

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Médicas

**“EFICACIA DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO COMO ALTERNATIVA  
PARA LA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN PEDIATRÍA”**

**MONOGRAFÍA**

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Médicas de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**María Alejandra Abigail de León Palomo**

**Eleany Madelein Muñoz Torre**

**Médico y Cirujano**

Guatemala, septiembre 2021

El infrascrito Decano y la Coordinadora de la Coordinación de Trabajos de Graduación –COTRAG–, de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hacen constar que las estudiantes:

1. MARÍA ALEJANDRA ABIGAIL DE LEÓN PALOMO 201500079 2992557000101
2. ELEANY MADELEIN MUÑOZ TORRE 201500405 2399521540101

Cumplieron con los requisitos solicitados por esta Facultad, previo a optar al título de Médico y Cirujano en el grado de Licenciatura, habiendo presentado el trabajo de graduación en la modalidad de Monografía, titulada:

**EFICACIA DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO COMO ALTERNATIVA  
PARA LA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN PEDIATRÍA**

Trabajo asesorado por el Dr. Nick Edward Josué Alarcón Duarte y revisado por el Dr. Moisés Israel López Pérez, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

**ORDEN DE IMPRESIÓN**

En la Ciudad de Guatemala, el catorce de septiembre del dos mil veintiuno

  
Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom  
Coordinadora de la COTRAG



FACULTAD DE  
CIENCIAS MÉDICAS  
Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva  
DECANO

Vo.Bo.

  
Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva, PhD.  
Decano

La infrascrita Coordinadora de la COTRAG de la Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, HACE CONSTAR que las estudiantes:

- |                                           |           |               |
|-------------------------------------------|-----------|---------------|
| 1. MARÍA ALEJANDRA ABIGAIL DE LEÓN PALOMO | 201500079 | 2992557000101 |
| 2. ELEANY MADELEIN MUÑOZ TORRE            | 201500405 | 2399521540101 |

Presentaron el trabajo de graduación en la modalidad de Monografía, titulado:

**EFICACIA DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO COMO ALTERNATIVA  
PARA LA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN PEDIATRÍA**

El cual ha sido revisado y aprobado por el Dr. César Oswaldo García García, profesor de esta Coordinación y, al establecer que cumplen con los requisitos solicitados, se les **AUTORIZA** continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala, el catorce de septiembre del año dos mil veintiuno.

**"ID Y ENSEÑAR A TODOS"**



USAC  
TRICENTENARIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
COORDINACIÓN DE TRABAJOS  
DE GRADUACIÓN  
-COTRAG-

Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom  
Coordinadora de la COTRAG

Guatemala, 14 de septiembre del 2021

Doctora  
Magda Francisca Velásquez Tohom  
Coordinadora de la COTRAG  
Presente

Dra. Velásquez:

Le informamos que nosotras:

1. MARÍA ALEJANDRA ABIGAIL DE LEÓN PALOMO
2. ELEANY MADELEIN MUNOZ TORRE



Presentamos el trabajo de graduación en la modalidad de MONOGRAFÍA titulada:

**EFICACIA DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO COMO ALTERNATIVA  
PARA LA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN PEDIATRÍA**

Del cual el asesor y el revisor se responsabilizan de la metodología, confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.

**FIRMAS Y SELLOS PROFESIONALES**

Asesor:

Dr. Nick Edward Josué Alarcón Duarte

Dr. Nick Edward J. Alarcón D.  
Méd. EN PEDIATRÍA  
COL. No. 16,198

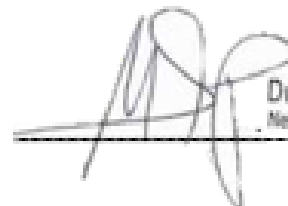


Revisor:

Dr. Moisés Israel López Pérez

Reg. de personal 20010625

Dr. Moisés I. López Pérez  
Neumología y Alergología Pediátrica  
Colegiado No. 8118



eevs/  
104 21MCOGG

## **DEDICATORIAS**

### **Abigail de León**

|                               |                                                                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A Dios</b>                 | Por guiarme, bendecirme, iluminarme, ayudarme y nunca dejarme sola en mi vida.                       |
| <b>A mis padres</b>           | Por su apoyo y amor incondicional.                                                                   |
| <b>A mis abuelos</b>          | Por cuidarme, amarme y siempre creer en mí.                                                          |
| <b>A mi hermano y hermana</b> | Por su apoyo incondicional y su amor.                                                                |
| <b>A mis catedráticos</b>     | Por formarme académicamente, brindándome conocimientos y consejo para ser una excelente profesional. |
| <b>A mis amigos</b>           | Por el apoyo y la compañía de este gran trayecto.                                                    |

## **DEDICATORIAS**

**Eleany Muñoz**

- |                               |                                                                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A Dios</b>                 | Por ser mi guía, llenarme de bendiciones y regalarme sabiduría para alcanzar esta meta.              |
| <b>A mis padres</b>           | Por su amor incondicional y su apoyo en cada paso de mi vida.                                        |
| <b>A mis hermanas</b>         | Por cuidarme, amarme y siempre creer en mí.                                                          |
| <b>A mi familia</b>           | Por todas sus muestras de cariño y apoyo.                                                            |
| <b>A mis<br/>catedráticos</b> | Por formarme académicamente, brindándome conocimientos y consejo para ser una excelente profesional. |
| <b>A mis amigos</b>           | Por el apoyo y la compañía de este gran trayecto.                                                    |

## **AGRADECIMIENTOS**

**Abigail de León**

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A Dios</b>                                      | Gracias a Dios por bendecir mi vida, por cada momento y por darme esta gran oportunidad de poder servir a la humanidad, por estar siempre a mi lado y nunca abandonarme en los momentos más difíciles. Te amo Dios.                                                                                     |
| <b>A mi padre y madre</b>                          | Natalio De León y Xiomara Palomo, por su esfuerzo, apoyo y amor incondicional. Por ser ejemplos de vida y por haberme enseñado todo lo que sé. Sin ustedes no estaría donde estoy ahora. Son el regalo más grande que Dios me dio. Gracias por creer en mí y nunca dejarme sola, los amo profundamente. |
| <b>A mi abuelo y abuela</b>                        | Por siempre creer en mí, por su apoyo, por darme ánimos para seguir adelante, por darme sus sabios consejos y su amor, por ser los mejores abuelos, los amo profundamente.                                                                                                                              |
| <b>A mi hermano y hermana</b>                      | Daniel de León y Ana Mérida, por siempre estar para acompañarme, por creer en mí y no dejarme sola en momentos difíciles, gracias por tantas alegrías, los amo profundamente.                                                                                                                           |
| <b>A la Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por dejar una marca en mi vida, por ser mi segunda casa y darme la oportunidad de formarme y crecer como profesional.                                                                                                                                                                                   |
| <b>A la Facultad de Ciencias Médicas</b>           | Porque es donde siempre soñé estar, y por brindarme su apoyo y ayudarme en mi formación como profesional.                                                                                                                                                                                               |
| <b>A mi asesor, Nick Alarcón</b>                   | Por ser una persona magnífica y brindarme su tiempo, sus conocimientos, su paciencia, esmero, dedicación, y apoyo para la realización de este trabajo. Dios lo bendiga.                                                                                                                                 |
| <b>A mi revisor, Dr. Moises López</b>              | Por brindarme su tiempo, sus conocimientos, su paciencia y apoyo para la realización de este presente trabajo.                                                                                                                                                                                          |
| <b>A mis amigos y a mi compañera Ely</b>           | Por acompañarme en este largo trayecto y siempre salir adelante juntos, ¡Lo logramos!                                                                                                                                                                                                                   |

## **AGRADECIMIENTOS**

**Eleany Muñoz**

- |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A Dios</b>                          | Por cederme su gracia y misericordia en todo camino, Por ser mi refugio y mi fortaleza en los momentos más difíciles y permitirme alcanzar esta meta.                                                                                                           |
| <b>A mis padres</b>                    | Mynor Muñoz y Lilian Torre, quienes con amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir hoy un sueño más. Por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y perseverancia. Por ser el motor que me impulsa a seguir adelante y brindarme su apoyo incondicional. |
| <b>A mis hermanas</b>                  | Eileen y Hercy por su amor y apoyo incondicional, por festejar mis logros y animarme en los momentos difíciles.                                                                                                                                                 |
| <b>A mi alma mater</b>                 | La Universidad de San Carlos de Guatemala y sus docentes por brindarnos las herramientas necesarias para crecer profesionalmente.                                                                                                                               |
| <b>A mi compañera, Abigail de León</b> | Por todo su esfuerzo y dedicación a este trabajo.                                                                                                                                                                                                               |
| <b>A mi asesor, Dr. Nick Alarcón</b>   | Por su tiempo y apoyo en la elaboración de este trabajo, por siempre brindarnos sus mejores consejos y ayudarnos a llegar al final                                                                                                                              |
| <b>A mi revisor Dr. Moises López</b>   | Por su tiempo y apoyo en la elaboración de este trabajo, por brindarnos sus mejores consejos y recomendaciones para alcanzar nuestro objetivo.                                                                                                                  |
| <b>A mis amigos</b>                    | Por hacer mucho más fácil este arduo camino, por celebrar siempre nuestros logros y apoyarnos incondicionalmente en los momentos difíciles, por todos las risas, lágrimas y experiencias juntos.                                                                |
| <b>A mi familia</b>                    | Por todo su apoyo, ánimos y muestras de cariño. Una mención especial a Annabella Torre, Hilda Muñoz, familia Solorzano Villatoro y a mis ángeles María Eugenia y Sonia Estrada                                                                                  |

# ÍNDICE

|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Prólogo.....</b>                                                                                                    | <b>i</b>  |
| <b>Introducción.....</b>                                                                                               | <b>ii</b> |
| <b>Objetivos .....</b>                                                                                                 | <b>iv</b> |
| <b>Métodos y técnicas .....</b>                                                                                        | <b>v</b>  |
| <b>Contenido temático</b>                                                                                              |           |
| Capítulo 1. Anatomía y fisiología respiratoria del paciente pediátrico .....                                           | 1         |
| Capítulo 2. Generalidades de la oxigenoterapia de alto flujo.....                                                      | 10        |
| Capítulo 3. Predictores de éxito de la oxigenoterapia de alto flujo.....                                               | 18        |
| Capítulo 4. Contraindicaciones para la aplicación de la oxigenoterapia<br>de alto flujo en el paciente pediátrico..... | 25        |
| Capítulo 5. Análisis de información .....                                                                              | 28        |
| <b>Conclusiones.....</b>                                                                                               | <b>31</b> |
| <b>Recomendaciones.....</b>                                                                                            | <b>32</b> |
| <b>Referencias bibliográficas.....</b>                                                                                 | <b>33</b> |
| <b>Anexos .....</b>                                                                                                    | <b>45</b> |

## **De la responsabilidad del trabajo de graduación:**

El autor o autores, es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresados en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y la Facultad de Ciencias Médicas y la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio y otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala y, de las otras instancias competentes, que así lo requieran.

## PRÓLOGO

Esta monografía constituye el trabajo de graduación, requisito para obtener el título de Médico y Cirujano en el grado de Licenciatura por la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El tema surgió como idea de la reciente aplicación del método de soporte respiratorio de oxigenoterapia de alto flujo en el paciente pediátrico en Guatemala, ya que se ha comportado como una alternativa en el tratamiento de las patologías respiratorias, principal causa de morbilidad en la población pediátrica del país.

Además, dichos pacientes presentan un riesgo mayor debido a las diferencias anatómicas y fisiológicas de la vía aérea en comparación con los adultos. Esta información sirvió de base para considerar un tema de vital importancia y en las sesiones de trabajo con el asesor se plantearon varias propuestas sobre el tema. Debido a que es un nuevo método, se consideró evaluar la eficacia de la oxigenoterapia de alto flujo como una alternativa para la ventilación mecánica en el paciente pediátrico. De ahí que se propusiera llevar a cabo una investigación documental mediante una secuencia lógica y ordenada para aclarar su eficacia, de cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo y proporcionar al lector la información necesaria para ampliar sus conocimientos relacionados con el tema.

El primer capítulo ofrece dar una amplia información sobre cómo es la estructura anatómica y fisiológica de un paciente pediátrico en comparación de un paciente adulto. En el segundo capítulo se incluye información sobre la oxigenoterapia de alto flujo, su mecanismo de acción, indicaciones, modo de uso, ventajas y efectos adversos. El tercer capítulo explica cuáles son los predictores clínicos y gasométricos de éxito de la oxigenoterapia de alto flujo en los pacientes pediátricos. El cuarto capítulo menciona cuales son las contraindicaciones de utilizar este método en el paciente pediátrico. Y, por último, el quinto capítulo corresponde a la revisión final, siendo un análisis de información y dar por concluida la respuesta a la pregunta de investigación que se planteó.

**Autoras: María Alejandra Abigail de León Palomo y Eleany Madelein Muñoz Torre**

## INTRODUCCIÓN

En el paciente pediátrico la urgencia respiratoria es uno de los motivos más frecuentes de ingreso hospitalario, y la mayoría de los casos requiere ventilación invasiva. Inicialmente, la oxigenoterapia de alto flujo (OAF) comenzó a utilizarse como un soporte respiratorio alternativo a la presión nasal positiva continua en las vías respiratorias (CPAP) en pacientes prematuros. Sin embargo, en la actualidad se ha presentado como una alternativa viable y útil a la oxigenoterapia convencional en pacientes con dificultad respiratoria moderada, especialmente en niños lactantes que cursan con patologías respiratorias como bronquiolitis. No obstante, la experiencia de este método es limitada y se encuentra en pleno crecimiento.<sup>1-5</sup>

La OAF es una modalidad de soporte respiratorio no invasivo cada vez más difundida en la población pediátrica, por su mecanismo de acción y su fácil aplicación, ya que permite administrar mezcla de aire y oxígeno calentado y humidificado, con flujos elevados, que dan un cierto nivel de presión positiva en la vía aérea, cubriendo las demandas del paciente. El sistema de oxigenoterapia de alto flujo en cánula nasal (CNAF) consta de un flujo que contiene oxígeno de 21% a 100% hasta 60L/min (litros por minuto). Este gas se calienta y se humidifica cuando pasa a través de un humidificador especial que permite entregarlo a través de un tubo, siempre manteniendo la temperatura elevada. Este circuito está conectado a una cánula nasal de silicón, la cual debe utilizarse en el tamaño correspondiente para el paciente. Originalmente, este método es restringido a las unidades de cuidados intensivos. Sin embargo, en la actualidad se ha expandido a los departamentos de emergencia, servicios de hospitales, transporte pre e interhospitalario y rara vez como un tratamiento domiciliario.<sup>6,7</sup>

En los últimos años, en las salas de pediatría y en las unidades de cuidado intensivo la CNAF se ha hecho popular, ya que es un sistema de oxigenoterapia eficaz en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda (IRA), tanto como soporte inicial, así como después de la extubación. También se ha comprobado este método en patologías respiratorias en pacientes pediátricos tales como neumonía, asma, croup, sibilancias, estridor post extubación, enfermedades neuromusculares y apnea en prematuros.<sup>7-9</sup>

Se ha propuesto que la CNAF puede tener potentes beneficios en el paciente pediátrico con insuficiencia respiratoria aguda. Entre estos se pueden mencionar, que es un método mejor tolerado, cómodo, pocos efectos adversos, mejoría en la oxigenación, calentamiento y humidificación de gas para reducir el moco intraluminal y permitir que, entre alto flujo, lavando dióxido de carbono en la vía aérea superior. Estos beneficios son bien tolerados por los niños,

por lo tanto, se considera que podría evitar que el paciente necesite un método de oxigenoterapia más invasivo como la ventilación mecánica, disminuyendo ingresos a la unidad de cuidados intensivos.<sup>7,8</sup>

Si bien, a partir de los estudios preliminares con OAF en niños parece que hay un probable beneficio de su uso, aún existe poca solidez en la evidencia respecto a su eficacia. Portanto, ya que la OAF sigue siendo una práctica nueva y una opción terapéutica diferente que aporta beneficios en pacientes con infecciones respiratorias bajas en general, se consideró importante la realización de este estudio con el fin de valorar la eficacia de la OAF como una alternativa para la ventilación no invasiva en el paciente pediátrico y así ser considerado como una opción terapéutica en investigaciones y aplicaciones futuras. Al tener en cuenta esta información, se considera que la posible conclusión de este trabajo de investigación es que la OAF es un método eficaz para el tratamiento de pacientes con afecciones respiratorias y una terapia alternativa para la ventilación no invasiva, que por su mecanismo de acción y forma de uso brinda a los pacientes lo mejores beneficios evitando así llegar a un fallo respiratorio y necesitar un método más invasivo como el tubo endotraqueal, evitando ingresos a la unidad de cuidados intensivos, reduciendo las complicaciones y disminuyendo la mortalidad en los pacientes pediátricos.<sup>3,5,8-10</sup>

Por ello, el propósito de este trabajo es revisar y recopilar la información de la bibliografía y estudios existentes sobre el uso de OAF en pacientes pediátricos en los últimos cinco años, tanto en los entornos hospitalarios de Latinoamérica como de Europa y con ello se pretende responder y aportar información con relación a la pregunta de investigación, ¿Es la oxigenoterapia de alto flujo una alternativa eficaz para la ventilación no invasiva en pacientes pediátricos?

## **OBJETIVOS**

### **General**

Valorar la eficacia de la oxigenoterapia de alto flujo como alternativa para la ventilación no invasiva en pacientes pediátricos.

### **Específicos**

1. Conocer si la aplicación de la oxigenoterapia de alto flujo en cánulas nasales disminuye la necesidad de ventilación invasiva en el paciente pediátrico con patología respiratoria.
2. Determinar los criterios clínicos y gasométricos predictores de éxito al utilizar la oxigenoterapia de alto flujo en cánulas nasales en el paciente pediátrico con patología respiratoria.
3. Conocer las contraindicaciones del uso de la oxigenoterapia de alto flujo en el paciente pediátrico con patología respiratoria.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS

**Tipo de estudio:** Se realizó una investigación documental tipo monografía de compilación, por medio de la búsqueda de publicaciones en línea del área de pediatría, tales como revisiones sistemáticas, revistas científicas, artículos científicos, metanálisis, como fuentes primarias y secundarias como libros de texto y enciclopedias. También fue recopilada la información de artículos de revisión para valorar la eficacia de la oxigenoterapia de alto flujo como una alternativa para la ventilación no invasiva en el paciente pediátrico.

**Diseño:** de tipo descriptivo

**Fuentes de información:** Se dio preferencia a publicaciones en idioma inglés y español, publicados en los últimos cinco años (2015-2020) y que presenten un diseño de estudio observacional, analítico o descriptivo. También se tomó en cuenta todas aquellas publicaciones actuales y clásicas. La revisión bibliográfica se realizó por medio de base de datos y sitios de búsqueda como PubMed, Embase, UptoDate, Cochrane, Lilacs, Scopus y CINAHL.

**Descriptores:** Se utilizaron términos de búsqueda mediante los motores descritos anteriormente. Los términos de búsqueda en español fueron: “oxigenoterapia”, “alto flujo”, “infección respiratoria aguda baja”, “cánula nasal”, “Dificultad respiratoria”, “insuficiencia respiratoria aguda”, “pediatría”, “niños”; en inglés fueron: "high flow", "oxygen therapy", "respiratory failure", "nasal cannula", "respiratory distress", "pediatrics" y "children". Fueron utilizados los filtros “full text” para obtener los artículos completos y originales, y se tomó en consideración el rango de años para la búsqueda de la información. El gestor bibliográfico que se utilizó corresponde a Mendeley, el cual contiene el fichero bibliográfico del presente trabajo.

**Selección de materiales utilizados:** Se presenta una matriz sobre el tipo de estudio del qué se recopiló la información encontrada para la presente monografía, los términos utilizados para cada uno y el número de artículos que se encontraron y utilizaron para este trabajo. (Anexo 1).

# **CAPÍTULO 1. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA RESPIRATORIA DEL PACIENTE PEDIÁTRICO**

## **SUMARIO**

- Etapas del desarrollo del aparato respiratorio
- Estructuras anatómicas que conforman el aparato respiratorio y lo dividen en vía aérea alta y baja
- Características anatomofuncionales que diferencian el aparato respiratorio del niño al adulto

El proceso de formación de un ser funcional es el resultado de un evento altamente regulado por diferentes vías de señalización y mecanismos capaces de conformar una red molecular entrelazada. Estas vías actúan controlando procesos celulares fundamentales, tales como: supervivencia, proliferación, diferenciación, migración y apoptosis, entre otras, teniendo como resultado final la formación de órganos y sistemas. Ejemplo de ello es lo que ocurre en el desarrollo pulmonar, el cual ocurre como un proceso dinámico y complejo, que se caracteriza por una serie de pasos controlados por factores genéticos, que suceden durante la vida pre y posnatal temprana por lo que tienen influencia en la salud respiratoria del niño y el adulto. Este proceso de desarrollo para efectos de su comprensión se ha descrito en etapas basadas en su morfología.<sup>11,12</sup>

### **1.1. Etapas del desarrollo del aparato respiratorio**

La conformación del sistema respiratorio sigue el principio de morfogénesis de ramificación a lo largo de la gestación, en donde a partir del endodermo se comienza a proliferar generando una estructura rodeada por células del mesénquima de forma tubular ramificada. Esta ramificación se divide en cinco fases: embrionaria, pseudoglandular, canalicular, sacular y alveolar.<sup>11,12</sup>

Las primeras cuatro tienen como resultado la estructura ramificada que termina en sacos alveolares rodeados de vasos sanguíneos, parte del desarrollo prenatal, mientras que la fase

alveolar comienza a partir de la semana 34 de gestación y culmina entre los 8 a 10 años de vida, los sacos terminales dan lugar a conductos maduros y alvéolos. <sup>11</sup>

### **1.1.1 Etapa embrionaria**

Comprendida entre la cuarta y séptima semana de embarazo, el brote pulmonar se origina a partir de un divertículo de células epiteliales del endodermo del intestino primitivo anterior, dirigiéndose en dirección ventrocaudal alrededor del día 24 al 26 de gestación. A partir de ahí penetra hacia el mesénquima circundante y crece por divisiones dicotómicas para formar las estructuras proximales del árbol traqueobronquial, el epitelio del árbol respiratorio desde la vía aérea central hasta los neumocitos que recubren los alveolos, mientras que el músculo liso, cartílago, tejido conectivo y vasculatura pulmonar se origina del mesénquima. <sup>13,14</sup>

En el día 33 aproximadamente, ocurre la división de las dos ramas principales y los brotes pulmonares yacen en ambos lados del futuro esófago. Al parecer, el mesoderma circundante es el que regula la ramificación del árbol traqueobronquial. Hacia el día 37, los bronquiolos lobares inician su formación mientras que al final de esta etapa (día 42) ya pueden ser reconocidos los 19 segmentos pulmonares. Para el día 34 de gestación, se ha formado la red capilar alrededor de cada futuro bronquio principal y este plexo se comunica en dirección cefálica con el saco aórtico mediante las arterias pulmonares y hacia caudal con el seno venoso mediante las venas pulmonares. En este punto ya hay evidencia de células sanguíneas circulantes y estos capilares coalescen para formar pequeños vasos sanguíneos a lo largo de la vía aérea. <sup>13,14</sup>

Si se producen anomalías en esta etapa, algunas malformaciones que pueden presentarse son: agenesia pulmonar, laríngea o traqueal, estenosis laríngea, traqueobroncomalacia, malformaciones bronquiales, quistes pulmonares (como el quiste broncogénico) y fístula traqueoesofágica. <sup>15</sup>

### **1.1.2 Etapa pseudoglandular**

Etapa que transcurre entre séptima y diecisieteava semana gestacional, su nombre deriva por el aspecto glandular que toma a partir del término de los bronquiolos en un fondo de saco ciego en el estroma primitivo. <sup>13,14</sup>

El desarrollo de las vías aéreas principales se lleva acabo en esta etapa, a través de una división sucesiva y dicotómica. Las células de la pared bronquial se desarrollan desde el mesénquima y darán origen al cartílago, músculo liso bronquial y glándulas submucosas. Además, el epitelio columnar pseudoestratificado va siendo remplazado en forma progresiva por células columnares más altas en la región proximal de la vía aérea y en células cuboidales hacia la periferia. La vasculatura de la región se ramifica siguiendo la vía aérea, que actúa como un molde, en la medida que un nuevo brote penetra el mesénquima, un nuevo plexo capilar lo rodea para unirse luego a los vasos preexistente, extendiendo así los vasos arteriales y venosos. La vasculogénesis continúa desarrollándose hasta las 17 semanas en la cual toda la vía aérea preacinar y sus respectivas venas y arterias ya se han formado y el número definitivo de bronquiolos terminales se ha completado al final de esta etapa.<sup>13,14</sup>

La falla de la división normal de las estructuras de las vías respiratorias en esta etapa puede provocar malformación congénita de la vía aérea pulmonar, linfangectasia pulmonar congénita, hipoplasia pulmonar, quistes pulmonares, secuestro pulmonar y lo que es más importante, la falla de la membrana pleuroperitoneal para cerrarse en esta etapa puede resultar en una hernia diafragmática congénita.<sup>15</sup>

### **1.1.3 Etapa canalicular**

Periodo que se desarrolla entre la semana 17 y 27 de gestación, en ella aparecen todos los componentes que intervienen en el inicio de la ventilación pulmonar, dando paso a las estructuras acinares, esto a partir de la formación de los bronquiolos respiratorios y ductos alveolares con forma de saco. Además, se presenta un aumento del calibre de los conductos formados en el período anterior y se intensifica la vasculatura del órgano. Ocurre un progresivo adelgazamiento epitelial que permite un íntimo contacto con el lecho capilar cercano, el epitelio cuboidal se diferencia y los ductos alveolares revestidos de células alveolares, neumocitos tipo 2, los cuales darán origen a los neumocitos tipo 1 en la medida que se relacionen estrechamente con los capilares y recubrirán los sacos distales.<sup>13,14</sup>

La barrera alveolo-capilar ha quedado establecida hacia las 24 semanas de gestación, con un grosor similar al del adulto de aproximadamente 0.2  $\mu$ m y el área disponible para el intercambio gaseoso permite que puedan sobrevivir los prematuros extremos. Los neumocitos tipo II aumentan su metabolismo y se preparan para sintetizar surfactante observándose

proteínas del surfactante en la forma de cuerpos laminares en el citoplasma. Hacia el final de esta etapa el pulmón en su periferia se encuentra constituido por sáculos transitorios, de paredes finas que se han formado por la disminución de la cantidad de mesénquima. Si se produce una anomalía en el desarrollo durante esta etapa puede desencadenarse hipoplasia pulmonar o una displasia acinar.<sup>14,15</sup>

#### **1.1.4 Etapa sacular**

Esta etapa se desarrolla durante la semana gestacional 28 a la 36. Durante este período la vía aérea periférica continúa dividiéndose, formando a partir de los bronquiolos terminales 3 generaciones de bronquiolos respiratorios y de estos a su vez se generan 3 sáculos terminales que aumentan la superficie de intercambio gaseoso produciendo el adelgazamiento de la pared hasta formar los septos primarios. Por otra parte, se inicia la preparación para darle paso a la etapa alveolar, por lo que se depositan fibras elásticas en los puntos donde surgirán los futuros septos secundarios. Se da un aumento en el número de cuerpos laminares por los neumocitos tipo II y continúa la diferenciación hacia neumocitos tipo I. A partir de las 25 semanas de gestación las arterias que irrigan los ductos alveolares inician su desarrollo el cuál concluye hacia los 18 meses después del nacimiento. Mientras que los alveolos comienzan a aparecer después de las 30 semanas y junto a ellos se van desarrollando los pequeños vasos pre y post capilares.<sup>13,14</sup>

#### **1.1.5 Etapa alveolar**

Este período se desarrolla durante las 36 semanas de gestación y los 2 a 3 años de vida. Su inicio se define por la aparición de prominencias pequeñas en ambos lados de las paredes saculares, que originan una división de los sáculos en unidades menores denominados alvéolos, esto por depósito de fibras elásticas. Además, se formarán de ellos en menor medida bronquiolos respiratorios y ductos transitorios. Por otro lado, a partir de una doble asa capilar se dará la formación de septos secundarios separados por una vaina de tejido conectivo, proceso conocido como maduración microvascular.<sup>13,14</sup>

Durante este período se produce una marcada proliferación de todos los tipos celulares. Las células del mesénquima proliferan y depositan la matriz extracelular necesaria y los neumocitos tipo I y II aumentan su número delineando las paredes alveolares, donde aproximadamente de 85 a 90% de la superficie estará recubierta de neumocitos tipo I. Por otro

lado, se incrementa el tamaño de las venas y arterias proximales, lo que permite el aumento del flujo y volumen sanguíneo al lecho capilar en crecimiento. Los resultados de estos procesos generan un aumento de la superficie de intercambio gaseoso y una preparación de las células de la vía aérea para responder al medio ambiente extrauterino. Las alteraciones en esta etapa, tanto sacular como alveolar, pueden tener como resultado el desarrollo de patologías como hipoplasia pulmonar, displasia acinar y displasia alveolocapilar. <sup>11,14,15</sup>

#### **1.1.6 Desarrollo postnatal**

El mayor desarrollo del parénquima pulmonar se produce después del nacimiento. Produciéndose una formación acelerada de alvéolos en los primeros meses de vida, sobre todo en los dos primeros años, con una maduración de los ductos transicionales y sáculos alveolares, por lo que se prolonga la fase alveolar hasta los 2 a 3 años con un aumento del número de alveolos más que de su tamaño. <sup>13,14</sup>

Se experimenta un crecimiento masivo de las células epiteliales de los septos secundarios seguido de procesos de apoptosis que permiten su remodelación a nivel del sistema de irrigación, esto desde un asa capilar doble hacia la morfología definitiva con un asa capilar única. Entre los 3 y 8 años de vida, el crecimiento pulmonar presenta un aumento del número y del tamaño alveolar y posteriormente el crecimiento del pulmón se dará acorde con el resto del organismo hasta los 18 años. Se estima que al nacer el número de alveolos es de 20 a 50 millones alcanzando los 300 millones hacia los 8 años. En cuanto a la superficie de intercambio gaseoso, se estima que corresponde a unos 2.8 mt<sup>2</sup> al nacer y a los 8 años consigue hasta 32 mt<sup>2</sup> hasta llegar a la adultez con 75 mt<sup>2</sup>. <sup>13,15</sup>

### **1.2 Estructuras anatómicas que conforman el aparato respiratorio y lo dividen en vía aérea alta y baja**

Considerando el cartílago cricoides como un límite anatómico, se puede dividir el aparato respiratorio en vía aérea alta y baja, mientras que, desde el punto de vista funcional, puede clasificarse en vía extratorácica e intratorácica. Además, la vía aérea se compone de compartimientos funcionales, los cuales son: una zona de conducción proximal que consiste en el árbol traqueobronquial hasta la generación 16, la zona de transición, zona respiratoria y finalmente la región alveolar. <sup>16</sup>

### 1.2.1 Vía aérea alta

Las características de la nariz particularmente permiten que la vía aérea alta cumpla su función protectora. Además, la nariz cumple otras funciones tales como calentamiento, filtración y humidificación del aire en su paso por los cornetes, estructuras que se encuentran altamente vascularizadas y con una gran área de exposición que concentran el aire en una corriente pequeña logrando dichas funciones. La vía aérea alta aporta una resistencia importante a la vía aérea en general, presentándose el 50% de esta en la nariz, alcanzando hasta un 80% en recién nacidos. Por eso, que cualquier compromiso de la vía aérea nasal en lactantes (secreciones, cuerpo extraño) que son principalmente respiradores nasales significará la aparición de uso de musculatura accesoria y retracción costal.<sup>16</sup>

La faringe es una zona formada por músculos constrictores y la base de la lengua que combina las funciones tanto del aparato digestivo como el sistema respiratorio, ubicado entre la base del cráneo y el borde inferior del cartílago cricoides y se considera una zona colapsable. Se divide en tres regiones las cuales corresponden a la nasofaringe, orofaringe e hipofaringe. Durante la respiración para evitar el colapso de la vía aérea alta durante la inspiración el tono muscular indemne es fundamental, mientras que en el periodo de sueño disminuye el tono muscular y la acción de los músculos dilatadores considerablemente, favoreciendo el cierre de la vía aérea con la disminución de su diámetro y en ocasiones se produce el colapso produciendo apneas obstructivas.<sup>13,16,17</sup>

La laringe es un órgano que desempeña funciones de fonación y de válvula de protección para evitar la broncoaspiración. Está situada en la parte anterior del cuello y descansa a nivel de las vértebras C4-C6 mientras que, el hueso hioides es el encargado de mantenerla en posición. Mide de 5 a 7 cm siendo más corta en las mujeres y presenta forma de una pirámide triangular invertida formada por piezas cartilaginosas que se articulan entre sí. Cuenta con 3 zonas, la zona supraglótica, que contiene la epiglotis y los aritenoides, la zona de la glotis, que cuenta con las cuerdas vocales y las comisuras y la tercera, la zona subglótica, que abarca aproximadamente 1 cm hasta el cartílago cricoides. Está conformada por nueve cartílagos de los cuales tres son pares y tres impares: cricoides, tiroides, epiglotis, aritenoides, corniculados y cuneiformes. Estas estructuras resultan ser útiles durante el manejo de la vía aérea. En algunas bibliografías es un órgano considerado de la vía aérea alta mientras que en algunas otras de la vía aérea baja por lo que puede ser considerada el área de transición entre ambas.<sup>16-18</sup>

### 1.2.2 Vía aérea baja

La vía aérea baja inicia a partir del árbol traqueobronquial el cual comienza con la tráquea, un tubo fibromuscular con anillos de cartílago en forma de “C” incompletos hacia la zona posterior unidos por fibras elásticas longitudinales que permiten a la tráquea estirarse y contraerse conforme los pulmones se mueven durante el ciclo respiratorio. Se extiende desde la laringe y por delante del esófago hasta la carina, donde se divide en los bronquios principales o fuente derecha e izquierda. Posteriormente, se divide de manera dicotómica en 23 generaciones, las cuales presentan distintas resistencias al flujo del aire, distribuyendo de manera heterogénea los gases y partículas inhaladas. El bronquio derecho tiende a ser más paralelo a la tráquea, mientras el bronquio izquierdo es más perpendicular a ésta, predisponiendo un mayor riesgo de intubación selectiva derecha por esta característica anatómica. El bronquio derecho mide 3 cm siendo más ancho que el izquierdo y tiene tres bronquios segmentarios, el superior, medio e inferior, mientras que el izquierdo es más largo 4-5 cm y más estrecho con dos bronquios segmentarios, el superior y el inferior o llingula. <sup>13,16-18</sup>

La última porción del árbol traqueobronquial corresponde a los alvéolos, celdas dispuestas en racimos similares a un panal de abejas, los cuales forman sacos alveolares, cuya principal función es el intercambio gaseoso. En el nacimiento ya se presentan entre 45 a 50 millones de alvéolos aproximadamente alcanzando un total de 300 a 400 millones al final del desarrollo completo del sistema respiratorio. Los alvéolos están conformados por los neumocitos tipo I los cuales son planos y donde ocurre el intercambio gaseoso mientras que los neumocitos tipo II por su parte son cuboidales, presentan cuerpos lamelares y son los encargados de producir el surfactante, que cumple la función de disminuir la tensión superficial de la interfase entre el aire y líquido y así evitar el colapso de los bronquiolos terminales y la zona alveolar. <sup>13,16-18</sup>

Los pulmones presentan forma cónica, se alojan en la caja torácica sobre el diafragma, separando el mediastino y un apéndice ubicado a 3 cm por delante de la primera costilla. Ambos pulmones están envueltos en una cavidad pleural propia, siendo blandos, ligeros y esponjosos. Presentando una elasticidad para retraerse hasta un tercio de su volumen. Su distensibilidad y estabilidad dependen de su soporte fibroso pulmonar formado por elastina y colágeno. <sup>13,16</sup>

### **1.3 . Características anatomofuncionales que diferencian el aparato respiratorio del niño al adulto**

Entre la vía aérea del adulto y el niño existen diferencias importantes, las cuales son más notables cuanto más pequeño es el niño, sin embargo, estas se limitarán al final de la infancia y adolescencia a una diferencia en el tamaño<sup>19</sup>

La función del aparato respiratorio inicia de forma inmediata con la primera inspiración al momento del nacimiento, debiendo vencer una gran resistencia para poder llevar el aire desde la atmósfera a los alvéolos.<sup>13</sup>

#### **1.3.1 Vía aérea alta**

La nariz en los niños, después de la glotis, es el lugar con mayor resistencia al paso del aire, de ahí la importancia de mantenerla despejada. Dicha resistencia está aumentada en el árbol bronquial del niño, ya que su diámetro es menor tanto a nivel superior como inferior, incluso las narinas en los neonatos son muy estrechas por lo que es frecuente la obstrucción por tapón de moco que provoca dificultad respiratoria y problemas en la alimentación. La lengua tiene un tamaño proporcionalmente mayor, ocupando completamente la cavidad oral, por lo que los niños al nacer son respiradores nasales obligados.<sup>13,20,21</sup>

La faringe de los niños se caracteriza por presentar las trompas de Eustaquio más horizontalizadas lo que favorece la diseminación de procesos infecciosos hasta el oído. Mientras que, la laringe se encuentra más alta en el neonato, a la altura de la primera vértebra cervical mientras que, en el adulto a la altura de la quinta. En menores de 8 a 10 años esta tiene forma de cono, en cuya base se encuentra la parte más estrecha, el anillo cricoides, en contraste con la laringe del adulto, que es de forma cilíndrica, siendo las cuerdas vocales su porción más estrecha.

<sup>13,16,19,20</sup>

#### **1.3.2 Vía aérea baja**

La vía aérea traqueobronquial del paciente pediátrico es de menor tamaño, diámetro, longitud y calibre que la del adulto. Debido a su menor superficie luminal existe un mayor riesgo de cuadros obstructivos graves mientras más pequeño es el paciente. Además, la vía aérea baja presenta una distensibilidad mayor y un menor desarrollo de cartílagos de soporte en

comparación con el adulto, las fibras musculares circulares tienen menor tono lo que facilita el colapso dinámico de la vía aérea durante los cambios diversos de presión durante el ciclo ventilatorio del paciente sano y, por tanto, éste es mucho más intenso en los pacientes que presentan alguna patología respiratoria obstructiva.<sup>13,20</sup>

La respiración y el mantenimiento de la capacidad pulmonar en el neonato y lactante depende en gran medida de la musculatura respiratoria, esto debido a que la pared torácica es más flexible. Esta flexibilidad se atribuye a las costillas blandas no calcificadas, que a su vez se encuentran horizontalizadas, lo que aumenta el trabajo respiratorio en ellos, tomando en cuenta que el parénquima pulmonar suele ser más rígido y presentar menor distensibilidad.<sup>19,21</sup>

La expansión anteroposterior y transversal del tórax, es menos acentuada en el recién nacido y el lactante menor y su ventilación es fundamentalmente diafragmática, sin embargo, la musculatura diafragmática e intercostal del neonato y lactante es pobre en miofibrillas tipo I, que permiten los movimientos repetitivos, por lo que un aumento del trabajo respiratorio causado por cualquier condición puede provocar fatiga muscular y fracaso respiratorio. Además, estos pacientes presentan un centro respiratorio inmaduro por lo que tendrá menor respuesta ante la hipercapnia y sensibilidad a la variación del pH. En definitiva, estas características anatómicas y funcionales en el niño tienen como resultado una menor eficacia de la ventilación especialmente en el lactante y neonato cuando la comparamos con el adulto. Por tal motivo, en caso de apnea o ventilación alveolar inadecuada los niños presentan hipoxemia con mayor rapidez.<sup>19,20</sup>

Por lo tanto, al conocer la anatomía y fisiología del aparato respiratorio pediátrico e identificar las diferencias de este entre el niño y el adulto, se comprende mejor el por qué el paciente pediátrico tiene mayor riesgo a padecer con frecuencia enfermedades que afectan el aparato respiratorio y cuya complicación implica un fallo respiratorio, cuyo tratamiento inicial es la oxigenoterapia. Actualmente, el método de alto flujo ha mostrado efectos beneficiosos en la atención de estos pacientes por lo que es necesario conocer las generalidades de este método para poder aplicarlo. Por su importancia, estas generalidades se mencionan en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO 2. GENERALIDADES DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO**

### **SUMARIO**

- Definición
- Mecanismo de acción
- Indicaciones de la oxigenoterapia de alto flujo
- Métodos de administración de la oxigenoterapia de alto flujo
- Ventajas e inconvenientes de la utilización de la oxigenoterapia de alto flujo en cánulas nasales
- Patologías respiratorias que afectan las vías aéreas y se requiera la necesidad del alto flujo

### **2.1 Definición**

La OAF ha sido utilizada recientemente como una alternativa a la oxigenoterapia convencional. Este tratamiento de oxigenoterapia consiste en un método que no es invasivo y se utiliza como una técnica de soporte a nivel respiratorio, este consta de un sistema que ofrece una mezcla de oxígeno y aire, estos gases se encuentran por encima del flujo pico inspiratorio del paciente y son transportados a través de una cánula binasal especial. La OAF se inició anteriormente en pacientes prematuros ingresados en el área de unidad de cuidados intensivos neonatal (UCIN), y así mismo en todos aquellos pacientes con distress respiratorio, coadyuvante en la extubación y con apneas. Conforme han pasado los años, la OAF se ha extendido tanto a la población adulta como a la población pediátrica, actualmente siendo utilizado este método como una herramienta de apoyo ventilatorio.<sup>10,22-24</sup>

En la OAF para evitar la condensación y daño en la vía aérea, se administra oxígeno, ya sea solo o puede ser mezclado con aire a través de un humidificador a 1-2 L/min (litro por minuto) en neonatos y flujos más altos de 6 L/min hasta 60 L/min en lactantes, niños mayores y adultos, esta técnica debe mantener una humedad y calefacción requeridas ya que esto favorece su tolerancia.<sup>9,22-24</sup>

## 2.2 Mecanismo de acción

Entre los mecanismos de acción que explicarían la eficiencia del alto flujo se encuentran:

- Wash out o lavado del espacio muerto nasofaríngeo: Como se mencionó anteriormente según la anatomía del niño, el espacio de la vía aérea del paciente pediátrico es el doble a comparación de un adulto, siendo el de un recién nacido de 3m/Kg y de un niño de 6 años de 0.8ml/Kg. Al utilizar la CNAF en estos pacientes, se lava el CO<sub>2</sub>, se provee un reservorio de gas fresco alto de O<sub>2</sub> para la nueva ventilación y así mismo evita la reinhalación.<sup>8,25</sup>
- Calentamiento y humidificación: La humedad de este método es relativa del 100% y la administración del gas calentado a temperatura corporal corresponde a 37 grados centígrados, esto mejora el movimiento ciliar, mantiene la mucosa nasal y da un aclaramiento de secreciones. Además, se reduce el trabajo metabólico que se necesita para poder calentar y humidificar el aire externo, y evita la hiperrespuesta bronquial asociada a la inhalación de gas seco y frío especialmente en pacientes asmáticos.<sup>1,2,9,25</sup>
- Presión faríngea positiva: Las tasas de flujos altas proporcionan una presión de distensión positiva en la faringe, lo que puede prevenir el colapso y contribuye a la disminución del trabajo respiratorio, reducción de apneas por obstrucción, reducción de la actividad eléctrica del diafragma y reducción de la presión del esófago.<sup>9,25,26</sup>
- Disminución de la resistencia de las vías respiratorias superiores: Se debe a que este método ofrece y proporciona flujos de aire y oxígeno que igualan o superan las tasas de flujo inspiratorio espontáneo.<sup>26</sup>

## 2.3 Indicaciones de la oxigenoterapia de alto flujo

Las indicaciones para utilizar la OAF en pediatría no se encuentran establecidas, sin embargo, las indicaciones son similares a las del CPAP en los adultos. El uso de la OAF está indicado en aquellos pacientes que cursan con fracaso respiratorio de tipo I (son aquellos pacientes que cursan con hipoxemia, pero sin evidencia de hipercapnia y que necesitan FIO<sub>2</sub> >0.4 en mascarilla), el uso de la OAF no se considera útil en pacientes que cursan con fracaso respiratorio de tipo II, esto se debe a que este método no disminuye los niveles de PaCO<sub>2</sub> y además, no es indicación en retenedores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ya que no se reduce el estímulo respiratorio que se desencadena debido a la hipoxia que se genera en la hipoventilación.

Otras indicaciones para usar la OAF son: como soporte respiratorio tras la extubación de ventilación mecánica, en pacientes con dificultad respiratoria que cursen patologías como bronquiolitis, insuficiencia cardiaca congestiva y neumonía, como soporte en pacientes pediátricos con enfermedades neuromusculares, como destete de CPAP y en apnea del prematuro.<sup>9,25,27-29</sup>

## **2.4 Métodos de administración de la oxigenoterapia de alto flujo**

Se ha evidenciado que, en todos los grupos de edad, siendo estos los neonatos, niños lactantes, niños mayores y adultos se puede administrar la OAF. Para la administración de la OAF existen varios sistemas, sin embargo, no se ha demostrado evidencia de cuál es mejor y cuál demuestra mayor superioridad.<sup>9</sup>

Para la administración de la OAF se necesitan de 4 componentes, los cuales se mencionan a continuación:

1. Interface con el paciente pediátrico.
2. Sistema de administración del alto flujo, que controle este aparato y la FIO<sub>2</sub> administrada.
3. Sistema humidificador/calefactor
4. Tubuladura no condensante

### **2.4.1. Interface**

La interface consiste en la utilización de unas cánulas binasales especiales que son de diferente tamaño a las cánulas convencionales, siendo más largas, de silicona y, además, existen de varios tamaños según la edad del paciente. Se deben colocar las que mejor se adapten al paciente, y en aquellos con traqueostomía se debe de colocar adaptadores especiales.<sup>2</sup>

#### **2.4.2. Controlador de flujo y fracción inspirada de oxígeno**

Existen 2 tipos de sistemas que permiten administrar el gas a un alto flujo (0-60L/min) y, además, modificar la FIO<sub>2</sub> administrada.<sup>2</sup>

- Un sistema que consta de una mezcla de aire comprimido con oxígeno a través de 2 tomas de pared independientes que se encuentran conectadas con una pieza en forma de Y o a través de respiradores comerciales. (Lubeck, Alemania, Dräger), entre otros.
- Un sistema que consta de una mezcla de oxígeno con aire ambiente a través de una turbina, tales son los sistemas de Fisher & Paykel, Healthcare (más utilizado), AirvoTM, Nueva Zelanda y Auck-land.<sup>2</sup>

#### **2.4.3. Humidificador –calefactor**

Los sistemas de humidificación administran el gas calentado a una temperatura corporal, siendo esta de 37 grados centígrados y con humedad del 100%, esta humidificación efectiva de gas administrado es fundamental para el uso clínico.<sup>2</sup>

#### **2.4.4. Tubuladuras no condensantes**

Al elegir la tubuladura se debe tomar en cuenta que estos sistemas ya mencionados deberían de tener mecanismos para reducir y prevenir la condensación en ellas, ya que se ha evidenciado el aumento de infecciones en los pacientes.<sup>2</sup>

#### **2.4.5 Modo de empleo**

El flujo de aire y oxígeno se emplea según el peso del paciente, si pesa menos de 15 kilogramos (Kg) se utiliza un caudalímetro de flujo de 0-15 L/min, este flujo se considera estándar y si pesa más de 15 kg se utiliza un caudalímetro que se considera de alto flujo, ya que ofrece hasta 50L/min.<sup>9</sup>

Además de los gases de aire/oxígeno, los otros materiales a utilizar son un humidificador de placa calentadora y un circuito para unir el humidificador. Este circuito es de tamaño variable, dependiendo del peso del paciente. Si son niños menores a 12.5kg se utiliza un tamaño de 12mm

especialmente para niños y si son mayores de 12.5 kg se utiliza un circuito de 22mm especial para adultos.<sup>9</sup>

Se necesita una cánula nasal, de las cuales hay de distinto tamaño y se utilizan también en base al peso. Si son niños menores de 10kg se emplea una cánula infantil- pediátrica que otorga un flujo máximo de 20 a 25L/min y si son mayores de 10kg se emplea una cánula tamaño adulto que otorga un flujo máximo de 50L/min. Cabe recalcar, que estas cánulas no deben ocluir totalmente las fosas nasales.<sup>9</sup>

#### **2.4.5.1 Inicio**

Al colocar las cánulas es aconsejable empezar con flujos bajos, dependiendo del peso del paciente pediátrico. Si el niño es menor a 10Kg son 2 litros por Kg por minuto, si el paciente es mayor a 10 Kg son 2 litros por Kg por minuto para los primeros 10Kg y a esto se le suma 0.5L/Kg/min por cada Kg por encima de 10. A grandes rasgos, se puede utilizar un flujo al inicio entre 30 y 40 L/min. Se aumenta el flujo a los pocos minutos con el fin de que el paciente se pueda adaptar al alto flujo.<sup>2,9</sup>

Con respecto a la FiO<sub>2</sub> a utilizar, se debe administrar la que sea necesaria con el fin de llegar la saturación arterial de oxígeno deseada. Por lo que puede comenzarse con una FIO<sub>2</sub> con 50-60% con el objetivo de mantener un SpO<sub>2</sub> de 93% a 97%. También, es importante asegurar que el humidificador alcance la temperatura adecuada, esta temperatura corresponde a 37 grados centígrados para poder administrar el gas.<sup>2</sup>

#### **2.4.5.2 Monitorización del paciente con OAF**

Se recomienda evaluar al paciente pediátrico a cada hora. Es importante monitorizar en estos pacientes, lo siguiente:

- La frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria, las cuáles deberían reducir un 20% a las 2 horas de inicio de OAF.<sup>9,30,31</sup>
- El Score de Wood-Downes (ver anexo 2)

Al pasar las dos horas del inicio de la OAF, la SpO<sub>2</sub> debería de reducir la FIO<sub>2</sub> a ≤40% (la SpO<sub>2</sub> objetivo es de 93 y 97%), se debería seguir observando la estabilidad clínica del paciente, además los signos de dificultad respiratoria deberían de mejorar.<sup>9,30</sup>

### **2.4.5.3 Destete**

No existe evidencia acerca del periodo de tiempo que debería usarse la OAF. El destete debe ser progresivo y se recomienda iniciarlo cuando ocurra una disminución evidente del trabajo respiratorio, para esto se toma en cuenta la escala de Wood-Downes modificada por Ferres < a 3 puntos. Además, se inicia el destete cuando la frecuencia respiratoria y cardiaca se encuentre dentro de los rangos normales.<sup>28</sup>

Para lograr el destete, se comienza a disminuir el FIO<sub>2</sub> hasta lograr que sea menor de 0.5, se reduce el flujo a 5-10L/min, cada 1-2hrs, hasta alcanzar el nivel de inicio. Durante este proceso es importante monitorizar siempre la respuesta del paciente, observando su patrón respiratorio y su saturación.<sup>27</sup>

## **2.5. Ventajas e inconvenientes de la utilización de oxigenoterapia de alto flujo en cánulas nasales.**

Entre de las ventajas de la OAF se puede mencionar que este es un método más cómodo, según las evidencias científicas se refleja que la OAF se tolera muy bien, rápidamente y que incluso se puede decir que es mejor a la mayoría de otros métodos de oxigenoterapia. Entre las ventajas está que genera menos ruido, permite menos sequedad a nivel de las fosas nasales, y permite un mayor bienestar general. Esto se debe al mecanismo de acción mencionado, es decir, la humedad y el calor. Otra de las ventajas por mencionar es que el paciente puede ingerir sus alimentos normalmente, además, facilita la comunicación oral sin ser un impedimento. Cabe mencionar que el uso de la OAF es mejor tolerado que el uso del CPAP, es más fácil su modo de uso, es de menor costo, esto sumado a que reduce el tiempo de ingreso hospitalario y reduce el ingreso a la unidad de cuidados intensivos.<sup>9,30-32</sup>

Los inconvenientes son muy pocos por la buena tolerancia del sistema. Se han observado casos de distensión abdominal secundario a meteorismo en el paciente y casos de escapes aéreos como neumotórax. Esto se relaciona, probablemente, al tamaño incorrecto de las cánulas que se utilizan. Otro inconveniente puede ser el riesgo de contaminación de aquellos sistemas de alto flujo que emplean humidificadores y generadores de aerosol, ya que su contaminación podría contribuir a la transmisión de enfermedades respiratorias. Por ello, se insta a cambiar el sistema cada vez que se aplica a un paciente distinto y a limpiar diariamente los modelos reutilizables con jabón desinfectante.<sup>9,33</sup>

Otro inconveniente es el uso de la sonda nasogástrica mientras se utiliza el método de oxigenoterapia de alto flujo, ya que Siciliano et al. hacen referencia a un estudio que compara a dos grupos de lactantes con bronquiolitis bajo tratamiento con OAF, entre los que tuvieron éxito y los que fracasaron, se evidenció que la necesidad de usar una sonda nasogástrica se asoció con el fracaso de la terapia de CNAF y se debe considerar como un marcador de gravedad en los niños con diagnóstico de bronquiolitis, sirviendo como un parámetro de alerta temprana de otro soporte ventilatorio.<sup>34</sup>

## **2.6. Patologías respiratorias que afectan las vías aéreas y se requiera la necesidad del alto flujo**

En los pacientes pediátricos las principales causas de consulta al centro hospitalario corresponden a infecciones respiratorias agudas bajas (IRAB). Presentan hasta un 36% de las consultas en emergencia pediátrica, 25% corresponde a ingresos hospitalarios y 55% requiere posiblemente asistencia con oxigenoterapia. La mayoría de veces requieren asistencia ventilatoria mecánica, la incidencia de estas patologías aumenta durante la época de invierno. La etiología viral es la causa más frecuente y el agente más identificado en lactantes y en pacientes menores de 2 años corresponde al virus sincitial respiratorio (VSR). Por lo tanto, la bronquiolitis es la patología respiratoria principal más estudiada en la utilización de OAF. Este método es la modalidad de apoyo como primera línea preferida por muchos médicos tratantes. Dentro de otras IRAB en que se utiliza la OAF se mencionan la neumonía, bronquitis y crisis asmática.<sup>4,9,31,34-40</sup>

El tratamiento de OAF ha demostrado que es eficaz y seguro para pacientes pediátricos que cursan con bronquiolitis y asma. Este método se considera como una alternativa al CPAP en los pacientes que cursan con fallo respiratorio. Con respecto a las patologías antes mencionadas, cabe destacar que, respecto a las crisis asmáticas, no hay evidencia suficiente que respalde utilizar OAF como parte del tratamiento, por lo que el asma es una patología que aún es insuficiente para consolidarla dentro del resto de patologías en el cual se utilizan terapias de soporte respiratorio. Se ha evidenciado en estudios que al utilizar OAF en pacientes con crisis asmáticas se aumenta el gasto sanitario, ya que la vigilancia de estos pacientes debe ser más exhaustiva, se debe realizar continuamente una evaluación cardiopulmonar, y asignar personal de salud con experiencia durante el tratamiento. Además, se ha evidenciado que la alta concentración de oxígeno en la OAF puede retrasar el reconocimiento de una crisis asmática

grave y propiciar al paciente mayor riesgo de complicaciones, por lo que no se sugiere su uso en esta patología.<sup>41,42</sup>

Al conocer el mecanismo de acción de la OAF, se puede observar que su aplicación en las diferentes patologías respiratorias permite una mejoría en la oxigenación y constituye además un método que brinda confort y muchos otros beneficios en el paciente con insuficiencia respiratoria. Aun así, se deben disponer de parámetros que nos permitan reconocer que la utilización de este método consigue una evolución clínica adecuada o que ayuden a identificar de manera oportuna la necesidad de utilizar otro método de soporte ventilatorio. Por eso, es importante conocer los parámetros tanto clínicos como gasométricos que predicen el éxito del este tratamiento en nuestro paciente.<sup>43,44</sup>

## **CAPÍTULO 3. PREDICTORES DE ÉXITO DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO**

### **SUMARIO**

- Criterios clínicos
- Criterios gasométricos

La oxigenoterapia sigue siendo, sin lugar a duda, el manejo de la insuficiencia respiratoria aguda como uno de los tratamientos de primera línea y la utilización del alto flujo recientemente ha tomado un papel importante como alternativa en su manejo. Por ello, ha surgido la necesidad de contar con herramientas que permitan identificar el éxito o fallo de este tipo de tratamiento por medio de criterios clínicos y gasométricos con el fin de evitar el incremento de la mortalidad que puede conllevar. <sup>2,43</sup>

### **3.1 Criterios clínicos**

Algunas variables clínicas se han asociado al éxito o falla del tratamiento con CNAF. Entre estos criterios se asocia el éxito de la terapia respiratoria de alto flujo al presentarse una mejoría del patrón respiratorio, una disminución significativa en la frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardíaca (FC), incremento de la saturación de oxígeno, disminución del esfuerzo inspiratorio y descenso de 2 puntos o más de la puntuación clínica de gravedad, según escalas o scores. <sup>6,43,44</sup>

La OAF favorece la disminución del trabajo respiratorio generando reclutamiento alveolar, por medio del lavado del espacio muerto nasofaríngeo. Como se sabe, la oxigenación y eliminación de CO<sub>2</sub> son dependientes del flujo por lo que el suministrado por la CNAF lava el CO<sub>2</sub> y evita así la reinhalación y suministra un reservorio de O<sub>2</sub> fresco para la nueva ventilación. Otro mecanismo implicado es la capacidad de la CNAF de disminuir la resistencia inspiratoria, período que limita el flujo inspiratorio debido a la presión negativa la cual produce un colapso de la nasofaringe, al generar cierto grado de presión positiva en la vía aérea, lo que permite contrarrestar este fenómeno. La eficacia de la CNAF en este caso no se relaciona tanto con la generación de presión como con la posibilidad de igualar o superar el flujo inspiratorio máximo del paciente, logrando así disminuir la resistencia al flujo y la disminución del trabajo respiratorio

en forma equivalente a la aplicación de VNI a un valor de 6cm H<sub>2</sub>O de presión continua.

2,5,6,8,9,27,45,46

Polliotto et al. evaluaron la mejoría del trabajo respiratorio por medio de criterios clínicos como la disminución de la disnea, FR, incremento de la saturación de oxígeno y un incremento de la oxigenación y ventilación cuantificada en los gases arteriales. Mientras que Rubín et al. lo hicieron por medio de la FR y la presión esofágica (Pes) utilizando un catéter de monitorización que permite medir la presión pleural generada, que es un subrogante del trabajo respiratorio, que da índices como Producto presión/FR ( $\Delta$  Pes x FR) (PPR) que cuanto más bajo, menor es el trabajo respiratorio y observaron que a medida que se incrementaba el flujo, el trabajo respiratorio disminuía, siendo el PPR menor a 8 L/min. Pham et al. en un estudio con 12 lactantes con bronquiolitis usando CNAF como tratamiento, describieron que con flujos desde 2L/kg/min se logra producir una reducción del trabajo respiratorio evaluado mediante la actividad eléctrica del diafragma, presión esofágica y volumen pulmonar por plestismografía.<sup>5,6,8</sup>

Se ha evidenciado que los mecanismos involucrados para alcanzar una disminución de la frecuencia respiratoria son el aporte del alto flujo con oxígeno totalmente acondicionado, al calentarlo y humificarlo, además, de su efecto de presión positiva y su capacidad para mejorar la sincronía toraco-abdominal. Roca et al. observaron una reducción significativa de la FR en los pacientes con tratamiento de CNAF exitoso a las 2 horas de tratamiento, con una FR media de 25 rpm, y un intervalo de 22 a 28 respiraciones/minuto; ( $p = 0.001$ ), sin diferencias en la PaCO<sub>2</sub> ni Ph. Así mismo, se observó resultados parecidos reportados por Sztrymf et al. quienes en pacientes de UCIN con IRA comparando el uso de OAF vs. oxigenoterapia convencional encontraron una disminución significativa de la FR; ( $p = 0.006$ ). Similares resultados obtuvieron Artacho et al. quienes observaron una disminución significativa de la FR a la segunda hora de tratamiento con una FR de 25 rpm con intervalo 24-30, (FR basal 30 [28-35]; FR 2.ª hora 25 [24-30]; IC95%: 3,51-7,96;  $p < 0.001$ ), al compararla con la FR de los pacientes que requirieron escalonar tratamiento. Este estudio concluye que la FR fue el mejor predictor de éxito a las 2 horas de tratamiento con un IC:95% 0,63-1,05;  $p = 0.035$  y AUROC de 0.85. Mientras que Frat et al. en su estudio con 28 pacientes con falla respiratoria aguda hipoxémica, encontraron que tras una hora de tratamiento con CNAF, los pacientes que presentaban una FR superior a 30 respiraciones/minuto tendrían una mayor probabilidad de necesitar ser intubados, con una sensibilidad de 94.1% y especificidad de 87.5%. Monteverde et al. en su estudio en lactantes con infección respiratoria aguda baja con CNAF mostraron que el paciente con éxito con éste soporte

mostró un descenso de la FR significativamente mayor y más sostenida en el tiempo que aquellos que requirieron otro tipo de soporte ventilatorio ( $p < 0,01$ ). Por tanto, la FR como predictor de éxito según los diferentes estudios, en los que, un descenso de ésta entre la hora y las 4 horas se asoció significativamente al éxito de la terapia con OAF.<sup>2,35,43,44</sup>

Además, la OAF consigue una mejoría más rápida de la sensación disneica al mejorar la oxigenación, por medio de la administración directa de oxígeno a la nasofaringe que evita la dilución de oxígeno y que permite por otros mecanismos mejorar otros parámetros respiratorios como la frecuencia respiratoria. La reducción de la disnea fue medida en algunos estudios utilizando la “escala de Borg” un instrumento de evaluación subjetiva para cuantificar la percepción de esfuerzo, que actualmente ha sido modificada y se reduce a un rango de 10 casillas con un continuo de 0-10, en la que 0 representa la percepción de ausencia de esfuerzo y 10 la percepción del máximo esfuerzo posible.<sup>2,43,47-50</sup>

Un signo clínico importante como predictor de éxito de la OAF es la saturación de oxígeno ( $SpO_2$ ), teniendo como objetivo alcanzar y mantener una saturación del 93 a 97%. El aumento adecuado de la  $SpO_2$  se encuentra relacionada al  $FiO_2$  que se suministra al paciente y hasta el momento se ha observado discretas variaciones sobre ésta en los distintos estudios. Por ejemplo, en el artículo de González et al. hacen referencia que para lograr una  $SpO_2 > 91\%$ , se debe utilizar la  $FiO_2$  necesaria, por lo que en el momento de la conexión al alto flujo se suele iniciar con una  $FiO_2$  al 100% y la disminuyen de acuerdo con la saturación transcutánea en las primeras horas. Sin embargo, el estudio PARIS, publicado en Pediatrics 2015, para pacientes con bronquiolitis, utilizan un flujo inicial de 2L/kg/min con una  $FiO_2$  de 0,21, titulando la concentración para obtener una  $SpO_2 > 92\%$  al inicio y una vez el paciente se estabilice se dirige a un descenso paulatino con la reducción primero de  $O_2$  y después del flujo. Mientras que Monteverde et al. en su estudio con lactantes con infección respiratoria baja, también refieren el uso de un flujo inicial a 2L/kg/min, pero con una  $FiO_2$  de 0,9 el cual disminuyó rápido a menos de 0.6 luego de que el paciente se estabilizó con una  $SpO_2$  objetivo del 94% en un periodo no mayor de 3 horas. La  $FiO_2$  se descendió 0.05 puntos por vez, se ajustó a una  $SpO_2$  del 94% y se mantuvo un flujo constante de 2L/kg/min. En caso de observarse una caída de la saturación al descender la  $FiO_2$ , esta última se incrementó a los niveles previos. Según Artacho et al. los pacientes que a las 8 horas de iniciada la CNAF presente una  $SpO_2$  igual o superior al 94% tiene menor probabilidad de requerir intubación que aquellos que presentan una  $SpO_2$  inferior a 94% (OR: 0,024; IC95%: 0,001-0,497;  $p=0,016$ ). Roca et al. encontraron una  $SpO_2$  significativamente más alta en los

pacientes con éxito desde la segunda hora de tratamiento (97% [95-99] frente al 96% [94-98] en los pacientes con fracaso,  $p=0,032$ ). Estos beneficios de la OAF se explicarían por su mecanismo de presión positiva en la nasofaringe constante de alrededor de  $4\pm 2$  cmH<sub>2</sub>O y al aumento de volúmenes pulmonares que se producen al mejorar la distribución global del aire pulmonar al final de la espiración y al incremento de la presión esofágica al final de la espiración.<sup>5,8,9,35,41,43</sup>

La frecuencia cardiaca (FC), se encuentra entre otro de los efectos beneficiosos clínicos de la OAF, siendo un parámetro clínico que puede sugerir el éxito del tratamiento, según Liesching et al. muestran en su metaanálisis una FC significativamente más baja en el grupo de pacientes con CNAF comparada con el grupo tratado con O<sub>2</sub> estándar (89,1 frente a 98,4;  $p=0.033$ ), de igual manera, Pinchak et al. refieren una reducción significativa de la FC al iniciarse el tratamiento con CNAF presentando una media de FC de  $148\pm 17$  lpm frente a  $138\pm 15$ ; ( $p<0,001$ ) a las dos horas de tratamiento. Además, permite un mejor manejo de las secreciones por humidificación activa lo que favorece la función mucociliar, facilita la expulsión de éstas y disminuye la formación de atelectasias, mejorando la relación ventilación/perfusión y la oxigenación, produce menor sequedad oral y mayor confort.<sup>2,43,51-54</sup>

En diversos estudios se menciona la utilización de diferentes escalas que permiten valorar la necesidad del uso de oxigenoterapia de alto flujo, así como la adecuada evolución del paciente con insuficiencia respiratoria aguda, entre estas escalas se mencionan, la escala de Tal modificada, que evalúa parámetros clínicos tales como la frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca (Ver anexo 3), presencia o ausencia de sibilancias y la presencia de tiraje o uso de músculos accesorios, la cual la clasifica en leve con un puntaje  $\leq 4$  puntos, moderada de 5 a 8 puntos y grave  $\geq 9$  puntos, considerándose el inicio de la terapia de alto flujo al presentarse un score  $\geq 9$  o un score entre 7 - 8 mantenido. Esta escala debe reevaluarse a la hora de iniciado el tratamiento con oxigenoterapia. Al alcanzarse un score  $<5$  junto con la mejoría gasométrica, disminución de FIO<sub>2</sub> y reducción gradual de oxígeno puede irse valorando el destete de la oxigenoterapia y se retirará definitivamente al alcanzar un score por debajo de 5 puntos, con aporte de O<sub>2</sub> de 4L/min y Fio<sub>2</sub> igual o menor a 0.4. Pinchak et al. constataron un descenso de la mediana de la escala de Tal modificado luego de iniciarse tratamiento con CNAF a las 2 horas de 2 puntos que fue estadísticamente significativo ( $p<0,001$ )<sup>45,51,54</sup> Mientras que en otros estudios como los realizados por Barbaro et al. y Pilar et al. mencionan la utilización de otra escala bien reconocida, "Score de Wood – Downes", la cual evalúa los parámetros clínicos, frecuencia

respiratoria, cianosis, retracciones, quejido y pasaje de murmullo vesicular. Con esta escala se considera el inicio de oxigenoterapia si se presenta un puntaje  $\geq 8$  o frecuencia respiratoria mayor a 70 rpm en menores de un mes o mayor a 60 rpm en niños mayores. Sin embargo, Polliotto et al. hacen mención en su estudio sobre la oxigenoterapia de alto flujo en pediatría y neonatología, que la escala de Tal modificada es utilizada en pacientes menores de 6 meses, mientras que la escala de Wood – Downes en pacientes mayores.<sup>6,8,9,54</sup>

### **3.2 Criterios gasométricos**

La gasometría se debe realizar al ingreso y a las 2 horas, la cual puede no realizarse si la gasometría de ingreso no tenía alteraciones severas y se observa buena respuesta clínica con el fin de evitar punciones innecesarias al paciente.<sup>55</sup>

Uno de los principales beneficios de la OAF es la mejoría de la oxigenación, la cual se obtiene mediante varios mecanismos, siendo estos, el suministro de un flujo suficiente para satisfacer la demanda inspiratoria pico del paciente, lo que permite lograr una FiO<sub>2</sub> que se aproxime a la que recibe el paciente, esto gracias a una menor dilución del gas con el aire ambiente. Una ventaja de la OAF es que la FiO<sub>2</sub> suministrada es medible en comparación a la de otros sistemas de flujo que entregan una FiO<sub>2</sub> inconstante y no cuantificable.<sup>2,8</sup>

La FiO<sub>2</sub> con la que debe iniciarse es del 60% junto con un flujo de 2L/kg/min para lograr una SpO<sub>2</sub> de 93% a 97%. La disminución de la FiO<sub>2</sub> suministrada debe hacerse primero y de forma progresiva, con el fin de conservar la saturación de O<sub>2</sub> objetivo, esperando 30 minutos de estabilidad del paciente como mínimo antes de efectuar una modificación. A las 2 horas de iniciado el tratamiento se debería lograr la reducción de la FiO<sub>2</sub> y observar estabilidad clínica alcanzando una FiO<sub>2</sub> de  $\leq 40\%$ . Si durante la disminución de la FiO<sub>2</sub> se presenta una caída de la saturación de O<sub>2</sub> por debajo de 94% o un aumento del trabajo respiratorio, se debe reiniciar el soporte en el último valor utilizado, ajustándose la FiO<sub>2</sub> para una SpO<sub>2</sub> objetivo  $\geq 94\%$ . Su retiro se valorará cuando durante un periodo de 4 horas el paciente haya logrado permanecer con FiO<sub>2</sub> a 0.21 o se alcance una FiO<sub>2</sub> de 30% y un flujo de 5 L/min. En estos casos se pasará a oxigenoterapia convencional, con catéter nasal. En el estudio realizado por Artacho et al. en el que se estudian los predictores de éxito con cánula nasal de alto flujo como tratamiento en el fallo respiratorio agudo hipoxémico, se encontró que la necesidad de un FiO<sub>2</sub>  $< 0.59$  (HR 0,053;

IC95%: 0,005-0,520;  $p=0,012$ ) a las 8 horas de iniciado el tratamiento se asociaba a un menor riesgo de ventilación mecánica por lo que lo consideran uno de los mejores predictores de éxito del CNAF. <sup>8,9,43,54,55</sup>

Por tanto, al aportar un flujo elevado y por encima de la tasa de flujo del paciente, la CNAF consigue una  $FiO_2$  más estable y predecible que la oxigenoterapia convencional, lo que evita que el oxígeno proporcionado no se diluya con aire ambiente y permita un mayor grado de mejoría de la oxigenación. Otro factor que contribuye en esta es el efecto PEEP (presión positiva al final de la espiración) conseguido con la CNAF, el cual será proporcional a la tasa de flujo empleada. Algunos autores observan una mejoría de la  $PaO_2$  tales como Roca et al. que asociaron el uso de la OAF con una  $PaO_2$  más elevada con 127 vs. 77mmHg; ( $p=0,002$ ), al igual que Sztrymf et al. mostrando un aumento estadísticamente significativo de 8,73 a 15,27; ( $p = 0,001$ ) junto con un mayor aumento de  $PaO_2/FiO_2$  tras 1h de OAF; ( $p=0,036$ ). Este incremento conjunto de la  $PaO_2$  y del cociente  $PaO_2/FiO_2$  se puede atribuir a un efecto de reclutamiento alveolar inducido por la PEEP. Dependiendo del mecanismo que produce la hipoxia así será la respuesta de la  $PaO_2$  al aumento de la  $FiO_2$ . Si esta se debe principalmente a cocientes ventilación/perfusión bajos, la hipoxemia mejorará al incrementar la  $FiO_2$ . Por otra parte, si el mecanismo responsable es el shunt, la respuesta será mínima. <sup>2,43,51,56</sup>

Takafumi et al. observaron que la relación  $SpO_2/FiO_2 \geq 170.9$  (OR, 58,3; IC del 95%, 7,07-481,00;  $p < 0,001$ ) después de 24 horas de inicio de tratamiento con CNAF es un predictor significativo de éxito, presentándose diferencias significativas en la  $FiO_2$  y la relación  $SpO_2/FiO_2$  a partir de las 8 horas del tratamiento (AUROC  $< 0,7$ ;  $p = 0.007$ ), pero esta es mejor a las 24 y 48 horas (AUROC de 0,802;  $p = < 0.001$ ). Mostrando que cuando el punto de corte se establece en  $\geq 170.9$  la sensibilidad y especificidad de la relación  $SpO_2/FiO_2$  aumenta, principalmente a las 24 horas presentando un 96.2% y 68.4% de sensibilidad y especificidad respectivamente. Oliva G. publicó los resultados de su estudio en el país, en el año 2019. En él describe el uso del sistema de alto flujo en el departamento de pediatría del Hospital San Juan de Dios, indica que los valores gasométricos, aunque no se observó una variación significativa, tanto la oxigenación como la ventilación mejoraron. No se observó cambio en los valores de PH y  $HCO_3$ . Se evaluó la mejoría del paciente post tratamiento a través de la clínica principalmente, ya que se evidenció disminución en la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y disminución en la puntuación de la escala de Downes. <sup>57,58</sup>

Otra herramienta creada para ayudar en la predicción de resultados clínicos del paciente tratado con CNAF es el Índice ROX desarrollado por Roca et al. Este se calcula por la relación de saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) medida por oximetría de pulso y la fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>) sobre frecuencia respiratoria (FR). El mejor punto de corte para el índice ROX se estimó en 4.88, constituyendo un predictor de éxito, lo que significa que es poco probable que el paciente progrese a necesitar ventilación mecánica. La precisión de predicción del índice ROX aumentó con el tiempo (AUROC: 2 h, 0.679; 6 h, 0.703; 12 h, 0.759). ROX mayor o igual a 4.88 medido en 2 horas (RR, 0.434; IC: 95%, 0.264- 0.715; P=0.001), 6 horas (RR, 0.304; IC: 95%, 0.182-0.509; P<0.001), o 12 horas (RR, 0.291; IC 95%, 0.161-0.524; P<0.001) después del inicio de CNAF se asoció consistentemente con un menor riesgo de intubación. Un ROX inferior a 2,85, inferior a 3,47 e inferior a 3,85 a las 2, 6 y 12 horas de inicio de CNAF, respectivamente, fueron predictores de falla.<sup>48,59</sup>

Por lo tanto, la monitorización de estos parámetros debe realizarse de forma precisa, para identificar la estabilidad clínica del paciente asociada a la mejoría de los signos y síntomas de dificultad respiratoria. Con ello se logra determinar que este método consigue con éxito los objetivos establecidos, tomando en cuenta que, a pesar de los buenos resultados que se han presentado, la OAF no puede aplicarse en cualquier escenario clínico, por lo que es importante conocer las contraindicaciones de su uso.<sup>44</sup>

## CAPÍTULO 4. CONTRAINDICACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO

### SUMARIO

- Contraindicaciones de la oxigenoterapia de alto flujo

En pediatría la utilización de la OAF en cánula nasal se ha reportado como una buena herramienta terapéutica para casos de dificultad respiratoria causada por diferentes patologías respiratorias, así como en el soporte respiratorio postextubación, parte del destete de ventilación mecánica que no es invasiva, apoyo respiratorio en enfermedades neuromusculares y en apneas del prematuro. Sin embargo, no todos los pacientes se ven beneficiados con este método.<sup>55</sup>

#### 4.1 Contraindicaciones de la oxigenoterapia de alto flujo

Actualmente no hay guías publicadas que hagan referencia a las contraindicaciones absolutas para el uso de la oxigenoterapia de alto flujo, por lo que se ha sugerido que estas son casi similares a las contraindicaciones de la utilización de ventilación no invasiva. Aun así, existen situaciones en que la ventilación estándar no invasiva sería contraindicada, pero el oxígeno administrado en cánula nasal de alto flujo puede ser utilizado eficazmente, como en pacientes con apnea, el uso de láser en procedimiento en las vías respiratorias y en los pacientes que padecen de inestabilidad cardiovascular ya que puede tolerarse mejor.<sup>60</sup>

En 2019, Paton et al. en *The British Journal of Hospital Medicine*, en la guía sobre la oxigenoterapia nasal de flujo alto en el manejo de las vías respiratorias, hacen alusión a la falta de publicaciones que presenten las contraindicaciones del uso de la cánula nasal de alto flujo y hace mención de aquellas que considera más relevantes, como trastornos de la conciencia si preocupa la aspiración, pacientes agitados o no cooperativos, lesión facial donde se corra riesgo de contaminación de la vía aérea, alta carga de secreciones, pacientes que presenten cualquier factor de riesgo de aspiración, fracturas de la base de cráneo por riesgo de neumocefalia y la obstrucción completa o inminente de las vías respiratorias.<sup>60</sup>

Es importante mencionar que, en aquellos pacientes que requieran una intubación endotraqueal inmediata, la OAF no debe retrasar el manejo avanzado de la vía aérea. Las condiciones en las que se debe evitar el uso de la OAF son: cuando el paciente cursa con insuficiencia respiratoria tipo II. Esto se debe a que la OAF no reduce los niveles de presión arterial de dióxido de carbono. También, está contraindicado su uso en los pacientes con anomalías faciales como la atresia de coanas, o todas aquellas lesiones que impidan el ajuste apropiado de la cánula binasal, en pacientes con vómitos activos, pacientes con patologías como obstrucción intestinal, fugas de aire (neumotórax, neumomediastino), y en pacientes con confusión o agitación psicomotora, ya que esto produce una incapacidad para tolerar dicho método. En estas condiciones es importante la búsqueda de un método alternativo de soporte respiratorio.<sup>28,61</sup>

En el estudio realizado por Zielińska et al. en el que se describe la OAF en cánula nasal como tratamiento en niños con bronquiolitis aguda, presentan las contraindicaciones clasificadas como absolutas y relativas, siendo estas, la obstrucción o deformación de narinas, epistaxis, oclusión de la vía respiratoria superior, pérdida de conocimiento, fractura de la base del cráneo, e insuficiencia multiorgánica, las absolutas y el neumotórax no controlado, inestabilidad hemodinámica grave, síntomas de cansancio, apnea recurrente y los procedimientos a nivel de la nasofaringe, las contraindicaciones relativas.<sup>62</sup>

Otras revisiones hacen mención de algunas contraindicaciones que no se han señalado con anterioridad, siendo importante tomarlas en cuenta al momento de considerar la OAF como tratamiento, entre éstas se presentan: apneas, signos de inestabilidad hemodinámica como sepsis, *shock* e hipotensión, signos de claudicación respiratoria, convulsiones, cirugía digestiva alta con sutura reciente, dicha contraindicación puede estar asociada a la aparición de distensión abdominal (meteorismo) como un probable inconveniente de la OAF, cirugía reciente en nasofaringe, bradicardia extrema, coma, obstrucción fija de la vía aérea por cuerpo extraño, quemaduras faciales, fugas de líquido cefalorraquídeo, trombocitopenia, hematemesis y epistaxis.

8,45,54,63

Las contraindicaciones para el uso de la OAF en cánulas binasales, aunque parecieran que se reducen en su mayoría a problemas anatómicos que imposibilitan su administración, debe tomarse en consideración que existen algunos parámetros gasométricos que contraindican su aplicación. Aunque en las diferentes revisiones se mencionan muy poco podemos mencionar las

siguientes: una acidosis respiratoria o acidosis mixta con pH inferior a 7.20, pO<sub>2</sub> menor a 60mmHg y pCO<sub>2</sub> mayor a 60 mmHg. <sup>1,31,64</sup>

A pesar de que se considera la OAF como una opción de tratamiento para la asistencia respiratoria en diferentes patologías donde se ve comprometido el sistema respiratorio, algunos estudios como el de Kwon JW, realizó una revisión clínica en el año 2020 sobre el uso de la OAF en cánula nasal, menciona que el tratamiento con ésta debe aplicarse con cuidado en pacientes que presentan cardiopatía congénita, asma aguda o presentan una exacerbación y pacientes que cursen con una insuficiencia respiratoria crónica. Mientras que Liu J et al. en el estudio de análisis sobre factores de alto riesgo de insuficiencia temprana de la asistencia respiratoria en niños con oxigenoterapia nasal de alto flujo, aconsejan que la OAF no se debe utilizar en niños con muy bajo peso al nacer ya que puede aumentar el riesgo de muerte o displasia broncopulmonar y así favorecer la morbilidad y prolongar la estancia hospitalaria. Además, Marco C et al. hacen referencia en que el uso de esta terapia sigue siendo controversial en su aplicación como tratamiento en el síndrome de dificultad respiratoria aguda. Incluso se contraindica el uso en aquellos pacientes que presentan EPOC, debido a que la alta concentración de oxígeno puede producir una acidosis respiratoria en el paciente secundaria a la disminución de la FR y a las alteraciones a nivel de la ventilación-perfusión, sin embargo, varios estudios clínicos han mostrado buenos resultados. <sup>2,65-67</sup>

Como es evidente, no existe un estándar unificado para las indicaciones y contraindicaciones de la OAF, principalmente dirigidos para el paciente pediátrico, evidenciando que su identificación y establecimiento son muy importantes para la asistencia respiratoria del paciente pues permitirá reconocer los riesgos relacionados con este método, por lo que merece un estudio más a fondo. <sup>66</sup>

A continuación, se expone un breve análisis de los mecanismos y las características que se ven implicados en la eficacia de la OAF en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria, con el fin de brindar de manera puntual respuesta a la pregunta de investigación.

## CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Según el departamento de epidemiología del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, (MSPAS), en Guatemala las infecciones respiratorias agudas son las causas más frecuentes de morbilidad en niños, especialmente en menores de 5 años, siendo la neumonía la principal morbimortalidad. <sup>68-70</sup>

Las IRAs son muy frecuentes de consulta en pediatría, siendo las principales causas. Además, es uno de los motivos principales de ingreso hospitalario, especialmente en los meses de invierno. Dadas las características fisiológicas y anatómicas mencionadas de la vía aérea de los lactantes y niños, presentan mayor riesgo de un fallo respiratorio agudo. El tratamiento instaurado del fallo respiratorio, asociado a insuficiencia respiratoria aguda baja consiste en oxigenoterapia, junto con medidas de sostén, hidratación y manejo de secreciones. Se ha evidenciado que la OAF ha permitido mejorar el abordaje de los pacientes con IRA, acortando el tiempo de hospitalización, evitando o reduciendo el porcentaje de ingresos a la unidad de cuidados intensivos, así como el requerimiento de asistencia con ventilación mecánica y complicaciones asociadas a la misma. <sup>31</sup>

Roca et al. en el año 2010 fueron los primeros en demostrar en un estudio los beneficios al utilizar la OAF como tratamiento en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, mencionan que tras solo al utilizar la OAF durante 30 minutos se evidencia una mejoría evidente y significativa en parámetros clínicos y también en parámetros fisiológicos, reduciendo una FR y mejorando la oxigenación arterial de los pacientes.<sup>2</sup>

Conforme han pasado los años, este método se fue ampliando y ahora se utiliza no solo en pacientes adultos sino también en pacientes pediátricos. Recientemente, se ha visto un aumento del uso de la OAF en niños, este tratamiento se ha observado que es bien tolerado, aumentando la mejoría en corto tiempo. Los estudios disponibles mostrados anteriormente sugieren que la OAF en cánula nasal es un método seguro, bien tolerado y muy factible para ser administrado en los pacientes pediátricos, cabe resaltar que se han descrito muy pocos efectos adversos al utilizar este método. Dentro de sus diferentes mecanismos de acción de este método incluido el lavado del espacio muerto nasofaríngeo, el aumento de la distensión pulmonar y el grado de distensión de las vías respiratorias pueden ser los responsables de los beneficiosos efectos en el paciente al ser utilizado.<sup>9,53</sup>

Un estudio de Morosini et al. en el que describen las características clínicas, tratamiento y evolución de los niños asistidos en la unidad de cuidados respiratorios especiales agudos del hospital pediátrico de Uruguay, demostraron que la patología más frecuente de insuficiencia respiratoria aguda baja corresponde a bronquiolitis con un 63% de los pacientes asistidos con OAF, seguido de neumonía viral y del síndrome bronco obstructivo del lactante.<sup>31</sup>

Se puede evidenciar por los estudios realizados que la patología más estudiada en los pacientes pediátricos con el uso de la OAF es la bronquiolitis, seguida de IRAB como la neumonía y bronquitis. Se considera que, en los pacientes que padecen asma el uso de la OAF no cambia su estado y más bien no se sugiere ya que pueden incrementar gastos innecesarios y distracciones a complicaciones graves de la enfermedad. Por lo tanto, no se sugiere este método en crisis asmáticas.<sup>4,41,42</sup>

La eficacia del uso de AOF se puede valorar en el destino del paciente con patología respiratoria, ya que, cuando se le traslada a la unidad de cuidados intensivos es porque requirió ventilación invasiva y la alternativa de oxigenoterapia de alto flujo fracasó. Se ha evidenciado en los estudios, que el uso de OAF reduce la necesidad de utilizar ventilación mecánica y es una alternativa eficaz para el tratamiento de insuficiencia respiratoria aguda. Oliva G. realizó un estudio para describir el uso del sistema de oxigenación de alto flujo en el departamento de pediatría. En este estudio se evaluó y se le dio seguimiento a los pacientes que padecían de patología respiratoria y que estuvieron bajo tratamiento con OAF, se comprobó que el 100% de los pacientes mejoró según escala de Downes, ya que se observó una disminución significativa de los parámetros evaluados y únicamente el 18.2% de los pacientes fueron ingresados a la unidad de cuidados intensivos. En este estudio se concluye que la OAF es un método útil que puede ser administrado en pacientes que cursen con insuficiencia respiratoria. De esta forma se evita, en muchos casos, la progresión a una insuficiencia respiratoria grave y la necesidad de utilizar una ventilación invasiva. Estudios realizados internacionales han mostrado similitud con respecto a estos porcentajes de fallo terapéutico y de éxito. Aproximadamente, el 80% de los niños logra una adecuada evolución y mejoría al usar OAF obteniendo mejorías y evitando el uso de un método más invasivo.<sup>57</sup>

Para corroborar la mejoría clínica del paciente, existen predictores de éxito que se deben vigilar. Se ha observado un efecto clínico positivo sobre los parámetros respiratorios, y como se ha descrito anteriormente la OAF en cánula nasal puede disminuir el trabajo respiratorio. Estos

predictores clínicos permiten detectar el fallo o el éxito del tratamiento, se mencionan tanto criterios clínicos como gasométricos, sin embargo, cuando se habla de los criterios gasométricos, es importante recalcar que en niños no existe mucha evidencia de cuáles ayudan a predecir el éxito al utilizar la OAF. En diversos estudios se mencionan criterios clínicos, como la utilización de diferentes escalas que valoran la necesidad del uso de OAF. Una de ellas es la escala de Tal modificada. Con esta escala se le da seguimiento al paciente y se logra el destete según la puntuación. Otra escala mencionada en los estudios, es la escala de Wood-Downes. Generalmente estas escalas son utilizadas según las edades de los pacientes.<sup>44,45</sup>

Como se ha expuesto, el único criterio gasométrico evidenciado es la mejoría del SpO<sub>2</sub>, la cual debería de ser entre 93% a 97%. Según la información encontrada la gasometría debe realizarse idealmente al ingreso del paciente. Si la gasometría tiene alteraciones graves deberá repetirse dos horas después de haber iniciado el tratamiento con OAF. Sin embargo, si la gasometría inicial no tiene alteraciones graves y el paciente responde adecuadamente no es necesario repetir la gasometría. Además de esto, recalcar la ayuda como predictor de éxito la relación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> que se realiza a las 24 horas de haber iniciado la OAF.<sup>44,58</sup>

Las indicaciones y las contraindicaciones, en pediatría, no están claramente establecidas. En la mayoría de los estudios se mencionan que las contraindicaciones para el uso de OAF son las mismas de la ventilación no invasiva. Como se evidenció, utilizar la OAF no debe retrasar el manejo avanzado de la vía aérea del paciente que requiera una intubación endotraqueal inmediata, todos los estudios mencionan las mismas contraindicaciones, siendo las más relevantes que el paciente tenga alteración del estado de conciencia por el riesgo de una aspiración, pacientes que no cooperen, que tengan una lesión o malformación facial, abundantes secreciones, obstrucción de las vías respiratorias o cualquier factor que conlleve a una aspiración.<sup>66-67</sup>

Todo paciente pediátrico que necesite la OAF como tratamiento debe ser evaluado antes de iniciar la aplicación de este método. Luego, se le debe dar seguimiento adecuado y cumplir las evaluaciones clínicas y gasométricas a las horas correspondientes, para llegar al destete. También se debe corroborar que el tratamiento fue eficaz porque generó efectos beneficiosos. Si existe un fallo terapéutico, se debe iniciar lo más pronto posible con una ventilación invasiva y evitar atrasos que lleven a un incremento de mortalidad en estos pacientes.<sup>2</sup>

## CONCLUSIONES

La oxigenoterapia de alto flujo, según los diversos estudios, muestra resultados alentadores como tratamiento de la insuficiencia respiratoria en el paciente pediátrico. Se presenta como una alternativa fácil de utilizar, más confortable y efectiva si se le compara con otras modalidades de ventilación no invasiva y reduce significativamente la tasa de ventilación mecánica invasiva y consigo sus efectos adversos.

La oxigenoterapia de alto flujo, por medio de sus diferentes mecanismos de acción permite que los pacientes con insuficiencia respiratoria mejoren la oxigenación, disminución del trabajo respiratorio, además de otros beneficios que permiten la recuperación clínica del paciente. A pesar de ello, es necesario continuar con estudios que permitan determinar y conocer su impacto al implementarse en las salas de emergencia pediátrica.

La disminución de la frecuencia respiratoria es el principal signo clínico asociado al éxito de la oxigenoterapia de alto flujo al presentarse una mejoría en la primera hora de tratamiento. Aun así, otros parámetros clínicos de importancia y que permiten determinar la utilidad de este método son la disminución de la frecuencia cardíaca, incremento de la saturación de oxígeno, disminución del esfuerzo inspiratorio y descenso de 2 puntos o más de la puntuación clínica de gravedad, según las escalas utilizadas.

Los criterios gasométricos asociados al éxito de la terapia de alto flujo se conocen de forma muy limitada. Se considera que un predictor gasométrico importante es la relación  $SpO_2/FiO_2 \geq 170.9$  después de 24 horas de inicio de tratamiento con CNAF el cual muestra una sensibilidad del 96.2% y especificidad del 68.4% para predecir el éxito de esta terapia.

Actualmente, no se cuenta con guías que hagan referencia a las contraindicaciones específicas para el uso de la oxigenoterapia de alto flujo, por lo que se sugiere que estas son similares a las de la ventilación no invasiva. Sin embargo, existen escenarios donde la OAF puede utilizarse y presentar beneficios en el paciente. Por lo que, la creación de protocolos o guías estandarizadas permitirá su aplicación de manera más segura y eficaz.

En Guatemala, los estudios relacionados con la aplicación de la OAF en el ámbito de pediatría son insuficientes, lo cual es una debilidad en este trabajo. Este estudio podría generar interés para conocer la eficacia que presenta este método de oxigenoterapia en las diferentes salas de los hospitales, principalmente en la atención de los niños, quienes se ven altamente afectados por patologías respiratorias.

## RECOMENDACIONES

Al personal médico se le recomienda llevar un adecuado manejo cuando inicie el método de la oxigenoterapia de alto flujo en el paciente pediátrico, se recomienda llevar el seguimiento con las escalas de puntuación clínica correspondientes para valorar la mejoría del estado del paciente y para poder realizar el destete o bien identificar si el paciente necesita un método más invasivo.

A los directores de los hospitales de Guatemala se les sugiere equipar los hospitales con suficientes equipos de alto flujo en la emergencia pediátrica y en la unidad de cuidados intensivos pediátrica, para proporcionar mejor atención de primera línea a los pacientes, disminuir la mortalidad, disminuir el ingreso a la unidad de cuidados intensivos y así mismo disminuir los gastos que se podrían generar.

A los médicos tratantes en el área de emergencia pediátrica de todos los hospitales del país se les recomienda tener conocimiento sobre el uso de la oxigenoterapia de alto flujo y brindarlo tempranamente para todo paciente que llegue con diagnóstico de patología respiratoria baja y que cumpla con las indicaciones, ya que como se ha demostrado en la presente monografía, este método brinda varios beneficios, mejorando la salud del paciente y previniendo un método de soporte respiratorio más invasivo.

Se recomienda a las instituciones educativas, universitarias e investigadores de la salud plantearse nuevas preguntas de investigación basándose en este trabajo. Realizar nuevas investigaciones dentro de Guatemala acerca de la experiencia sobre la utilización de la oxigenoterapia de alto flujo en los hospitales tanto nacionales como regionales y privados, mantener una actualización constante sobre el uso de este método, ampliar más conocimientos sobre cuáles son los predictores de éxito gasométricos más específicos y establecer en que patologías se pueda utilizar para brindar un mejor tratamiento. Estas recomendaciones obedecen a que se evidenció una pobre información sobre el tema de la oxigenoterapia de alto flujo en el país y considerando todos los beneficios y ventajas que da este método, se debe ampliar los conocimientos y darse a conocer toda esta información.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pastor Vivero MD, Pérez Tarazona S, Rodríguez Climadevilla JL. Fracaso respiratorio agudo y crónico . Oxigenoterapia. Protoc diagn ter pediater [en línea]. 2017 [citado 9 Jun 2021]; (1):369-399. Disponible en: [https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/23\\_fracaso\\_respiratorio.pdf](https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/23_fracaso_respiratorio.pdf).
2. Masclans JR, Pérez-Terán P, Roca O. Papel de la oxigenoterapia de alto flujo en la insuficiencia respiratoria aguda. Med intensiva [en línea]. 2015 Nov [citado 9 Jun 2021];39(8):505-15. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-linkresolver-papel-oxigenoterapia-alto-flujo-insuficiencia-S0210569115001217>
3. Serra J, González S, Rodríguez L, Viejo C, Alonso B. Soporte respiratorio no invasivo en el fallo respiratorio agudo del niño: análisis de un grupo de pacientes asistidos en una UCIP privada. Arch Pediatr Urug [en línea]. 2016 [citado 9 Jun 2021];87 Suppl 1: S26-S34. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/adp/v87s1/v87s1a04.pdf>
4. Almassio AB, González Ros M, Lulni A, Polizzi DA, Speciale GA. Oxigenoterapia de alto flujo: experiencia en pediatría en un hospital general. Med infant [en línea]. 2019 Dic [citado 9 Jun 2021]; 26:364-7. Disponible en: [https://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2019/xxvi\\_4\\_364.pdf](https://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2019/xxvi_4_364.pdf)
5. Wegner A, A. Canula nasal de alto flujo en pediatría. Neumol Pediatr [en línea]. 2017 Ene [citado 9 Jun 2021]; 12(1):5-8. Disponible en: <https://pdf4pro.com/view/c-193-nula-nasal-de-alto-flujo-en-pediatr-205-a-2492cb.html>
6. Polliotto LB, Peñafort C, Ciallella C. Oxigenoterapia de alto flujo calentado y humidificado en pediatría y neonatología en pacientes internados en Hospital Dr. Guillermo Rawson, San Juan. Experiencia Médica [en línea]. 2018 Oct [citado 9 Jun 2021]; (2):28-32. Disponible en: <https://www.experienciamedicahp.com.ar/2018/2/36/oxigenoterapia-de-alto-flujo-calentado-y-humidificado-en-pediatria-y-neonatologia-en-pacientes-internados-en-hospital-dr-guillermo-rawson-san-juan.html>

7. Fainardi V, Abelli L, Muscarà M, Pisi G, Principi N, Esposito S, et al. Update on the role of high-flow nasal cannula in infants with bronchiolitis. *Children (Basil)* [en línea]. 2021 Ene [citado 10 Jun 2021]; 8(2):66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33498527/>
8. Barbaro C, Monteverde E, Rodriguez Kibrik J, Schwartz G, Guinazú G, Schwartz G, et al. Oxigenoterapia por cánula nasal de alto flujo: una revisión. *Rev. Hosp. Niños (B. Aires)* [en línea]. 2018 [citado 10 Jun 2021]; 60 (271): 309-315. Disponible en: <http://revistapediatria.com.ar/wp-content/uploads/2019/01/Numero-271-309-Oxigenoterapia-por-Ca%CC%81nula-Nasal-de-Alto-Flujo.pdf>
9. Pilar Orive J, López Fernández Y. Oxigenoterapia de alto flujo.[en línea]. [s.l.] :SECIP; 2018 [citado 14 Jun 2021]; Disponible en: <https://secip.com/wp-content/uploads/2019/03/Protocolo-Oxigenoterapia-de-Alto-Flujo-2018.pdf>
10. Mikalsen IB, Davis P, Øymar K. High flow nasal cannula in children: a literature review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* [en línea]. 2016 Jul [citado 5 Jul 2021]; 24(93):1-12. Disponible en: <https://sjtrem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13049-016-0278-4>
11. Conei D, Rojas M. “Desarrollo del sistema respiratorio: rol de sonic hedgehog en modelo de ratón *Mus musculus*”. *REEM* [en línea]. 2019 Jul [citado 5 Jul 2021]; 6(1):18-23. Disponible en: [https://www.reem.cl/descargas/reem\\_v6n1\\_a3.pdf](https://www.reem.cl/descargas/reem_v6n1_a3.pdf)
12. Vila Bormey MA, Surí Santos Y, Alfonso Águila B, Luna Alonso AL, Martínez Lima MN, Batista Hernández NE. El desarrollo pulmonar en embriones humanos de ocho semanas: un acercamiento cuantitativo. *Medicent Electrón* [en línea]. 2016 Ene-Mar [citado 10 Jul 2021]; 20(1):46-55. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/mdc/v20n1/mdc07116.pdf>
13. Asenjo CA, Pinto RA. Características anátomo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia. *Rev Med Clin Condes* [en línea]. 2017 Ene [citado 9 Jun 2021]; 28(1):7-19. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-caracteristicas-anatomo-funcional-del-aparato-respiratorio-S0716864017300020>

14. Iñiguez F, Sánchez I. Desarrollo pulmonar. Neumol Pediatr [en línea]. 2018 Sept [citado 9 Jun 2021]; 148-155 Disponible en: <https://blog.utp.edu.co/maternoinfantil/files/2018/03/Desarrollo-Pulmonar.pdf>
15. Salinas JA. Patología pulmonar congénita: evaluación y manejo perinatal. Rev Med Clin Condes [en línea]. 2016 Jul [citado el 9 Jun 2021]; 27(4):485-498. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-patologia-pulmonar-congenita-evaluacion-y-S071686401630058X>
16. Sánchez T, Concha I. Estructura y funciones del sistema respiratorio. Neumol Pediatr [en línea]. 2018 Sept [citado el 9 Jun 2021]; 13(3):101-6. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343701474\\_Estructura\\_y\\_funciones\\_del\\_sistema\\_respiratorio](https://www.researchgate.net/publication/343701474_Estructura_y_funciones_del_sistema_respiratorio)
17. Garcia-Araque HF, Gutiérrez-Vidal SE. Aspectos básicos del manejo de la vía aérea: anatomía y fisiología. Rev Mex Anesthesiol [en línea]. 2015 Abr-Jun [citado 10 Jun 2021]; (38):98-107. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2015/cma152e.pdf>
18. Quintero Cifuentes IF. Fundamentos para la evaluación y manejo de la vía aérea [en línea]. Cali, Colombia: Universidad ICESI; 2020. [citado 10 Jun 2021]; Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/ad58/44d0aa445c842f0fc028c11acf5a655ceb.pdf>
19. Gómez-Saéz F, Navazo-Wguía AI, Vega-Val C, Gómez-Sánchez E, Mirás-Veiga A, Valencia-Ramos J. Exploración de la vía aérea en el paciente pediátrico. Rev ORL. [en línea]. 2018 [citado 10 Jun 2021]; 9(1):49-61. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320512964\\_Exploracion\\_de\\_la\\_via\\_aerea\\_en\\_el\\_paciente\\_pediatrico/link/5b5c6fe6a6fdccf0b2fd5cb9/download](https://www.researchgate.net/publication/320512964_Exploracion_de_la_via_aerea_en_el_paciente_pediatrico/link/5b5c6fe6a6fdccf0b2fd5cb9/download)
20. Urzua M. Diferencias entre la VMNI en niños y adultos. [en línea]. En : 33 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos; 2018 Jun 10-13 ;Granada, España: SECIP. [citado 10 Jun 2021]; Disponible en: <https://secip.com/wp-content/uploads/2018/06/8.-Actualizaci%C3%B3n-en-cuidados.pdf>

21. Rivera-Tocancipá D, Díaz-Sánchez E. Pediatric airway: as difficult as they say?. *Colom J of anesthesiol* [en línea]. 2018 Abr-Jun [citado 12 Jun 2021]; 46: (2S): 52-57. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/CJ9.0000000000000046>
22. Wegner A A, Cespedes FP, Godoy MML, Erices B P, Urrutia C L, Venthur UC, et al. Cánula nasal de alto flujo en lactantes: experiencia en una unidad de paciente crítico. *Rev Chil Pediatr* [en línea]. 2015 Jun [citado 12 Jun 2021]; 86(3):173-81. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062015000300007](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062015000300007)
23. Higuera J, Cabestrero D. Oxigenoterapia de alto flujo: ¿Todas las insuficiencias son iguales?. *Rev chil Anest* [en línea]. 2018 Ago [citado 10 Jul 2021]; 47:245-54. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/Pil/revchilanestv47n04.06.pdf>
24. Demelo-Rodríguez P, Olmedo Samperio M, Gaitán Tocora DG, Cano Ballesteros JC, Andueza Lillo JA. High-flow nasal cannula oxygen therapy: preliminary study in hospitalized patients. *Arch Bronconeumol* [en línea]. 2015 Dic [citado 11 Jul 2021]; 51(12):657-9. Disponible en: <https://www.archbronconeumol.org/en-high-flow-nasal-cannula-oxygen-therapy-articulo-S1579212915003225>
25. Caita Moya JK, Rondón González AM. Generalidades y utilidad de la cánula nasal de alto flujo en el recién nacido. *Revista Aire Libre* [en línea]. 2016 Dic [citado 11 Jul 2021]; 4:41-51. Disponible en: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/RAL/article/view/1015>
26. Nagler J. High-flow nasal cannula oxygen therapy in children. [en línea]. Waltham, MA; UptoDateInc; 2019 [citado 12 Jul 2021]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/high-flow-nasal-cannula-oxygen-therapy-in-children?search=advantage of high flew oxygen therapy in children&source=search\\_result&selectedTitle=1~150&usage\\_type=default&display\\_rank=1#H2026060363](https://www.uptodate.com/contents/high-flow-nasal-cannula-oxygen-therapy-in-children?search=advantage%20of%20high%20flow%20oxygen%20therapy%20in%20children&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1#H2026060363)

27. Rodríguez Pascual L. Oxígeno en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria en el medio hospitalario. En: Viejo Bañuelos JL, coordinador. Monografías en neumología: indicaciones y manejo de la oxigenoterapia. [en línea]. Zaragoza, España: Neumología y salud; 2020 [ citado 12 Jul 2021]; Capítulo 2 p. 27-43. Disponible en: <http://www.neumologiaysalud.es/descargas/M8/M8.pdf>
28. González H. Protocolo de oxigenoterapia por cánula nasal de alto flujo. [en línea]. Panamá: Hospital del niño Doctor José Renán Esquivel: 2020. [citado 14 Jun 2021]; Disponible en: <https://hn.sld.pa/wp-content/uploads/2021/04/PROTOCOLO-OXIGENOTERAPIA-DE-ALTO-FLUJO.pdf>
29. Ortiz R. Cánula nasal de alto flujo: revisión sistemática. Med Clín Soc [en línea]. 2019 Ago [citado 12 jul 2021]; 3(2):50-57. Disponible en: <https://www.medicinaclinicaysocial.org/index.php/MCS/article/view/87/138>
30. Arellano S,D. Guía recomendaciones uso canula nasal de alto flujo en pacientes covid 19 [en línea]. Chile: Sociedad Chilena de Medicina intensiva: 2020 [citado 14 de Jun 2021];1-14. Disponible en: [https://www.medicina-intensiva.cl/site/covid/guias/Canula\\_Nasal\\_Alto\\_Flujo.pdf](https://www.medicina-intensiva.cl/site/covid/guias/Canula_Nasal_Alto_Flujo.pdf)
31. Morosini F, Notejane M, Machado K, Páez M, Rompani E, Taboada R, et al. Ventilación no invasiva y oxigenoterapia de alto flujo en niños en salas de cuidados moderados: experiencia en la Unidad de Cuidados Respiratorios Especiales Agudos del Hospital Pediátrico del CHPR durante 2013-2016. Arch Pediatr Urug [en línea]. 2018 Mayo [citado 14 Jun 2021]; 89(2):78-85. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-12492018000200078&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-12492018000200078&script=sci_arttext)
32. González Matínez F, González Sánchez MI, Pérez Moreno J, Rodríguez Fernández R. La oxigenoterapia de alto flujo sí tiene un papel en el tratamiento de la bronquiolitis en las plantas de pediatría. An Pediatr [en línea]. 2020 Ene [ citado 14 Jun 2021]; 92(1):61-2. Disponible en : <https://www.analesdepediatría.org/es-la-oxigenoterapia-alto-flujo-si-articulo-S169540331930284X>

33. De la Fuente-Sancho I, Romeu-Bordas Ó, Fernández-Aedo I, Vallejo De la Hoz G, Ballesteros-Peña S. Contaminación microbiológica en humidificadores de sistemas de oxigenoterapia de alto y bajo flujo: una revisión sistemática. *Med Intensiva* [en línea]. 2019 Ene-Feb [citado 7 Jul 2021]; 43(1): 18-25. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-contaminacion-microbiologica-humidificadores-sistemas-oxigenoterapia-articulo-S0210569117303327>
34. Nascimento MS, Quinto DER, Oliveira GCZ, Rebello CM, do Prado C. Nasogastric tube, a warning sign for high-flow nasal cannula failure in infants with bronchiolitis. *Sci Rep* [en línea]. 2020 Sept [citado 7 Jul 2021]; 10(1):15914. Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522248/pdf/41598\\_2020\\_Article\\_72687.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522248/pdf/41598_2020_Article_72687.pdf)
35. Monteverde E, Fernández A, Ferrero F, Barbaro C, De Lillo L, Lavitola M, et al. Oxigenoterapia con cánula nasal de alto flujo en lactantes con infección respiratoria baja aguda: experiencia en hospitales de la Ciudad de Buenos Aires. *Arch Argent Pediatr* [en línea]. 2019 Oct [citado 14 Jun 2021]; 117(5):286-93. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0325-00752019000500003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-00752019000500003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
36. Pérez Sanz J. Bronquitis y bronquiolitis. *Pediatr Integral* [en línea]. 2016 Ene [citado 7 Jul 2021]; 20 (1): 28-37 Disponible en: [https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2016/xx01/03/n1-028-037\\_JosuePerez.pdf](https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2016/xx01/03/n1-028-037_JosuePerez.pdf)
37. Potasznik J, Golubicki A, Fernandez A, Raiden S, Sosa R, Gonzalez N, et al. Comparación en los resultados de pacientes con bronquiolitis manejados con dos diferentes métodos de administrar oxígeno: informe preliminar de avance del Hospital General de Niños Pedro de Elizalde. *Rev Elizalde* [en línea]. 2018 [citado 14 Jun 2021]; 9 (1): 10-16. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/103634/CONICET\\_Digital\\_Nro.5760e935-c095-4d21-9335-19b8bf3f9fef\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/103634/CONICET_Digital_Nro.5760e935-c095-4d21-9335-19b8bf3f9fef_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

38. Dadlez NM, Esteban-Cruciani N, Khan A, Shi Y, McKenna KJ, Azzarone G, et al. Safety of high-flow nasal cannula outside the ICU for previously healthy children with bronchiolitis. *Respir Care*. [en línea]. 2019 Nov [citado 14 Jun 2021]; 64(11):1410-1415. Disponible en: <http://rc.rcjournal.com/content/64/11/1410>
39. Turnham H, Agbeko RS, Furness J, Pappachan J, Sutcliffe AG, Ramnarayan P. Non-invasive respiratory support for infants with bronchiolitis: a national survey of practice. *BMC Pediatr* [en línea]. 2017 Ene [citado 14 Jun 2021]; 17(1):20. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5240267/>
40. Machado K, Notejane M, Mello M, Pérez C, Giachetto G, Pérez W. Infecciones respiratorias agudas bajas en niños menores de 2 años: hospitalizaciones durante el invierno del año 2014. *Anfamed* [en línea]. 2018 Jun [citado 18 Jun 2021]; 5(1):82-103. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-12542018000100082](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-12542018000100082)
41. Reyes Domínguez S. Oxigenoterapia de alto flujo. [en línea] En: 34 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos. Mesa redonda: soporte respiratorio en patología obstructiva grave; 2019 Mayo 23-25. Murcia, España: SECIP. [citado 20 Jun 2021]; p. 7-11. Disponible en: <https://secip.com/wp-content/uploads/2019/05/Libro-de-Ponencias-y-Comunicaciones.pdf>
42. González Martínez F, González Sánchez MI, Toledo Del Castillo B, Pérez Moreno J, Medina Muñoz M, Rodríguez Jiménez C, et al. Tratamiento con oxigenoterapia de alto flujo en las crisis asmáticas en la planta de hospitalización de pediatría: nuestra experiencia. *An Pediatr*. [en línea]. 2019 Feb [citado 18 Jun 2021]; 90(2):72-78. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403318303060>
43. Cousins JL, Wark PA, McDonald VM. Acute oxygen therapy: a review of prescribing and delivery practices. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* [en línea]. 2016 Mayo [citado 18 Jun 2021]; 11:1067-75. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4888716/>

44. Roca O, Messika J, Caralt B, García-de-Acila M, Sztrymf B, Jean-Damien R, et al. Predicting success of high-flow nasal cannula in pneumonia patients with hypoxemic respiratory failure: the utility of the ROX index. *J Crit Care*. [en línea]. 2016 Oct [citado 22 Jun 2021]; 35:200-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883944116300946?via%3Dihub>
45. Artacho Ruiz R, Artacho Jurado B, Caballero Güeto F, Cano Yuste A, Durbán García I, García Delgado F, et al. Predictores de éxito del tratamiento con cánula nasal de alto flujo en el fallo respiratorio agudo hipoxémico. *Med Intensiva* [en línea]. 2021 Mar [citado 24 Jun 2021]; 45(2):80-7. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-predictores-exito-del-tratamiento-con-articulo-S0210569119301913>
46. Salvatico E, Storaccio S.C, Ulloa A, Prado S, Diaz M. Oxigenoterapia de alto flujo (OAF) en pediatría. una experiencia innovadora. *Notas de Enferm*. [en línea]. 2017 Nov [citado 24 Jun 2021]. (30):23-28. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/notasenf/article/view/21674/21401>
47. Sachdev A, Rauf Kk A. High-flow nasal cannula in children : a concise review and update. En: Todi S, Bhalchandra Dixit S, Zirpe K, Mehta Y, editores. *Critical Care Update 2019* [en línea]. [s.l.]: Jaypee Brothers Medical; 2019 [citado 24 Jun 2021]; Capítulo 100 p. 1-7. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/333448617\\_High-flow\\_Nasal\\_Cannula\\_in\\_Children\\_A\\_Concise\\_Review\\_and\\_Update](https://www.researchgate.net/publication/333448617_High-flow_Nasal_Cannula_in_Children_A_Concise_Review_and_Update)
48. Colaiaanni Alfonso N, Castro Sayat M. Cánula Nasal Alto-Flujo (CNAF): puesta al día. *Arch Medicina* [en línea]. 2019 Dic [citado 16 Jun 2021]; 15 (4:7):1-8. Disponible en: <https://www.archivosdemedicina.com/medicina-de-familia/caacutenula-nasal-altoflujo-cnaf-puesta-al-diacutea.pdf>
49. Rodríguez N Iván, Gatica S, Darwin. Percepción de esfuerzo durante el ejercicio: ¿Es válida su medición en la población infantil? *Rev chil enferm respir*. [en línea]. 2016 Mar [citado 24 Jun 2021]; 32(1):25-33. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-73482016000100005](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482016000100005)

50. Stahringer R, Salas JC, Palero F. Sensación del esfuerzo percibido: hacia un cambio en el modo de evaluar las conductas motrices introyectivas en las clases de educación física de la escuela secundaria. *Acción Motriz* [en línea]. 2018 Jul-Dic [citado 16 Jul 2021];(21):37-48. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6597290>
51. Liesching TN, Lei Y. Efficacy of high-flow nasal cannula therapy in intensive care units: a meta-analysis of physiological and clinical outcomes. *J Intensive Care Med*. [en línea]. 2019 [citado 28 de Jun 2021]; 34(2):140-152. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0885066616689043>
52. Notejane M, Casuriaga A, Vomero A, Pandolfo S, Giachetto G, Pérez W, et al. Aplicación de oxigenoterapia por cánula nasal de alto flujo versus oxigenación por bajo flujo en neonatos con bronquiolitis hospitalizados en salas de un centro de referencia en Uruguay. *Arch Pediatr Urug*. [en línea]. 2018 Ago [citado 04 Jul 2021]; 89 (4) : 257-63. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-12492018000500257](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492018000500257)
53. Slain KN, Shein SL, Rotta AT. The use of high-flow nasal cannula in the pediatric emergency department. *J Pediatr (Rio J)*. [en línea]. 2017 Ago [citado 21 Jun 2021]; 93 Suppl 1: 36-45. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/jped/a/6PGVZyjqdFy8TY7PgkTXTzd/?lang=en&format=pdf>
54. Pinchak C, García L, Peluffo G, Vázquez M, Halty M, Chamorro F, et al. Experiencia en la utilización de cánula nasal de alto flujo en niños con infecciones respiratorias agudas hospitalizados en un sector de internación. *Arch Pediatr Urug*. [en línea]. 2019 Oct [citado 04 Jul 2021]; 90 (5):257-69. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-12492019000500257&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492019000500257&lng=es&nrm=iso)
55. Pérez C, Peluffo G, Giachetto G, Menchaca A, Pérez W, Machado K, et al. Modalidades especiales de tratamiento: ventilación no invasiva y cánula nasal de alto flujo. *Arch Pediatr Urug*. [en línea]. 2020 Dic [citado 17 Jun 2021]; 91 Suppl 1:40-7. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-12492020000700040&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492020000700040&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

56. Frat JP, Coudroy R, Marjanovic N, Thille AW. High-flow nasal oxygen therapy and noninvasive ventilation in the management of acute hypoxemic respiratory failure. *Ann Transl Med.* [en línea]. 2017 Jul [citado 18 Jul 2021]; 5(14):297. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28828372/>
  
57. Oliva Osorio G. Descripción de uso de sistema de alto flujo en departamento de pediatría del Hospital General San Juan de Dios. [tesis de Maestría]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2019.
  
58. Koyauchi T, Yasui H, Enomoto N, Hasegawa H, Hozumi H, Suzuki Y, et al. Pulse oximetric saturation to fraction of inspired oxygen (SpO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>) ratio 24 hours after high-flow nasal cannula (HFNC) initiation is a good predictor of HFNC therapy in patients with acute exacerbation of interstitial lung disease. *Ther Adv Respir Dis.* [en línea]. 2020 Ene-Dic [citado 21 Jul 2021]; 14: 1-11. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7016313/>
  
59. Hurtado Laverde JC. Soporte respiratorio de alto flujo en el manejo del paciente con COVID-19 [en línea]. Bogotá, Colombia: Colegio Colombiano de Terapeutas Respiratorios; [202?] [citado 26 Jul 2021]; capítulo 3 1-16. Disponible en: <https://distribuna.com/wp-content/uploads/2020/04/3.-Soporte-Respiratorio-de-Alto-Flujo-en-el-Manejo-eel-Paciente-con-COVID-19.pdf>
  
60. Paton L, Kotwinski D, Langford R. A guide to High-flow nasal oxygen therapy in airway management. [en línea]. Ireland: Armstrong Medical ; [201?] [citado 27 Jul 2021]. Disponible en: [https://www.armstrongmedical.net/app/uploads/2019/01/BJHM\\_Guide\\_to\\_HFNOAQ.pdf](https://www.armstrongmedical.net/app/uploads/2019/01/BJHM_Guide_to_HFNOAQ.pdf)
  
61. Ashraf-Kashani N, Kumar R. High-flow nasal oxygen therapy. *BJA Education* [en línea]. 2017 Feb [citado 28 Jul 2021]; 17(2):63-7. Disponible en: [https://bjaed.org/article/S2058-5349\(17\)30029-X/fulltext](https://bjaed.org/article/S2058-5349(17)30029-X/fulltext)

62. Zielińska A, Jassem-Bobowicz JM, Kwiatkowska J. Oxygen therapy with high-flow nasal cannulas in children with acute bronchiolitis. *Anaesthesiol Intensive Ther.* [en línea]. 2019 Mar [citado 20 Jun 2021]; 51(1):51-5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31280552/>
63. Northern Devon Health. Guidelines for high flow oxygen therapy (AIRVO<sup>2</sup>) on the wards. [en línea]. [s.l.] NHS: 2017 [citado 27 Jul 2021]; Disponible en: <http://docplayer.net/188258900-Title-guidelines-for-high-flow-oxygen-therapy-airvo2-on-the-wards.html>
64. Pérez C, Peluffo G, Giachetto G, Menchaca A, Pérez W. Ma. et al. Concurso: experiencias exitosas en la prevención y control de infecciones respiratorias. *Arch pediatr Urug* [en línea]. 2020 Dic [citado 22 Jun 2021]; 91 Suppl 1:1-22. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-12492020000700001&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492020000700001&lng=es&nrm=iso)
65. Kwon JW. High-flow nasal cannula oxygen therapy in children: a clinical review. *Clin Exp Pediatr* [en línea]. 2020 Ene [citado 12 Jul 2021]; 63 (1):3-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7027347/>
66. Liu J, Li DY, Liu ZQ, Lu GY, Li XQ, Qiao LN. High-risk factors for early failure of high-flow nasal cannula oxygen therapy in children. *Chin J Contemp Pediatr.* [en línea] 2019 Jul [citado 24 Jul 2021]; 21(7):650-5. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/31315763>
67. Marco CA, Oakes JM. Heated high-flow nasal cannula oxygen therapy and noninvasive positive pressure ventilation [en línea]. Morrisville, NC:Relias Media; 2021 [citado 24 Jul 2021] Disponible en: <https://www.reliasmedia.com/articles/147419-heated-high-flow-nasal-cannula-oxygen-therapy-and-noninvasive-positive-pressure-ventilation>
68. Guatemala. Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social. Departamemento de Epidemiología. Protocolos de vigilancia epidemiológica: infecciones respiratorias agudas y meningitis bacteriana [en línea]. Guatemala: MSPAS; 2018 [citado 23 2021]; Disponible en: <http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202018/Protocolos/Infecciones%20Respiratorias%20Agudas%20y%20Meningitis%20Bacterianas.pdf>

69. Guatemala. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Departamento de epidemiología. Infecciones respiratorias agudas (IRAS) [en línea] 2020 [citado 11 Jun 2021]; Boletín Semepi; (5): 1-5 Disponible en: <http://epidemiologia.mspas.gob.gt/phocadownloadpap/boletin-semana-epidemiologica/Semepi-5.pdf>
70. Guatemala. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Análisis infecciones respiratorias Guatemala : vigilancia epidemiológica [en línea]. Guatemala: MSPAS; 2016 [citado 18 Jun 2021]; Disponible en: <http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202017/IRAS/An%C3%A1lisis%20Infecciones%20Respiratorias%20Guatemala%202016.pdf>
71. García-Sosa A, Orozco-Romero DP, Iglesias-Leboreiro J, Bernárdez-Zapata I, Rendón-Macías ME. Escala Wood Downes-Ferrés, una opción útil para identificar la gravedad en crisis asmática. Rev Mex Pediatr [en línea]. 2018 Ene-Feb [citado 17 Ago 2021]; 85(1):11-16. Tabla, Escala Wood Downes-Ferrés; p. 12. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2018/sp181c.pdf>
72. Benito-Fernández J, Paniagua-Calzón N. Diagnóstico y tratamiento de la bronquiolitis aguda en Urgencias. Protoc diagn ter pediatr [en línea]. 2020 [citado 17 Ago 2021]; (1):63-73. Tabla, Escala de Tal modificada; p. 3. Disponible en: [https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/05\\_bronquiolitis.pdf](https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/05_bronquiolitis.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1

**Tabla 1.** Matriz consolidativa de artículos utilizados según tipo de estudio

| <i>Tipo</i>                                             | <i>Término utilizado</i>        | <i>Número de artículos</i> |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Todos los artículos                                     | Sin filtro                      | <b>2,313</b>               |
| Artículos de Revisión                                   | “Article review”                | <b>1,144</b>               |
| Revisiones sistemáticas de ensayos clínicos controlados | “Systematics reviews” [MeSH]    | <b>723</b>                 |
|                                                         | “Monograph” [MeSH]              |                            |
|                                                         | “Monografía” [DeCS]             |                            |
| Estudios de cohorte                                     | “Cohort studies” [MeSH]         | <b>4</b>                   |
|                                                         | Estudios de cohorte [DeCS]      |                            |
| Estudios descriptivos                                   | “Descriptive studies” [DeCS]    | <b>439</b>                 |
|                                                         | “Estudios descriptivos” [DeCS]  |                            |
| Reporte de casos                                        | Case Reports [Publication Type] | <b>3</b>                   |
|                                                         | “Informes de Casos” [DeCS]      |                            |

Adaptación propia de Ríos-Guzmán RE, USAC, Facultad de Ciencias Médicas. Guatemala ¿Cómo elaborar una monografía? 2021

## Anexo 2

**Tabla 1.** Escala Wood-Downes-Ferrés

|                                                     | 0     | 1                | 2                              | 3                        |
|-----------------------------------------------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------|
| <b>Cianosis</b>                                     | No    | Sí               |                                |                          |
| <b>Ventilación</b>                                  | buena | Disminuida       | Muy disminuida                 | Tórax silente            |
| <b>Sibilancias</b>                                  | No    | Final espiración | Toda espiración                | Inspiración y espiración |
| <b>Tiraje</b>                                       | No    | Subintercostal   | Supraclavicular + aleteo nasal | Supraesternal            |
| <b>Frecuencia respiratoria</b>                      | <30   | 31-45            | 46-60                          | >60                      |
| <b>Frecuencia cardíaca</b>                          | <120  | >120             |                                |                          |
| <b>crisis leve: 1-3, moderada: 4-7 severa: 8-14</b> |       |                  |                                |                          |

Adaptación propia de García- Sosa A. et al.<sup>71</sup> Escala Wood Downes-Ferrés, una opción útil para identificar la gravedad en crisis asmática. 2018

## Anexo 3

**Tabla 2.** Escala de Tal Modificada

|                                                 | 0        | 1                                 | 2                                               | 3                                                |
|-------------------------------------------------|----------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Frecuencia respiratoria</b>                  |          |                                   |                                                 |                                                  |
| <b>Edad &lt;6 m*</b>                            | ≤40 rpm* | 41-55 rpm                         | 56-70 rpm                                       | ≥70 rpm                                          |
| <b>Edad ≥6 m</b>                                | ≤30 rpm  | 31-45 rpm                         | 46-60 rpm                                       | ≥60 rpm                                          |
| <b>Sibilancias/ crepitantes</b>                 | No       | Sibilancias solo en la espiración | Sibilancias insp/esp, audibles con estetoscopio | Sibilancias insp/esp, audibles sin estetoscopio  |
| <b>Retracciones</b>                             | No       | Leves: subcostales, intercostales | Moderadas: intercostales                        | Intensas: intercostales y supraesternal; cabeceo |
| <b>Saturación de O2*</b>                        | ≥95%     | 92-94%                            | 90-91%                                          | ≤89%                                             |
| <b>leve: &lt;5; moderada: 6-8 severa: &gt;8</b> |          |                                   |                                                 |                                                  |

\*m: mes, \*rpm: respiraciones por minuto, \*O2: oxígeno .

Adaptado de Benito Fernández J et al.<sup>72</sup> Diagnóstico y tratamiento de la bronquiolitis aguda en urgencias. 2020

## SIGLARIO

OAF= Oxigenoterapia de alto flujo

CPAP= Presión nasal positiva continua en las vías respiratorias

CNAF= Sistema de alto flujo en canula nasal

L/min= litros por minuto

FIO<sub>2</sub>= Fracción inspirada de oxígeno

O<sub>2</sub>= Oxígeno

CO<sub>2</sub>= Dióxido de carbono

SpO<sub>2</sub>= Saturación de oxígeno

PaCO<sub>2</sub>= Presión parcial de dióxido de carbono

UCIN= Unidad de cuidados intensivos neonatal

FR= Frecuencia respiratoria

FC= Frecuencia cardiaca

Pes= Presión esofágica

IRA= Insuficiencia respiratoria aguda

RN= Recién Nacido

LPM= latidos por minuto

IC=Intervalo de confianza

p=probabilidad

AUROC= Área bajo la curva característica de funcionamiento del receptor

Guatemala 12 de julio de 2021

Coordinación de Trabajos de Graduación  
Facultad de Ciencias Médicas  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Yo **NICK EDWARD JOSUÉ ALARCÓN DUARTE**, en mi calidad de asesor del trabajo de graduación titulado: **EFICACIA DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO COMO ALTERNATIVA PARA LA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN PEDIATRÍA**, doy fe que he dirigido, orientado y apoyado metodológicamente a las estudiantes: **MARÍA ALEJANDRA ABIGAIL DE LEÓN PALOMO**, carné: **201500079** y **ELEANY MADELEIN MUÑOZ TORRE**, carné: **201500405**, en el proceso de elaboración de la primera versión del trabajo de graduación en modalidad monografía. Así mismo manifiesto que mi asesoría se apegó a los principios éticos fundamentales de la investigación en salud y a las guías establecidas por la Coordinación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por lo tanto, **lo apruebo para su presentación** y lo someto a consideración para su escrutinio y que se hagan correcciones pertinentes.

Atentamente,



Dr. **NICK EDWARD J. A.**  
Méd. EN PEDIATRÍA  
COL. No. 18,198

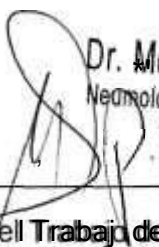
Asesor del Trabajo de Graduación

Guatemala 12 de julio de 2021

Coordinación de Trabajos de Graduación  
Facultad de Ciencias Medicas  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Yo **MOISES ISRAEL LOPEZ PEREZ**, en mi calidad de revisor del trabajo de graduación titulado: **EFICACIA DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO COMO ALTERNATIVA PARA LA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN PEDIATRÍA**, doy fe que he revisado todos los aspectos técnicos y metodológicos del trabajo de las estudiantes: **MARÍA ALEJANDRA ABIGAIL DE LEÓN PALOMO**, carné: 201500079 y **ELEANY MADELEIN MUÑOZ TORRE**, carné: 201500405, en el proceso de elaboración de la primera versión del trabajo de graduación en modalidad monografía. Así mismo manifiesto que mi revisión se apegó a los principios éticos fundamentales de la investigación en salud y a las guías establecidas por la Coordinación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por lo tanto, lo apruebo para su presentación y lo someto a consideración para su escrutinio y que se hagan correcciones pertinentes.

Atentamente,

  
Dr. **Moisés I. López Pérez**  
Neumología y Alergología Pediátrica  
Colegiado No. 811B  
Dr. \_\_\_\_\_  
Revisor del Trabajo de Graduación



## Viper Plagiarism Report

PLAGIO 2DA REV.docx scanned Aug 18, 2021

Overall Score

**6%**

2.1%

Desarrollo pulmonar - SlideShare

<https://www.slideshare.net/neftTS/desarrollo-pulmor>

1.2%

CARACTERÍSTICAS ANÁTOMO-FUNCIONA...

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-cli>

0.9%

Aspectos básicos del manejo de la vía aérea: ...

<https://docobook.com/aspectos-basicos-del-manejo->

0.7%

Exploración de la vía aérea en el paciente pe...

<https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/13784>

0.3%

Ventilación no invasiva y oxigenoterapia de al...

[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_artte](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_artte)

0.3%

Malformaciones Congénitas Pulmonares | Pul...

<https://es.scribd.com/presentation/417053841/Malfo>

0.3%

Embriología - Trabajos finales - 1638 Palabras

<https://www.buenastareas.com/ensayos/Embriologia>

0.2%

Contaminación microbiológica en humidificad...

<https://www.medintensiva.org/index.php?p=revista&>

0.1%

Protocolo Oxigenoterapia de Alto Flujo 2018 -...

<https://secip.com/wp-content/uploads/2019/03/Proto>

0.1%

intubacion: via aerea en pediatria

<https://drariosviaaerea.blogspot.com/2010/10/via-aer>

0.1%

Fisiología Respiratoria - Ensayos universitario...

<https://www.buenastareas.com/ensayos/Fisiologia-F>



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Médicas

Biblioteca y Centro de documentación  
"Dr. Julio de León Méndez"



## Constancia de aprobación de referencias bibliográficas

|                                                                                                                                             |                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Fecha de entrega:<br>23/08/2021                                                                                                             | Grado a obtener:<br>Médico y Cirujano (Grado) |
| Titulo del trabajo de graduación:<br>Eficacia de oxigenoterapia de alto flujo como alternativa para la ventilación no invasiva en pediatría |                                               |
| Bibliotecario que reviso las referencias:<br>Marta Yolanda López Ruíz                                                                       |                                               |
| Asesor:<br>Nick Edward Josué Alarcón Duarte                                                                                                 |                                               |

Autores del trabajo de graduación en la(s) siguiente(s) pagina(s).

### ADMINISTRACIÓN DE BIBLIOTECA

**NOTA:** Esta es una constancia de que se le revisaron y aprobaron las referencias bibliográficas del trabajo de graduación mencionado.



51

Para verificar que la siguiente constancia es emitida por la Biblioteca y sus datos estén correctos escanea el código QR o ingresa al siguiente enlace:

<http://bibliomed.usac.edu.gt/constancia/verificar.php?ad=3&ed=3156d&id=631&od=9c30f>



**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ciencias Médicas**

**Biblioteca y Centro de documentación  
"Dr. Julio de León Méndez"**



**Autor(es)**

| # | DPI           | Registro Estudiantil | Nombre                                 |
|---|---------------|----------------------|----------------------------------------|
| 1 | 2992557000101 | 201500079            | María Alejandra Abigail de León Palomo |
| 2 | 2399521540101 | 201500405            | Eleany Madelein Muñoz Torre            |



52

Para verificar que la siguiente constancia es emitida por la Biblioteca y sus datos estén correctos escanea el código QR o ingresa al siguiente enlace:

<http://bibliomed.usac.edu.gt/constancia/verificar.php?ad=3&ed=3156d&id=631&od=9c30f>

Guatemala,  
4 de septiembre de 2021

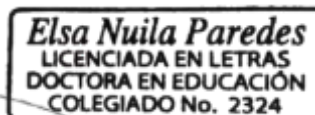
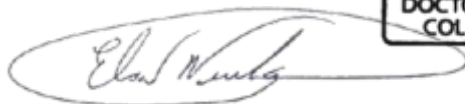
Señores  
Comisión de Trabajos de Graduación -COTRAG-  
Facultad de Ciencias Médicas  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ciudad

Señores:

Por este medio me permito informarles que he llevado a cabo la revisión de los aspectos gramaticales (morfología y sintaxis), semánticos, ortográficos, pragmáticos y ortotipográficos de la tesis **Eficacia de la oxigenoterapia de alto flujo como alternativa para la ventilación no invasiva en pediatría**, cuya autoría corresponde a las estudiantes **María Alejandra Abigail de León Palomo** y **Eleany Madelein Muñoz Torre**.

Las autoras aceptaron los cambios y enmiendas sugeridas por lo cual, a juicio de quien suscribe, su trabajo de graduación puede continuar los trámites correspondientes.

Respetuosamente,



Dra. Elsa Nuila Paredes  
Correctora externa  
Colegiado No. 2324



**COLEGIO DE HUMANIDADES DE GUATEMALA**  
0 CALLE 15-46, ZONA 15, COLONIA EL MAESTRO  
TEL.: 2369-3670 • TELEFAX: 2369-3716  
GUATEMALA, C. A.

e-mail: [colegiodehumanidades@yahoo.com](mailto:colegiodehumanidades@yahoo.com)  
e-mail: [colegiodehumanidades@hotmail.com](mailto:colegiodehumanidades@hotmail.com)

**SERIE "A"**

**Nº 483175**

2 Constancias de colegiado  
Gratuitas por pago anual.

EL (A) INFRASCRITO (A) SECRETARIO (A) DE LA JUNTA DIRECTIVA DEL COLEGIO PROFESIONAL DE HUMANIDADES DE GUATEMALA, hace constar que tuvo a la vista los registros internos del Colegio, en los cuales figura que el Colegiado No. 2324

GRADO: LICENCIATURA EN LETRAS  
PEM. EN LETRAS

NOMBRE: NUIA PAREDES ELSA

de conformidad con el Artículo 5to. del Decreto Número 72-2001, de la Ley del Colegiación Profesional Obligatoria para el Ejercicio de las Profesiones Universitarias, es COLEGIADO ACTIVO y en consecuencia, está a la fecha, solvente en el pago de sus cuotas Ordinarias y Extraordinarias, así como del Impuesto Sobre el Ejercicio de las Profesiones Universitarias hasta el mes de DICIEMBRE DE 2021 por lo tanto se encuentra activo hasta el mes de

MARZO DE 2022

. Y para los usos legales que al interesado convengan, se extiende la presente CERTIFICACION en la Ciudad de

Guatemala, a los 13/01/2021

NOTA: 1. Esta CERTIFICACION es válida ÚNICAMENTE EN ORIGINAL, extendida por el Colegio.  
2. Original Firmas y Sellos respectivos en original.  
3. Original Contenido en Color Azul.



Vo. Bo.

Secretaría Administrativa

Secretario de Junta Directiva

No. personal 2324

**Registro y control de revisiones del trabajo de graduación**

Código: 104\_21MCOGG

 Modalidad: Virtual

 Título preliminar del trabajo de graduación: EFICACIA DE LA OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO COMO ALTERNATIVA PARA LA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN PEDIATRÍA

 Nombre del profesor de COTRAG que revisa el trabajo: Dr. César García

**Instrucciones:** En esta hoja debe quedar constancia del acompañamiento que realizan el asesor y revisor del trabajo de graduación. Las casillas se pueden usar para colocar la firma y sello del cada uno de los profesionales, o bien para describir que la aprobación del documento que se entrega en la fecha de revisión se refiere a la imagen de un correo electrónico o WhatsApp. En caso de usar imágenes, estas deben mostrar claramente la fecha del envío de la aprobación y el nombre del asesor o revisor. Las imágenes deben ser colocadas en hojas anexas.

|                                | Nombre                           | Tel. móvil | Correo electrónico                |
|--------------------------------|----------------------------------|------------|-----------------------------------|
| Asesor                         | Nick Edward Josué Alarcón Duarte | 54662576   | nalarcon1852@medicina.usac.edu.gt |
| Revisor                        | Moises Israel López Pérez        | 55502440   | moiseslopezdr@gmail.com           |
| Co asesor (si fuera necesario) |                                  |            |                                   |

| Fecha de revisión | Asesor                                                                                                                                                       | Revisor                                                                                                                                                                         |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3/05/2021         | Dr. Nick Edward J. Alarcón D.<br>Msc. EN PEDIATRÍA<br>COL. No. 16,199<br> | Dr. Moisés I. López Pérez<br>Neumología y Alergología Pediátrica<br>Colegiado No. 8118<br>  |
| 5/06/2021         | Dr. Nick Edward J. Alarcón D.<br>Msc. EN PEDIATRÍA<br>COL. No. 16,199<br> | Dr. Moisés I. López Pérez<br>Neumología y Alergología Pediátrica<br>Colegiado No. 8118<br> |
| 12/07/2021        | Dr. Nick Edward J. Alarcón D.<br>Msc. EN PEDIATRÍA<br>COL. No. 16,199<br> | Dr. Moisés I. López Pérez<br>Neumología y Alergología Pediátrica<br>Colegiado No. 8118<br> |
| 27/07/2021        | Dr. Nick Edward J. Alarcón D.<br>Msc. EN PEDIATRÍA<br>COL. No. 16,199<br> | Dr. Moisés I. López Pérez<br>Neumología y Alergología Pediátrica<br>Colegiado No. 8118<br> |
| 4/09/2021         | Dr. Nick Edward J. Alarcón D.<br>Msc. EN PEDIATRÍA<br>COL. No. 16,199<br> | Dr. Moisés I. López Pérez<br>Neumología y Alergología Pediátrica<br>Colegiado No. 8118<br> |