 95,5%, respectivamente. Concluyen que por cada 1000 m de aumento de altitud se asocia una disminución de 1,54% de la SpO₂ media y sugieren los siguientes puntos de corte para screening de cardiopatías congénitas: $\leq 95\%$ (0 - 500 m) $\leq 93\%$ (500 – 1500 m) y $\leq 92\%$ (1500 – 2200 m) (65).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A 3200 metros de altitud (m), en donde se encuentra la ciudad de Huancayo, la saturación periférica de Oxígeno (SpO₂) de los neonatos se interpreta de forma heterogénea, según criterio del clínico. La ausencia de rangos de SpO₂ que guíen el aporte de O₂ impacta negativamente en los neonatos. En las unidades neonatales es frecuente que se utilicen valores de referencia de SpO₂ de nivel del mar, por ejemplo, una SpO₂ de 85% a los 30 minutos de vida, que se interpretaría como hipoxemia a nivel del mar, a 3200 m podría estar en rangos normales, y realizarse intervenciones médicas innecesarias como administración de oxígeno medicinal y colocarlo en riesgo de hiperoxia (81,87). La hiperoxia se relaciona con toxicidad en neonatos a término y en prematuros con enfermedades como Retinopatía de la prematuridad (ROP) y displasia broncopulmonar (DBP), debido a la neovascularización y la generación de radicales libres en los tejidos metabólicamente activos y (42, 85,86). En el cuidado neonatal la hiperoxia se puede producir administrando oxígeno al 100% durante la reanimación, periodo de adaptación y monitoreo.

La administración de oxígeno medicinal para alcanzar rangos de SpO₂ a nivel del mar puede generar hospitalizaciones innecesarias y prolongadas, conllevando a problemas de separación madre niño y familia y uso excesivo de recursos económicos del sistema sanitario. Por otro lado, no definir hipoxemia en el recién nacido en altitud conduciría a hipertensión pulmonar, hipoxia, acidosis y shock, potencialmente mortal de no recibir el tratamiento correspondiente.

Algunos clínicos utilizan rangos de referencia de estudios de altitudes similares de otras regiones geográficas, sin embargo, hay estudios que demuestran que la pulsioximetría puede variar a una misma altitud por adaptación étnica de las poblaciones, no siendo aplicables a las características del trabajo de investigación (60,79).

También la gran altitud (>2500 m) se ha relacionado con una alta incidencia de cardiopatías congénitas que dependen del conducto arterioso persistente (CAP) y comunicación interauricular (CIA) (50, 84), que deben de ser detectadas precozmente por su gravedad; al no disponerse de valores de SpO₂ para el cribado de dichas enfermedades en altitud, se incrementa el riesgo de morbimortalidad.

Por todo ello, la falta de valores de pulsioximetría no favorece los óptimos cuidados en este período de la vida en las diferentes altitudes, resultando incluso perjudiciales.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Establecer valores de SpO₂ a 3200 m guiará y racionalizará la administración de oxígeno durante el periodo de reanimación, adaptación y monitoreo neonatal, se evitará daño por hiperoxia, hipoxemia y hospitalizaciones prolongadas e innecesarias en pacientes que requieran oxígeno medicinal. Al limitar las hospitalizaciones, el recién nacido permanecerá con su madre y las ventajas del binomio madre – hijo como el contacto piel a piel y lactancia materna no se interrumpirán. Será el primer trabajo que elabore percentiles de SpO₂ a 3200 m e intente acercar un valor de SpO₂ idóneo para realizar el cribado de cardiopatías

congénitas. En el área económica se ahorrará presupuesto, horas de trabajo y recursos hospitalarios al limitar el uso del oxígeno medicinal.

Establecer valores de saturación específicos servirá de base para estudios posteriores como: objetivos de saturación en neonatos enfermos, prevalencia y tamizaje de cardiopatías congénitas, rangos de saturación en prematuros, saturación e hipertensión pulmonar en altitud y oximetría y neurodesarrollo en altura entre otros. Por todo lo anterior la realización del estudio aportará beneficios a la atención de salud del recién nacido en altitud.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar los valores de saturación periférica arterial de oxígeno durante las primeras 24 horas de vida en neonatos a término sanos nacidos en el Hospital Nacional Ramiro Prialé de la ciudad de Huancayo a 3200 metros de altitud (m)

Objetivos Específicos

1. Determinar los valores de SpO₂ al minuto 1, 2, 3, 4, 5, 10, 30, y a las horas 2, 6 y 24 de vida en neonatos a término sanos nacidos en el Hospital Nacional Ramiro Prialé Prialé de la ciudad de Huancayo a 3200 m.
2. Determinar si existen diferencias en la SpO₂ en neonatos nacidos por parto vaginal y cesárea en el Hospital Nacional Ramiro Prialé Prialé de la ciudad de Huancayo a 3200 m.

3. Determinar si los estados de actividad (sueño, vigilia, llanto) modifican la SpO₂ durante las primeras 24 horas de vida en neonatos a término sanos nacidos en el Hospital Nacional Ramiro Prialé Prialé de la ciudad de Huancayo a 3200 m.
4. Elaborar percentiles para los valores de SpO₂ durante las primeras 24 horas de vida y proponer un valor de SpO₂ a las 24 horas de vida como referencia para tamizaje de cardiopatías congénitas en neonatos a término sanos nacidos en el Hospital Nacional Ramiro Prialé Prialé de la ciudad de Huancayo a 3200 m.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio es Observacional prospectivo de tipo descriptivo y de corte longitudinal de tendencia.

Consideraciones Éticas

El proyecto del estudio se presentó al Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para su evaluación y se ejecutó una vez que fue aprobado por el mismo, además se obtuvo los permisos hospitalarios para la investigación en el Servicio de Neonatología del Hospital Nacional Ramiro Prialé Prialé.

Cada gestante en proceso de parto que aceptó participar en el estudio firmó el consentimiento informado previa explicación acerca de riesgos, beneficios y confidencialidad de los datos (formato de consentimiento informado en anexos). El personal capacitado encargado de la recolección de datos no integró el equipo de profesionales que asistieron los partos ni al recién nacido y la lectura de la saturación de oxígeno no fue expuesta ni se utilizó para decidir intervenciones ni modificar la conducta clínica en el recién nacido.

Para proteger la información a manejar, las medidas de confidencialidad incluyeron: No recolección de nombres, documento de identidad, dirección de domicilio u otro dato que permita identificar o ubicar a las madres participantes, se designó una codificación a los participantes, el acceso a la información recolectada correspondió únicamente al investigador y al asesor del proyecto y se almacenó en programa informático cifrado con contraseña y protegida de software malicioso, se realizó reuniones periódicas del asesor e investigador durante la

recolección de datos. Esta investigación se basó en los principios de Ética, y se respetó el principio de autonomía.

Lugar de Estudio

La Ciudad de Huancayo se ubica en los Andes Centrales del Perú a 3200 m. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática la ciudad de Huancayo es la sexta ciudad más habitada del Perú, con una población de 545 615 habitantes según los datos del Censo Nacional realizados el año 2017. Tiene 448 años de fundación y la etnografía es variada predominando la raza mestiza, en menor proporción los grupos indígenas e inmigrantes de otras regiones Además es considerada el centro económico y social del centro del Perú (49).

Población de Estudio

Constituida por neonatos a término sanos, nacidos en los meses de noviembre y diciembre del 2019, que cumplieron los criterios de inclusión cuyas madres aceptaron participar en el estudio y cuando un miembro del equipo de investigación estaba disponible para registrar la SpO₂ inmediatamente después del nacimiento. La unidad de análisis la constituyeron los recién nacidos a término sanos nacidos de madres con residencia en Huancayo por lo menos dos años en el periodo de noviembre a diciembre del 2019.

Recolección de la muestra

El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, es decir se seleccionaron los casos cuando el equipo de recolección estaba disponible.

Ubicación Del Estudio

La evaluación de los recién nacidos se realizó en las unidades de Sala de Partos y Alojamiento Conjunto, pertenecientes al Servicio de Neonatología del Hospital Ramiro Priale en el cual hay un promedio de 150 - 200 partos por mes.

Criterios De Inclusión

- Recién nacidos de madres que proceden y viven por lo menos dos años en Huancayo
- Recién nacidos con edad gestacional de 37 a 41 semanas y 6 días, determinado por el Test de Capurro
- Recién nacidos con examen físico normal al nacer (APGAR igual o mayor a 8)

Criterios De Exclusión

- Recién nacidos pretérminos (edad gestacional menor a 37 semanas)
- Recién nacidos que recibieron maniobras de reanimación al nacer
- Recién nacidos que reciben oxígeno medicinal en las primeras 24 horas de vida
- Recién nacidos con examen físico sugerente de malformaciones o cardiopatía congénita
- Recién nacidos que se hospitalizan en las primeras 24 horas de vida

Variables

Las variables empleadas fueron: Saturación periférica de oxígeno (SpO₂), tipo de parto, sexo del recién nacido, puntaje de Apgar, edad gestacional, peso del recién nacido, frecuencia cardíaca del recién nacido, actividad del recién nacido (despierto, dormido, llanto).

Dispositivo Utilizado

El pulsioxímetro utilizado es de la marca Masimo SET® Rad-8, (masimo corp) está indicado para el uso continuo no invasivo monitoreo de la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial (SpO₂) y la frecuencia del pulso (medido por un sensor de SpO₂). Utiliza la tecnología de extracción de la señal que aísla el ruido y minimiza los artefactos. (95) Se usó en los estudios más recientes de pulsioximetría (35) (65).

Procedimientos Y Técnicas

Se captó a las madres gestantes que ingresaron en labor de parto a la unidad obstétrica que reunían los criterios de inclusión en este momento (otros criterios se evaluaron después del nacimiento), se les explicó en qué consiste el procedimiento, riesgos, beneficios y manejo de la información obtenida, que se encuentran consignados en el consentimiento informado de las madres aceptantes.

Inmediatamente después del nacimiento a los recién nacidos que completan los criterios de inclusión se les colocó el sensor del pulsioxímetro de marca Masimo Radical SET rad8 (masimo corp.) en la piel de la región anatómica preductal (palma, dorso de la mano derecha o articulación radiocarpiana derecha), y se registró la lectura de la pantalla del pulsioxímetro después de obtener una onda o pulsación regular y estable al menos por 10 segundos al minuto 1, minuto 2, minuto 3. Minuto 4, minuto 5, minuto 10, minuto 30, a las 2 horas, 6 horas y 24 horas de

vida. Además, se consignó el estado de actividad, la frecuencia cardiaca, tipo de parto, sexo, puntaje de Apgar, peso al nacer y edad gestacional de la historia de nacimiento. Toda la información obtenida se registró en la ficha de recolección de datos (formato en anexos).

En todos los partos vaginales de nuestro estudio se realizó contacto piel a piel entre la madre y el recién nacido inmediatamente después del parto realizándose las mediciones iniciales en el pecho materno.

Plan De Análisis

Las variables de estudio se analizaron con estadística descriptiva. Para las variables cuantitativas se aplicaron la media, mediana, varianza estándar, mientras que para las variables cualitativas se aplicó el porcentaje y las proporciones. Se elaboraron percentiles (P3, P10, P25, P50, P90, P97) para las SpO₂ desde el minuto hasta las 24 horas de vida, y percentil 2.5 para las evaluaciones de 24 horas de vida.

Para la comparación de variables cuantitativas y cualitativa politómica se utilizó la prueba ANOVA, para la comparación de variables cuantitativas y se utilizó la prueba T de STUDENT para la comparación de variable cuantitativa y cualitativa dicotómica y con los resultados de otros trabajos, para las pruebas de significancia se utilizó la prueba de Chi Cuadrado. El programa Office Excel 2018 se utilizó para elaborar las bases de datos y el análisis estadístico en el software STATA versión 16.

III. RESULTADOS

Se asistieron a un total de 113 partos, 4 recién nacidos fueron excluidos. Los recién nacidos excluidos presentaron las siguientes razones: 02 neonatos fueron hospitalizados uno de ellos por hipoglucemia, 01 neonato recibió oxígeno de flujo libre y luego por cánula nasal, en el cuarto neonato no pudimos obtener lecturas de saturación. Los datos finales incluyeron 921 mediciones de SpO2 de 109 bebés que no recibieron otra intervención que no sea calor y estimulación. Se obtuvo un promedio de 8.4 mediciones por recién nacido.

Las características de los infantes son las siguientes: 85(77.9%) nacieron de parto vaginal y 24(22%) nacieron por Cesárea; 62 (56.8%) fueron de sexo femenino y 47(43.12%) de sexo masculino; 101(92.6%) presentaron peso adecuado para la edad gestacional, 7(6.4%) peso grande para la edad gestacional y 1(0.92%) fue pequeño para la edad gestacional; 91(83.5%) obtuvieron puntaje de Apgar de 9 o 10 y 18(16.5%) obtuvieron puntaje de Apgar de 8 (Tabla 1) . La frecuencia cardíaca de los recién nacidos estuvo en rangos normales.

Las características de las mediciones de la SpO2 en los recién nacidos son: Se obtuvieron 89, 104, 100, 102, 103, 109, 109, 109, 107, 102, 105 mediciones individuales de saturación de oxígeno a los minutos 1, 2, 3, 4, 5, 10, 30 y a las horas 2, 6 y 24 respectivamente. Los rangos y las medias de SpO2 en los 10 primeros minutos y en las 24 horas de vida se ilustran en La tabla 2, a los 10 minutos la SpO2 alcanzó una media de 87% y a partir de los 30 minutos la media de la SpO2 se mantuvo en 90% y 91% hasta las 24 horas de vida. Al minuto los percentiles de saturación 3, 10, 50, 90 y 97, fueron 57.1%, 61%, 64%, 70% y 70%,

respectivamente; a los 2 minutos, 60.3%, 64%, 72%, 80% y 84,7%; a los 5 minutos, 70.24%, 73%, 80%, 88% y 89.8%; a los 30 min 82%, 87%, 90%, 94%, 95%, y a las 24 horas 86.7%, 89%, 91%, 94%, 96% (Anexos tabla 7 y gráfico 1)

Al minuto 2 de vida la SpO₂ en los recién nacidos de parto vaginal (72.7%) fue mayor que en los recién nacidos por cesárea (70%, p: 0.002), en el resto de comparaciones no se encontraron diferencias. (Tabla 5).

Las SpO₂ en las primeras 24 horas durante los diferentes estados de actividad de los recién nacidos (dormido, despierto, llanto) no presentaron diferencias significativas ($p > 0.005$) (tabla 6).

La SpO₂ en las primeras 24 horas de los recién nacidos que presentaron puntaje de Apgar al primer y quinto minuto de 8, 9 y 10 no tuvieron diferencias ($p > 0.005$).

La SpO₂ a los minutos 1, 5,10, 30 y a las 6 horas fueron menores que a nivel del mar al compararse con trabajos en referencia (35) (64%, 80%, 87%, 90%, 91% vs 76%, 88%, 94%, 95%, 96.56%, P: 0.000) (Anexos) tabla 3 y 4.

IV. DISCUSIÓN

El monitoreo de la SpO₂ es beneficioso en el cuidado de recién nacidos y niños. Este estudio informa sobre la progresión de los valores de SpO₂ en un grupo de 109 bebés durante los primeros 10 minutos y las primeras 24 horas después del nacimiento, en Huancayo (3200 m) ciudad asentada en los Andes Centrales del Perú. Utilizando un oxímetro de pulso de última generación y con una programación de máxima sensibilidad para reducir artefactos se obtuvieron 921 mediciones que corresponden a 8.4 por recién nacido, habiéndose perdido en su mayoría los valores de los 3 primeros minutos. Trabajos previos mencionan que, de necesitarse 10 mediciones por paciente, más de 8 son aceptables y que la SpO₂ es más confiable a partir de los 70 segundos. (35).

Sobre Valores De SpO₂ Y Progresión En Los 10 Primeros Minutos De Vida:

Tradicionalmente se utiliza el score de APGAR para valorar la adaptación inmediata del recién nacido, teniendo variabilidad entre observadores. La SpO₂ puede brindar información objetiva en este periodo de vida y guiar la reanimación con metas reales de necesidad de oxigenación tisular. A nivel del mar son muchos los trabajos que vienen realizándose para valorar la SpO₂ en recién nacidos normales y poder estandarizar esta técnica en la valoración del recién nacido inmediatamente al parto.

A nivel del mar, en recién nacidos a término, la SpO₂ media al minuto de vida es 68% y toma 7.6 minutos en promedio para alcanzar valores mayores a 90% y a los 10 min alcanza un valor de 97 a 98% que se mantiene estable durante las primeras 24 horas de vida (35, 88,90). En este trabajo la SpO₂ media progresa de 64% al

minuto a 87% a los 10 minutos, alcanzando estabilidad entre los 10 a 30 min, llegando a un valor de 90% que se mantuvo constante hasta las 24 horas de vida. Como puede observarse en todas las mediciones realizadas en las primeras 24 horas de vida, la SpO₂ media se mantuvo significativamente menor que los valores de estudios realizados a nivel del mar (35, 88, 90).

En relación a Estudios de SpO₂ en altitud:

Los valores de SpO₂ encontrados a esta altitud (3200 m) podría esperarse ser semejantes o mayores a los reportados por Hurtado en Cusco (3400 m) (16) que pertenece a los Andes Sur del Perú, sin embargo, las saturaciones obtenidas en Cusco durante los primeros 15 minutos después del parto son significativamente mayores que en Huancayo, siendo mayor la diferencia durante los 5 primeros minutos después del parto. Al primer minuto en Cusco la SpO₂ media fue 72.59% y a los 5 min 82.38 % mientras en Huancayo fue 64 % y 80% respectivamente. Excluyendo tipo de sensor, técnica utilizada, artefactos, muestras heterogéneas y otros factores, estos hallazgos pueden explicarse por ser dos poblaciones con diferente antigüedad y adaptación generacional y multifactorial, no obstante, ser ambas andinas. (27) Estos hallazgos también coinciden con el trabajo realizado por Niermayer en el Tíbet (China) (60). Sin embargo, hacen falta estudios que puedan fortalecer estas observaciones sobre variaciones en la SpO₂ en diferentes etnias a altitudes semejantes.

Observaciones Sobre Relación Lineal De Spo2 Con Altitud:

Los valores de SpO₂ encontrados en el primer día de vida de los recién nacidos en este trabajo realizado a 3200 m se encuentran comprendidos entre los publicados en estudios realizados por encima de 2700 m (59, 60, 74, 78, 71, 72) e inferiores a 3700 m (58, 67, 68, 69, 70) tanto a nivel nacional e internacional. Observándose una tendencia lineal con SpO₂ menores a mayor altitud; que fue mostrada en los trabajos de Gonzales et al. (79) quienes midieron la SpO₂ en recién nacidos a término sanos en Cerro de Pasco (4340 m) y en Lima (150 m), encontrando que la SpO₂ media aumentó con gran pendiente de 60,6% al minuto de vida a 91,10% a los 15 minutos en Lima y de 45.08% al primer minuto de vida a 87.5% a los 30 minutos en Cerro de Pasco. Guo et al. en Yunnan (China) (65) expone la relación lineal de la SpO₂ inversamente proporcional a la altitud, refiriendo que por cada 1000 m de altitud la SpO₂ desciende 1.6% (65).

Respecto A Spo2 Y El Tipo De Parto:

En este trabajo se encuentra una tendencia no significativa a la SpO₂ mayor en parto vaginal respecto a cesárea en los 5 primeros minutos excepto al minuto 2 de vida que es significativa. Los trabajos de Dawson et al (35), Harris et al (91) y Rabí et al (92) a nivel del mar reportan SpO₂ media significativamente mayor en los primeros 5 minutos en partos vaginales. Hay trabajos que coinciden en que no se encuentra diferencia significativa entre ambas modalidades de parto (96) (97). Se atribuye a que en la cesárea se retrasa la reabsorción de líquido pulmonar fetal que si ocurre durante el trabajo de parto vaginal (91). No encontramos trabajos que comparen la SpO₂ en parto vaginal y cesárea por encima de los 1500 m.

Spo2 Y Estados De Actividad Neonatal:

En este trabajo no se encontraron diferencias significativas en la SpO₂ respecto a los estados de actividad del neonato (vigilia, sueño y llanto). Estos resultados difieren de los reportados por Levesque et al (88) a nivel del mar, durante el llanto la SpO₂ disminuye en las primeras 24 horas de vida, Hunt et al (93) encontraron que el sueño quieto disminuye la SpO₂, sin afectar significativamente la SpO₂ media en el primer día de vida. En altitud, también se encuentran diferencias con los hallazgos de Saito y Cardich (78), quienes reportan SpO₂ a 3800 m a partir de las 2 horas en parto vaginal es mayor en vigilia que alimentándose o dormido y dichas características se acentúan en la primera semana para después recuperar la SpO₂ de nacimiento a los 4 meses. Del mismo modo, difieren de Niermayer (59) en Leadville (3100m), Niermayer (60) en Tíbet (3660 m) y Thilo (58) en Denver (1600 m) que señalan que a partir de las 6 horas la SpO₂ es menor en los estados de sueño en las primeras 48 horas y a partir de allí existe una gran caída en la primera semana de vida que se acentúa en poblaciones de menor antigüedad generacional y se recupera progresivamente hacia los 4 a 6 meses de edad. Estos hallazgos y diferencias se explican probablemente porque este estudio solamente evalúa las SpO₂ hasta las 24 horas de vida y la influencia de los estados de actividad ocurre con mayor significado posteriormente.

Percentiles De Spo2 Y Screening De Cardiopatías Congénitas:

Los percentiles son herramientas de utilidad en la práctica clínica porque informan al médico los valores mínimos y máximos aceptables. En este trabajo se elaboraron percentiles de SpO₂ con el propósito de proponer valores de referencia que guíen

la atención del recién nacido en sala de partos, período de adaptación, y monitoreo, así como para el tamizaje de cardiopatías congénitas (CC) a las 24 horas de vida.

Los valores de referencia para percentiles de SpO₂ provienen de estudios multicéntricos de poblaciones a nivel del mar (96) o bajas altitudes (< 500 m) (45). Para tamizaje de CC, Hoffman (63) ha sugerido alternativamente obtener el percentil 2.5 de la SpO₂ a las 24 horas o antes del alta, límite por debajo del cual se incrementarían las Cardiopatías Congénitas Cianóticas (CCC). Estas cardiopatías son las más graves y ocasionan hipoxemia subclínica por derivación ductal y cortocircuitos intracardiacos; deben ser detectadas precozmente por su elevada morbimortalidad.

El estudio realizado en el 2014 en Aurora, Colorado (1694 m) en 889 recién nacidos se aplicó el protocolo de la AAP para screening de cardiopatías congénitas (45), referido como “Cribado Convencional”, encontrándose una tasa de fallo de 1.1% (a nivel del mar 0.05%). En este estudio se concluye que el incremento de falsos positivos puede resultar en un aumento de carga económica, emocional y logística sobre familias, comunidades y centros hospitalarios. Por lo tanto, se deben realizar estudios a moderados y elevadas altitudes para mejorar la sensibilidad y disminuir la tasa de falsos positivos del cribado convencional (64).

Recientemente un trabajo en China (65) establece el 2.5 percentil de SpO₂, como punto de corte para tamizaje de CC en diferentes altitudes (500 - 2500 m) y recomienda tomar en cuenta las variaciones étnicas. De allí la importancia de investigaciones locales, en este estudio el percentil 3 de la SpO₂ media a las 24 horas de vida fue 86.7% y el percentil 2.5 correspondió a 86%, siendo este el valor

de corte que se propone para la población de Huancayo. Sin embargo, se requieren estudios con muestras más grandes, estudios de incidencia de cardiopatías congénitas críticas en elevada altitud, además de otros que seleccionen rigurosamente los grupos poblacionales, a los cuales se pueda hacer seguimiento para confirmar la validez de estos valores de SpO₂.

Limitaciones Del Estudio

Tratándose de una población de estudio de un Hospital de la Seguridad Social, las condiciones socioeconómicas podrían influenciar en los resultados que pueden obtenerse en otras instituciones, sin embargo, los criterios de inclusión disminuyen este sesgo.

Se han señalado las dificultades para medir satisfactoriamente la SpO₂ en el primer minuto y en ocasiones en el segundo y tercer minuto de vida, que son condiciones también descritas en otros trabajos.

La falta de evaluación de la SpO₂ entre 10 y 30 minutos no nos permitió tener un valor más exacto para precisar el momento que inicia la estabilización de la SpO₂ que en gran altitud (> 2500 m) supera los 10 minutos. A nivel del mar señalan con mayor precisión estos valores, todos ellos menores a los 10 minutos.

Fortalezas Del Estudio:

Utilización de sensores de última generación

Equipo de personal entrenado y exclusivamente asignado a la ejecución del trabajo sin participación en la toma de decisiones del equipo que atendió al recién nacido en sala de partos y brindó cuidados en alojamiento conjunto.

Finalmente, este estudio aporta información relevante de la de SpO₂ en recién nacidos de las poblaciones mencionadas y abre la realización de otros trabajos que consideren otros aspectos dependientes de variables antropométricas, condiciones de actividad del recién nacido, género, ritmo circadiano, tiempo de gestación y otros con el propósito de estandarizar el uso de percentiles de SpO₂, como guía en el cuidado de los recién nacidos sanos a término y prematuros así como en unidades neonatales.

V. CONCLUSIONES

- La progresión de la SpO₂ en los primeros minutos y horas del primer día de vida son menores respecto al nivel del mar y semejante a otros estudios en altura.
- El tiempo de estabilización de la SpO₂ en recién nacidos sanos a 3200 m es de una a tres veces mayor respecto al nivel del mar.
- Es posible que la vía de nacimiento cesárea o vaginal pueda tener alguna influencia sobre los valores de SpO₂ en los momentos iniciales de vida de los recién nacidos.
- En las primeras 24 horas de vida los estados de actividad no influyen significativamente en la SpO₂ de los recién nacidos a 3200 m.
- Se propone como valor de referencia de SpO₂ para tamizaje de cardiopatías congénitas cianóticas a 3200 m, 86% que corresponde al percentil 2.5 de SpO₂ media evaluada a las 24 horas de vida.

VI. RECOMENDACIONES

- Se propone que la medición de la SpO₂ del recién nacido sea parte de la atención en los primeros minutos como guía estandarizada para evaluar la respuesta a las maniobras de reanimación, adaptación y monitoreo del recién nacido en diferentes altitudes.
- Utilizar la pulsioximetría como método confiable, no invasivo para la valoración continua de la SpO₂ y frecuencia cardíaca en los primeros minutos y horas de vida en altitud, como a nivel del mar.
- Seleccionar objetivos de SpO₂ según percentiles en diferentes altitudes, con objeto de seguimiento del recién nacido y tamizaje de cardiopatías congénitas a partir de las 24 horas de vida.
- Se propone aunar esfuerzos institucionales en salud y otros de la región para la realización de investigación colaborativa en relación a SpO₂ de neonatos e infantes a gran altura.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Nitzan, M., Romem, A., & Koppel, R. (2014). Pulse oximetry: fundamentals and technology update. *Medical Devices: Evidence and Research*, 231. doi:10.2147/nder.s47319
2. McVea, S., McGowan, M., & Rao, B. (2018). How to use saturation monitoring in newborns. *Archives of Disease in Childhood - Education & Practice Edition*, edpract-2017-313499. doi:10.1136/archdischild-2017-313499
3. Hooper, S. B., te Pas, A. B., Lang, J., van Vonderen, J. J., Roehr, C. C., Kluckow, M., Polglase, G. R. (2015). Cardiovascular transition at birth: a physiological sequence. *Pediatric Research*, 77(5), 608–614. doi:10.1038/pr.2015.21
4. Beall, C. M. (2001). Adaptations to Altitude: A Current Assessment. *Annual Review of Anthropology*, 30(1), 423–456. doi: 10.1146/annurev.anthro.30.1.423
5. Félix Patiño. Fisiología De La Respiración. Gases Sanguíneos Fisiología de la Respiración e Insuficiencia Respiratoria Aguda. José Félix Patiño Restrepo, Edgar Celis Rodríguez. 7a. Edición. Ed. Médica Panamericana 2005 p. 38-90
6. K. Guerra. Cambios De La Presión De Oxígeno Y Algunos Apuntes Sobre Fisiología Respiratoria *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* 2014; 14 (1): 26-40.
7. Arthur C Theodore. Measures of oxygenation and mechanisms of hypoxemia. UpToDate.2020, Inc. and/or its affiliates. All Rights Reserved

8. Hillman N, Kallapur SG, Jobe A. Physiology of transition from intrauterine to extrauterine life. *Clin Perinatol* 2012; 39:769–83.
9. Williams, A. J. (1998). ABC of oxygen: Assessing and interpreting arterial blood gases and acid-base balance. *BMJ*, 317(7167), 1213–1216. doi:10.1136/bmj.317.7167.1213
10. Guyton AC, Hall JE. *Pulmonary Ventilation. Textbook of Medical Physiology*. 9th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996 p. 497-513
11. Rodríguez-Roisin R, Roca J. Mechanisms of hypoxemia. *Intensive Care Med* 2005; 31:1017.
12. Pulse oximetry: a practical review. C. D. Hanning and J. M. Alexander-Williams *BMJ*. 1995 Aug 5; 311(7001): 367–370.
13. Goodacre S, Wilson R, Shephard N et al. Derivation and validation of a risk adjustment model for predicting seven day mortality in emergency medical admissions: mixed prospective and retrospective cohort study. *BMJ* 2012; 344: e2904.
14. Pretto, J. J., Roebuck, T., Beckert, L., & Hamilton, G. (2013). Clinical use of pulse oximetry: Official guidelines from the Thoracic Society of Australia and New Zealand. *Respirology*, 19(1), 38–46. doi:10.1111/resp.12204
15. Jacqueline Mok, Y. Q., McLaughlin, F. J., Pintar, M., Hak, H., Amaro-Galvez, R., & Levison, H. (1986). Transcutaneous monitoring of oxygenation: ¿What is normal? *The Journal of Pediatrics*, 108(3), 365–371. doi:10.1016/s0022-3476(86)80874-5

16. Gutierrez G. Cellular effects of hypoxemia and ischemia. In: *The Lung: Scientific Foundations*, 2nd ed, Crystal RG, West JB, Weibel ER, Barnes PJ (Eds), Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997. p.1969.
17. Thrush DN, Downs JB, Hodges M et al. Does significant arterial hypoxemia alter vital signs? *J. Clin. Anesth.* 1997; 9: 355–7.
18. Hornbein TF. Hypoxia and the brain. In: *The Lung: Scientific Foundations*, 2nd ed, Crystal RG, West JB, Weibel ER, Barnes PJ (Eds), Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia 1997. p.1981.
19. British Thoracic Society. (1994). Guidelines for the measurement of respiratory function. *Respiratory Medicine*, 88(3), 165–194. doi:10.1016/s0954-6111(05)80346-4
20. Jubran, A. (2015). Pulse oximetry. *Critical Care*, 19(1). doi:10.1186/s13054-015-0984-8
21. Ali-Munive A., Rodriguez P., Gomez S., Arce A. M. and Rodriguez E., 2002, *Correlación entre Pulsioximetría y Saturación Arterial de Oxígeno en Pacientes en Cuidado Intensivo*, Bogotá.
22. Covelli HD, Nesson VJ, Tuttle WK 3rd. Oxygen derived variables in acute respiratory failure. *Crit Care Med* 1983; 11:646.
23. Rice, T. W., Wheeler, A. P., Bernard, G. R., Hayden, D. L., Schoenfeld, D. A., & Ware, L. B. (2007). Comparison of the Sp_{o2}/F_{io2} Ratio and the Pa_{o2}/F_{io2} Ratio in Patients With Acute Lung Injury or ARDS. *Chest*, 132(2), 410–417. doi:10.1378/chest.07-0617

24. Trachsel, D., McCrindle, B. W., Nakagawa, S., & Bohn, D. (2005). Oxygenation Index Predicts Outcome in Children with Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 172(2), 206–211. doi:10.1164/rccm.200405-625oc
25. Ilene M Rosen, Scott Manaker. Oxygen delivery and consumption. UpToDate, 2020 Inc. and/or its affiliates. All Rights Reserved.
26. Schechter, A. N. (2008). Hemoglobin research and the origins of molecular medicine. *Blood*, 112(10), 3927–3938. doi:10.1182/blood-2008-04-078188
27. Rita Galeiras Vázquez. Reconocer la intoxicación por Monóxido de Carbono. Proyecto Lumbré. Manejo Médico. Intensiva Xerencia de Xestión Integrada.
28. Murray and Nadel's.. *Respiratory Physiology Textbook of Respiratory Medicine* Saunders; 5th Edición (2010) p 440 - 463
29. John B. West, Andrew M. Luks. Fundamentos del diagnóstico. *Fisiopatología Pulmonar Fundamentos West 9a Edición*. p 240 – 286.
30. Blackburn S. *Maternal, fetal and neonatal physiology: a clinical perspective*. 5rd edition. St Louis (MO): Elsevier Saunders; 2017.
31. Swanson, J. R., & Sinkin, R. A. (2015). Transition from Fetus to Newborn. *Pediatric Clinics of North America*, 62(2), 329–343. doi: 10.1016/j.pcl.2014.11.002.

32. McVea, S., McGowan, M., & Rao, B. (2018). How to use saturation monitoring in newborns. *Archives of Disease in Childhood - Education & Practice Edition*, edpract-2017-313499. doi:10.1136/archdischild-2017-313499.
33. Raju, T. N. K. (2013). Timing of umbilical cord clamping after birth for optimizing placental transfusion. *Current Opinion in Pediatrics*, 25(2), 180–187. doi: 10.1097/mop.0b013e32835d2a9e.
34. Kattwinkel J, Perlman JM, Aziz K, et al. Part 15: neonatal resuscitation: 2010 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2010;122: S909–19.
35. Dawson JA, Kamlin CO, Vento M, et al. Defining the reference range for oxygen saturation for infants after birth. *Pediatrics* 2010;125: e1340–7.
36. Niermeyer, S. (2003). Cardiopulmonary Transition in the High Altitude Infant. *High Altitude Medicine & Biology*, 4(2), 225–239.
37. Wheeler D, Rimensberger PC, Monitoring R. In: Wheeler DS, Wong HR, Shanley TP, eds. *Paediatric critical care medicine volume 1: care of the critically ill or injured child*. 2nd edn. London: Springer, 2014:521–42.
38. Panda SS, Panda M, Das RR, et al. Pulse oximeter probe induced toe injury in a neonate: a rare avoidable injury. *J Clin Neonatol* 2014;3:240.
39. Wyllie J, Bruinenberg J, Roehr CC, et al. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2015: section 7. Resuscitation and support of transition of babies at birth. *Resuscitation* 2015; 95:249–63.

40. Morley CJ, Davis PG. Advances in neonatal resuscitation: supporting transition. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2008;93: F334–6.
41. Smit M, Dawson JA, Ganzeboom A, et al. Pulse oximetry in newborns with delayed cord clamping and immediate skin-to-skin contact. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2014;99: F309–14.
42. Davis PG, Tan A, O'Donnell CP, et al. Resuscitation of newborn infants with 100% oxygen or air: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2004; 364:1329–33.
43. Roth, P. (2016). Pulse Oximetry and the Neonate. *Pediatrics in Review*, 37(9), 402–405. doi:10.1542/pir.2015-0174.
44. Askie LM, Darlow BA, Davis PG, et al. Effects of targeting lower versus higher arterial oxygen saturations on death or disability in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;4:CD011190.
45. Engel M, Kochilas L. Detección de oximetría de pulso: una revisión del diagnóstico de cardiopatías congénitas críticas en recién nacidos. *Dispositivos médicos (Auckl)*. 2016; 9:199-203. <https://doi.org/10.2147/MDER.S102146>
46. Niermeyer S., Andrade P., (2002). Prolonged postnatal cardiopulmonary transition at 3700–4000m. *High Alt.Med. Biol.* 3(4):439.
47. Cohen JE, Small C. Hypsographic demography: the distribution of human population by altitude. *Proc Natl Acad Sci.* 1998; 95:14009-14014.

48. Moore LG, Niermeyer S, Zamudio S. Human adaptation to high altitude: regional and life-cycle perspectives. *Am J Phys Anthropol.* 1998; Suppl 27:25-64. doi:10.1002/(sici)1096-8644(1998)107:27+<25: aid-ajpa3>3.0.co;2-1
49. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Síntesis Estadística 2015. Lima, septiembre 2015. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [accesado 10 de junio 2016]. Disponible en https://www.inei.gob.pe/Menu recursivo / publicaciones_ digitales/Est/libro.pdf
50. Peñaloza, D. (2012). Efectos de la exposición a grandes alturas en la circulación pulmonar. *Revista Española de Cardiología*, 65(12), 1075–1078. doi: 10.1016/j.recesp.2012.06.027
51. Rojas-Camayo J, Mejia CR, Callacondo D, et al. Reference values for oxygen saturation from sea level to the highest human habitation in the Andes in acclimatised persons. *Thorax.* 2018; 73:776-778
52. Gamboa R, and Marticorena E (1972) The ductus arteriosus in the newborn infant at high altitude. *Vasa* 1:192–195
53. Arias-Stella J., and Saldaña M. (1962). The muscular pulmonary arteries in people native to high altitude. *Med. Thorac.* 19:484–493.
54. Mok JY, McLaughlin FJ, Pintar M, Hak H, Amaro- Galvez R, and Levisohn(1986) Transcutaneous monitoring of oxygenation: what is normal? *J. Pediatr.* 108:365–371.
55. Niermeyer, S. (2007). Going to High Altitude with a Newborn Infant. *High Altitude Medicine & Biology*, 8(2), 117–123. doi:10.1089/ham.2007.1068

56. Hunt C.E., Corwin M.J., (1999). Longitudinal assessment of hemoglobin oxygen saturation in healthy infants during the first 6 months of age. *J. Pediatr.* 134:580–586. *High Altitude Medicine & Biology* 2007.8:117-123.
57. Huicho, L. (2007). Postnatal cardiopulmonary adaptations to high altitude. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 158(2-3), 190–203.
58. Thilo, E. H. (1991). Oxygen Saturation by Pulse Oximetry in Healthy Infants at an Altitude of 1610 m (5280 ft). *American Journal of Diseases of Children*, 145(10), 1137.
59. Niermeyer S., Shaffer E.M., Thilo E., Corbin C., and Moore L.G. (1993). Arterial oxygenation and pulmonary arterial pressure in healthy neonates and infants at high altitude. *J. Pediatr.* 123:767–772.
60. Niermeyer, S., Yang, P., Shanmina, Drolkar, Zhuang, J., & Moore, L. G. (1995). Arterial Oxygen Saturation in Tibetan and Han Infants Born in Lhasa, Tibet. *New England Journal of Medicine*, 333(19), 1248–1252.
61. Kemper AR, Mahle WT, Martin GR, Cooley WC, Kumar P, Morrow WR, Kelm K, Pearson GD, Glidewell J, Grosse SD, Howell RR (2011) Strategies for implementing screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics* 128: e1259–1267
Hoffman, J. I. E. (2016). Is Pulse Oximetry Useful for Screening Neonates for Critical Congenital Heart Disease at High Altitudes? *Pediatric Cardiology*, 37(5), 812–817. doi:10.1007/s00246-016-1371-1
62. Thangaratinam S, Brown K, Zamora J, Khan KS, Ewer AK (2012) Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborn babies: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 379:2459–2464

63. Hoffman, J. I. E. (2016). Is Pulse Oximetry Useful for Screening Neonates for Critical Congenital Heart Disease at High Altitudes? *Pediatric Cardiology*, 37(5), 812–817. doi:10.1007/s00246-016-1371-1
64. Wright J, Kohn M, Niermeyer S, Rausch CM. Feasibility of critical congenital heart disease newborn screening at moderate altitude. *Pediatrics*. 2014;133(3): e561-e569. doi:10.1542/peds.2013-3284
65. Guo, F., Tang, S., Guo, T., Bartell, S., & Detrano, R. (2019). Revised Threshold Values for Neonatal Oxygen Saturation at Mild and Moderate Altitudes. *Acta Paediatrica*. doi:10.1111/apa.14962
66. Saleu, G., Lupiwa, S., Javati, A., Namuigi, P., & Lehmann, D. (1999). Arterial oxygen saturation in healthy young infants in the highlands of Papua New Guinea. *Papua and New Guinea medical journal*, 42 3-4, 90-3 .
67. Morgan, M. C., Maina, B., Waiyego, M., Mutinda, C., Aluvaala, J., Maina, M., & English, M. (2017). Oxygen saturation ranges for healthy newborns within 24 hours at 1800 m. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 102(3), F266–F268.
68. Ravert, P., Detwiler, T. L., & Dickinson, J. K. (2011). Mean Oxygen Saturation in Well Neonates at Altitudes Between 4498 and 8150 Feet. *Advances in Neonatal Care*, 11(6), 412–417.
69. Tapia-Rombo CA, Rosales-Cervantes MGI, Saucedo-Zavala VJ, et al. Saturación periférica de oxígeno por oximetría de pulso en recién nacidos clínicamente sanos a la altitud de la Ciudad de México (2240 m). *Gac Med Mex*. 2008;144(3):207-212.

70. Lozano J.M., Duque O.R., Buitrago T., and Behaine S. (1992). Pulse oximetry reference values at high altitude. *Arch. Dis. Child.* 67:299–301
71. Salas, A. A. (2008). Pulse oximetry values in healthy term newborns at high altitude. *Annals of Tropical Paediatrics*, 28(4), 275–278.
72. Reuland D.S., Steinhoff M.C., Gilman R.H., and Bara M. (1991). Prevalence and prediction of hypoxemia in children with respiratory infections in the Peruvian Andes. *J. Pediatr.* 119:900–906.
73. Gamponia M.J., Babaali H., Yugar F., and Gilman R.H. (1998). Reference values for pulse oximetry at high altitude. *Arch. Dis. Child.* 78:461–465.
74. Gamboa R., y Marticorena E. (1971). Presión arterial pulmonar en recién nacidos en las grandes alturas. *Arch. Instituto. Biología. Andina* 4:55–66.
75. Sime F., Banchero N., Peñaloza D., Gamboa R., Cruz J., and Marticorena E. (1963). Pulmonary hypertension in children born and living at high altitudes. *Am. J. Cardiol.* 11:143–149
76. Bakr, A. F., & Habib, H. S. (2005). Normal Values of Pulse Oximetry in Newborns at High Altitude. *Journal of Tropical Pediatrics*, 51(3), 170–173. doi:10.1093/tropej/fmi026
77. Saavedra Marcos Fausto, Vargas Mamani Martha. Influencia de la altura sobre la saturación de oxígeno en recién nacidos sanos. *Rev. méd. (Cochabamba)* [revista en la Internet]. 2016 Ene [citado 2020 Sep 03] ; 23(1): 14-18. Disponible en:

http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-46092016000100004&lng=es.

78. Ramirez-Cardich ME, Saito M, Gilman RH, et al. Effect of maternal anemia at high altitude on infant hematocrit and oxygenation. *Am J Trop Med Hyg.* 2004;70(4):420-424.

79. Gonzales, G. F., & Salirrosas, A. (2005). Arterial oxygen saturation in healthy newborns delivered at term in Cerro de Pasco (4340 m) and Lima (150 m). *Reproductive biology and endocrinology*

80. Hurtado A, Gonzales GF. Pulse oxygen saturation in healthy newborns at term in Cusco, Peru. *Int J Gynaecol Obstet.* 2006;95(2):155-156.

81. Vidalón D, Saturación de Oxígeno de los Recién Nacidos a Término Sanos cuantificado por Oximetría de pulso en el Hospital Regional Zacarías Correa Valdivia, A Una Altitud De 3860 metros sobre el nivel del mar, de Septiembre a Noviembre del Año 2016. Tesis para optar el título de médico cirujano. Universidad Ricardo Palma. Perú 2016.

82. Valero Ramos, Wilson Ronny, Hanco Zirena, Ivan, Coronel Bejar, Moises, Dueñas Castillo, José Ramiro. (2009). Características del período de adaptación del recién nacido en la altura. *Acta Médica Peruana*, 26(3), 151-155. Recuperado en 03 de septiembre de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172009000300002&lng=es&tlng=pt.

83. JM Roque Sumari. Determinación de la oximetría de pulso preductal en neonatos sanos a término durante los diez primeros minutos de vida en el Hospital Carlos Monge Medrano. 2019 - repositorio.unap.edu.pe
84. Hasan A. (2016). Relationship of high altitude and congenital heart disease. *Indian heart journal*, 68(1), 9–12. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2015.12.015>
85. Jackson RM. Pulmonary oxygen toxicity. *Chest*. 1985;88(6):900-905. doi:10.1378/chest.88.6.900
86. Winslow RM. Oxygen: the poison is in the dose. *Transfusion*. 2013;53(2):424-437. doi:10.1111/j.1537-2995.2012.03774.x
87. Deulofeut R, Critz A, Adams-Chapman I, Sola A. Avoiding hyperoxia in infants ≤ 1250 g is associated with improved short- and long-term outcomes. *J Perinatol*. 2006;26(11):700-705. doi:10.1038/sj.jp.7211608
88. Levesque BM, Pollack P, Griffin BE, Nielsen HC. Pulse oximetry: what's normal in the newborn nursery?. *Pediatr Pulmonol*. 2000;30(5):406-412. doi:10.1002/1099-0496(200011)30:5<406::aid-ppul7>3.0.co;2-c
89. Mariani G, Dik PB, Ezquer A, et al. Pre-ductal and post-ductal O₂ saturation in healthy term neonates after birth. *J Pediatr*. 2007;150(4):418-421. doi:10.1016/j.jpeds.2006.12.015
90. O'Brien LM, Stebbens VA, Poets CF, Heycock EG, Southall DP. Oxygen saturation during the first 24 hours of life. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2000;83(1):F35-F38. doi:10.1136/fn.83.1.f35

91. Harris AP, Sendak MJ, Donham RT. Changes in arterial oxygen saturation immediately after birth in the human neonate. *J Pediatr.* 1986;109(1):117–119
92. 14. Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N. Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr.* 2006;148(5):590–594
93. Hunt CE, Corwin MJ, Lister G, et al. Longitudinal assessment of hemoglobin oxygen saturation in healthy infants during the first 6 months of age. Collaborative Home Infant Monitoring Evaluation (CHIME) Study Group. *J Pediatr.* 1999;135(5):580-586. doi:10.1016/s0022-3476(99)70056-9
94. Avery G, Fletcher M, MacDonald M, Neonatología, Fisiopatología y manejo del recién nacido. Editorial Panamericana 5° ed: 1191-1202.
95. Masimo. Radical Signal Extraction Pulse Oximeter Operator's Manual. Irvine, CA:Masimo; 2004
96. 5. Dimich I, Singh PP, Adell A, Hendler M, Sonnenklar N, Jhaveri M. Evaluation of oxygen saturation monitoring by pulse oximetry in neonates in the delivery system. *Can J Anaesth.* 1991;38(8):985–988
97. 13. Porter KB, Golhamer R, Mankad A, Peevy K, Gaddy J, Spinnato JA. Evaluation of arterial oxygen saturation in pregnant patients and their newborns. *Obstet Gynecol.* 1988;71(3): 354–357

ANEXOS

Variable	Porcentaje	
SEXO	Masculino	43.1 %
	Femenino	56.8 %
TIPO DE PARTO	Vaginal	77.9 %
	Cesárea	22 %
PESO	PEG	0.92 %
	AEG	92.6 %
	GEG	6.42 %
EDAD GESTACIONAL	37 – 42	100%
APGAR	≥ 8	100%

Tabla 1. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

TIEMPO DE VIDA	SPO ₂ % MEDIA	SPO ₂ % MINIMA	SPO ₂ % MAXIMA	SD
1 min	64	54	70	3.8
2 min	71	56	85	5.8
3 min	74	61	89	5.4
4 min	76	55	91	5.3
5 min	80	67	97	5.3
10 min	87	76	100	4.0
30 min	90	80	97	2.9
2 h	90	83	97	2.8
6 h	91	85	97	2.4
24 h	91	86	97	2.1

Tabla 2. SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS SANOS EN LAS PRIMERAS 24 HORAS DE VIDA A 3200M

Tiempo de vida	SpO2 a 3200 m (%)	N	SpO2 en el mar (%)	N
1 min	64	89	67	174
2 min	71	104	71	248
3 min	73	100	80	270
4 min	76	102	86	281
5 min	80	103	92	292
10 min	86	109	96	215

Tabla 3. SPO2 A 3200 M COMPARADA CON VALORES A NIVEL DEL MAR (DAWSON Y COL) EN LOS PRIMEROS 10 MINUTOS DE VIDA

Tiempo de vida	SpO2 a 3200 m (%)	N	SpO2 en el mar (%)	N
1 min	64	89	76	129
5 min	80	103	88	129
10 min	86	109	94	129
30 min	90	109	95	129
6 horas	92	102	96	129

Tabla 4. SPO2 A 3200 M COMPARADA CON VALORES A NIVEL DEL MAR (FURZÁN Y COL) EN LAS PRIMERAS 6 HORAS DE VIDA

Tiempo de Vida	SpO2 Parto Vaginal (%)	SpO2 Cesárea (%)	p
1 min	64.7	65.2	.6
2 min	72.7	70	<.05
3 min	74	73	.4
4 min	76.6	76.2	.7
5 min	80.5	79.8	.5
10 min	86.9	87	.9
30 min	90.3	91.4	.1
2 horas	90.8	91	.7
6 horas	91.2	91.28	.9
24 horas	91.1	90.8	.5

Tabla 5. COMPARACIÓN DE LA SpO2 EN RECIÉN NACIDOS SEGÚN EL TIPO DE PARTO A 3200 M

Tiempo de Vida	SpO2 Dormido (%)	SpO2 Despierto (%)	SpO2 Llanto (%)	P
30 min	90.7	90.87	90.04	0.5
2 horas	90.6	91.06	91.6	0.5
6 horas	91.1	91.32	91.7	0.8
24 horas	91.08	90.89	91.6	0.6

Tabla 6. COMPARACIÓN DE LA SPO2 EN LOS ESTADOS DE ACTIVIDAD DE LOS RECIÉN NACIDOS A 3200 M

TIEMPO DE VIDA	P3	P10	P25	P50	P90	P97
1 min	57	61	62	64	70	70
2 min	60	64	69	71	80	84
3 min	63	67	70	74	80	83
4 min	68	70	74	76	83	86
5 min	70	73	76	80	88	89
10 min	78	82	85	87	92	93
30 min	82	87	89	90	94	95
2 h	84	87	89	90	95	96
6 h	85	88	90	91	94	96
24 h	86.4	89	90	91	94	96

Tabla 7. PERCENTILES DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DESPUÉS DEL PARTO EN RECIÉN NACIDOS SANOS EN EL HOSPITAL RAMIRO PRIALE A 3200M
*** PERCENTIL 2.5 DE SpO2 A LAS 24 HORAS DE VIDA: 86 %**

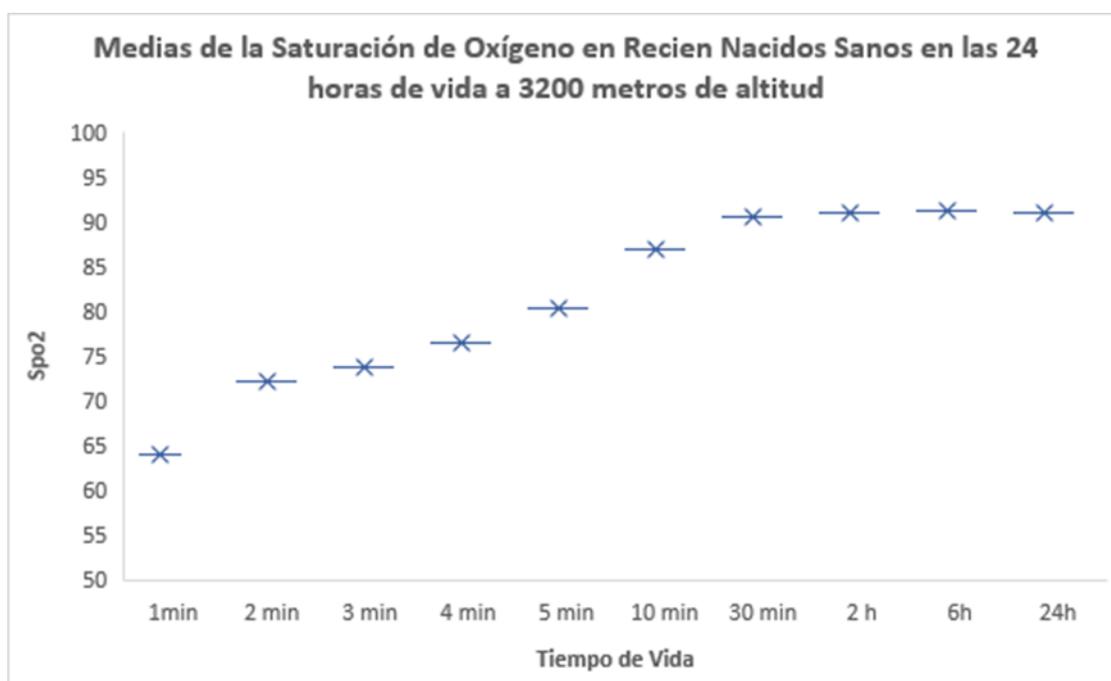


Gráfico 1. MEDIAS DE LA SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS SANOS EN LAS 24 HORAS DE VIDA A 3200 METROS DE ALTITUD

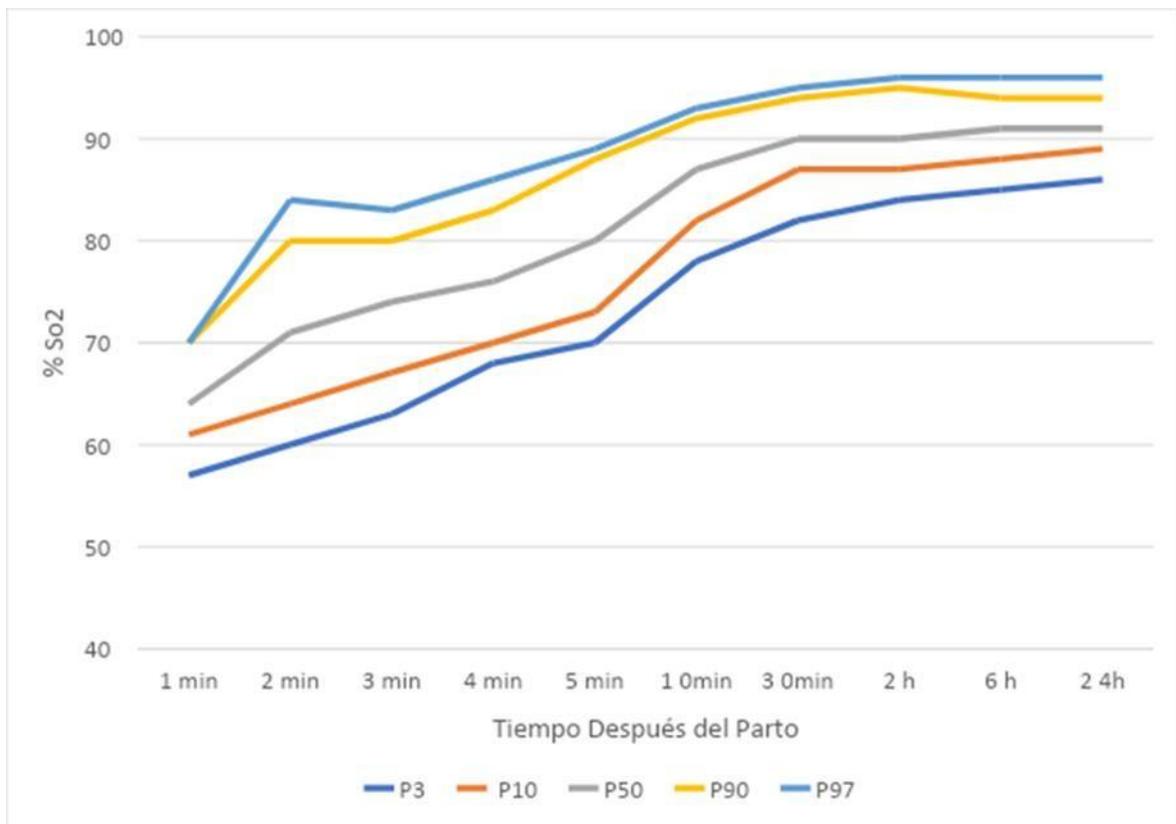


Gráfico 2. PERCENTILES DE SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS SANOS EN EL HOSPITAL RAMIRO PRIALE DE HUANCAYO A 3200 METROS DE ALTITUD

HERRAMIENTA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título del estudio: RANGOS DE SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS
SANOS A 3200 METROS DE ALTITUD

Investigador (a): Dr. Stevie Ibraim Guisbert Elescano

Institución: Universidad Peruana Cayetano Heredia

Fecha:

Nro de Ficha:

DATOS DE LA MADRE		
Edad		
Lugar De Nacimiento		
Lugar De Procedencia		
Tiempo De Permanencia		
DATOS DEL RECIÉN NACIDO		
Fecha y hora de nacimiento		
Tipo de parto		
Sexo		
APGAR	1 min	5 min
Edad Gestacional		
Peso al nacer		

