



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
HOSPITAL STAR MÉDICA INFANTIL PRIVADO

**EXPERIENCIA EN EL USO DE PUNTAS NASALES DE ALTO FLUJO
DE OXÍGENO EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS:
MARZO DE 2015 A ABRIL DE 2019**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE SUBESPECIALISTA EN:

MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA

P R E S E N T A
DRA. KARLA GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS
DRA. MARIBELLE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



Ciudad de México, febrero de 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
HOSPITAL STAR MÉDICA INFANTIL PRIVADO**

**EXPERIENCIA EN EL USO DE PUNTAS NASALES DE ALTO FLUJO
DE OXÍGENO EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS:
MARZO DE 2015 A ABRIL DE 2019**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE SUBESPECIALISTA EN:

MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA

**P R E S E N T A
DRA. KARLA BERENICE GARCÍA VARGAS**

**DIRECTORA DE TESIS
DRA. MARIBELLE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**



Ciudad de México, febrero de 2020

COLABORADORES

Dra. Maribelle Hernández Hernández

Directora de tesis

Profesora Titular de la Especialidad de Medicina Crítica Pediátrica
Hospital Star Médica Infantil Privado

Dra. Teresa de Jesús Vázquez Loredo

Asesora de Tesis

Hospital Star Médica Infantil Privado

Dra. Joan Celis Jasso

Asesora Metodológica

Hospital Star Médica Infantil Privado

Dra. Karla Berenice García Vargas

Investigador Principal

Hospital Star Médica Infantil Privado

AUTORIZACIONES

Dr. Manuel Enrique Soriano Aguilar
Jefe de Enseñanza e Investigación
Hospital Star Médica Infantil Privado

Dra. Maribelle Hernández Hernández
Director de tesis
Profesora Titular de la Especialidad de Medicina Crítica Pediátrica
Hospital Star Médica Infantil Privado

Dr. Armando Anaya
Director Médico
Hospital Star Médica Infantil Privado

DEDICATORIA

ÍNDICE

<u>1</u>	<u>RESUMEN ESTRUCTURADO</u>	<u>8</u>
<u>2</u>	<u>MARCO TEÓRICO</u>	<u>9</u>
2.1	INTRODUCCIÓN	9
2.2	OPCIONES COMERCIALES DE LAS PNAF	10
2.3	CARACTERÍSTICAS DE LA TERAPIA DE ALTO FLUJO	11
2.4	COMPONENTES DE LAS PNAF	12
2.5	EFFECTOS FISIOLÓGICOS Y MECANISMOS DE ACCIÓN DE LAS PNAF	14
2.6	APLICACIONES CLÍNICAS EN PACIENTES PEDIÁTRICOS Y ADULTOS	26
2.7	FACTORES PREDICTORES DE FRACASO	30
<u>3</u>	<u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>32</u>
<u>4</u>	<u>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</u>	<u>33</u>
<u>5</u>	<u>JUSTIFICACIÓN</u>	<u>33</u>
<u>6</u>	<u>OBJETIVOS</u>	<u>34</u>
6.1	GENERAL	34
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
<u>7</u>	<u>DISEÑO DEL ESTUDIO</u>	<u>35</u>
<u>8</u>	<u>POBLACIÓN</u>	<u>35</u>
8.1	POBLACIÓN OBJETIVO	35
8.2	POBLACIÓN DE ESTUDIO	36
<u>9</u>	<u>CRITERIOS DE SELECCIÓN</u>	<u>36</u>

9.1	INCLUSIÓN	36
9.2	EXCLUSIÓN	36
10	<u>MATERIAL Y MÉTODOS</u>	<u>36</u>
10.1	MATERIAL	36
10.2	MÉTODOS	37
11	<u>TAMAÑO DE LA MUESTRA</u>	<u>37</u>
12	<u>VARIABLES DEL ESTUDIO</u>	<u>38</u>
13	<u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	<u>43</u>
14	<u>CONSIDERACIONES ÉTICAS</u>	<u>44</u>
15	<u>CONFLICTO DE INTERESES</u>	<u>44</u>
16	<u>FACTIBILIDAD</u>	<u>45</u>
17	<u>LIMITACIONES</u>	<u>45</u>
18	<u>RESULTADOS</u>	<u>45</u>
19	<u>DISCUSIÓN</u>	<u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u>
20	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u>
21	<u>REFERENCIAS</u>	<u>50</u>

1 Resumen Estructurado

Objetivo: Determinar las características clínicas del paciente que predicen el éxito o el fracaso con puntas nasales de alto flujo como terapia de tratamiento en niños con insuficiencia respiratoria aguda que se encuentran en la unidad de terapia intensiva pediátrica.

Diseño: El diseño de la investigación fue descriptivo, longitudinal, experimental y retrospectivo.

Lugar: Hospital Infantil Privado de marzo 2015 a abril de 2019.

Pacientes: Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años con datos clínicos de insuficiencia respiratoria aguda.

Intervenciones: Uso de puntas nasales de alto flujo para tratamiento de insuficiencia respiratoria aguda.

Resultados: Se incluyeron 81 pacientes en el estudio el 43.2% (n = 35) fueron pacientes de género femenino. Se reportó fracaso de uso de PNAF en 10 pacientes (12.3%). Se observó una diferencia estadísticamente significativa en el flujo máximo (p 0.036), la fracción inspirada de oxígeno máxima (0.005), índice de saturación de oxígeno inicial (0.028) y los días de estancia hospitalaria en terapia intensiva (0.030) entre grupos, demostrando cifras menos favorecedoras en el grupo de fracaso con PNAF. Ningún antecedente (cardiopatía, neumopatía, prematurez o intubación previa) se asoció con el fracaso a PNAF.

Conclusiones: Las puntas nasales de alto flujo constituyen un soporte de gran utilidad en la falla respiratoria aguda independientemente de la patología basal del paciente, con tasas de éxito que auguran la extensión de su uso en los medios médicos pediátricos del mundo.

Palabras clave: pediátrico, insuficiencia respiratoria aguda, puntas nasales del alto flujo

2 Marco teórico

2.1 Introducción

La Insuficiencia Respiratoria Aguda (IRA) supone una causa frecuente de ingreso en los servicios de cuidados críticos y la oxigenoterapia sigue constituyendo, uno de los tratamientos de primera línea en su manejo. En condiciones de IRA, podemos administrar oxígeno de una manera invasiva o no invasiva. Sin embargo, siempre que sea posible se debería tratar de evitar la instauración de un soporte ventilatorio invasivo.

Sin embargo, la oxigenoterapia no invasiva presenta una serie de factores limitantes que condicionan su eficacia y, en consecuencia, también limitan la corrección de la hipoxemia y de la clínica asociada a la IRA. Los principales factores limitantes son, por un lado, la tolerancia del sistema de aplicación, y por otro, la limitación del flujo de oxígeno administrado. Una reciente alternativa es la Oxigenoterapia de Alto Flujo (OAF), que permite suministrar un flujo de gas de hasta 60 L/minuto mediante unas cánulas nasales de silicona, con el gas suministrado acondicionado a nivel de temperatura y humedad ideales (37°C y 100% de humedad relativa).

El uso de las puntas nasales de alto flujo (PNAF) se ha vuelto cada vez más popular en el tratamiento de pacientes con IRA en todos los grupos de edad, esto como una modalidad ventilatoria no invasiva alternativa de menor complejidad en relación con otros sistemas de soporte respiratorio no invasivo. Su primera utilización fue reportada en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) para el tratamiento de prematuros con apneas y/o como coadyuvante en el período de postextubación, extendiéndose su uso rápidamente a la población pediátrica y adulta como una herramienta de utilidad ventilatoria en diferentes escenarios clínicos. Actualmente existe ya un ensayo clínico controlado aleatorizado que demuestra que la ventilación con PNAF puede ser superior al suministro de oxígeno de bajo flujo en la prevención del fracaso en niños con bronquiolitis (1) y otros estudios lo apoyan como una modalidad equivalente a las tradicionales del tipo no invasivo (CPAP o BIPAP) (2,3).

2.2 Opciones comerciales de las PNAF

Hay dos empresas principales que fabrican estos dispositivos: Vapotherm® (Exeter, NH), que tiene un dispositivo que puede entregar flujos de hasta 50 L/minuto, y Fisher and Paykel Healthcare, Inc. (Auckland, Nueva Zelanda), que ofrece tanto el Optiflow™ como el dispositivo AIRVO™ 2, los cuales pueden entregar flujos de hasta 60 L/ minuto. Cada compañía ofrece tamaños de cánulas para neonatos prematuros, así como para niños de varias

edades, hasta cánulas de tamaño adulto. Las puntas nasales deben encajar cómodamente en las narinas del paciente para evitar el arrastre de aire de la habitación alrededor de la cánula, un problema que ocurre en cánulas nasales estándar. Cada fabricante tiene un flujo máximo para cada tamaño de cánula correspondiente al tamaño y edad del paciente.

Existen equipos específicos diseñados para entregar altos flujos que traen incorporados la termorregulación y humidificación, así como la posibilidad de medir la fracción inspirada de oxígeno. El sistema de oxígeno con alto flujo consiste en una cánula nasal con dientes más cortos y rígidos de lo habitual, diseño que permitirá mayor o menor flujo y cuya conexión distal va unida a un circuito ventilatorio específico, el cual a su vez se conecta a un sistema de humidificación y calefacción al cual se une la mezcla de oxígeno y aire.

2.3 Características de la Terapia de Alto Flujo

El suministro de terapia de alto flujo se basa en cuatro características importantes.

1. Sistema "abierto": El flujo de gas se debe entregar a través de cánula como interfaz que no obstruye las fosas nasales. Esta es una distinción clave en comparación con los modos presurizados de la ventilación

nasal, como CPAP y BiPAP. Debe haber una amplia oportunidad para la fuga de gas alrededor de la cánula, y una regla estándar es siempre dimensionar las puntas nasales: la cánula no debe ocupar más del 50% del área transversal de cada fosa nasal.

2. Gas acondicionado: Las mezclas de gas suministradas a través de las puntas nasales de alto flujo debe estar termoregulada y con buena humidificación para evitar desecación de la mucosa respiratoria.
3. Flujos altos: Las puntas nasales de alto flujo deben entregar flujos de mezcla de gas que sean mayores que el flujo inspiratorio máximo del paciente, para prevenir el arrastre significativo de aire ambiente durante la inspiración.
4. Alta velocidad: El gas suministrado a alta velocidad penetra profundamente en la vía aérea, acercando la fuente de gas fresco a la carina y proporcionando apoyo nivel de respiración.

2.4 Componentes de las PNAF

Para la administración de la OAF se necesitan 4 componentes:

1. Interfaz con el paciente

La interfaz que se utiliza son unas cánulas nasales especiales hechas de silicona y más largas que las cánulas convencionales. Existen varios tamaños

y, por tanto, se debe seleccionar aquel que mejor se adapte a las narinas de nuestro paciente. Además, existen adaptadores para los pacientes traqueostomizados.

2. Controlador de flujo y fracción inspirada de oxígeno

Se necesita un sistema que permita administrar gas a alto flujo (0 – 60 L/minuto) y, además, ajustar la FiO_2 administrada. Existen 2 sistemas distintos para lograr esto:

- Mezcla de oxígeno con aire comprimido mediante 2 tomas de pared independientes conectadas con una pieza en «Y» o mediante respiradores comerciales (Dräger, Lübeck), entre otros.
- Mezcla de oxígeno con aire ambiente mediante turbina (sistema Airvo™, Fisher & Paykel Healthcare Ltd).

3. Humidificador-calefactor

La clave fundamental para su uso clínico es la humidificación efectiva del gas administrado. Los sistemas comerciales más utilizados son el sistema Optiflow™ (Fisher & Paykel Healthcare Ltd., Auckland, Nueva Zelanda) y el Vapotherm™ Precision Flow (Vapotherm, Exeter, EE. UU.). Estos

sistemas permiten la administración del gas calentado a temperatura corporal (37°C) y con una humedad relativa del 100%.

4. Circuitos no condensantes

Existen circuitos de distintas casas comerciales. Lo más importante para tener en cuenta en su elección es que estos sistemas deberían tener mecanismos para prevenir y minimizar la condensación, ya que se ha demostrado que este fenómeno favorece el desarrollo de infecciones.

2.5 Efectos fisiológicos y mecanismos de acción de las PNAF

Existen muchos mecanismos de acción beneficiosos que se han atribuido a la efectividad de las puntas nasales de alto flujo en pacientes adultos y pediátricos con IRA. No está claro cuál de los beneficios es más importante, y puede depender de los pacientes de manera individual y de la etiología de la insuficiencia respiratoria. Los mecanismos de acción a continuación no se enumeran en el orden de importancia:

1. Humidificación y calentamiento del oxígeno

El gas de O₂ medicado es frío y seco, cuando entra en contacto con la vía aérea superior este es humidificado y calentado para ser tolerado por el

paciente. Conforme aumenta los requerimientos de flujo inspiratorio del paciente es necesario ir aumentando el flujo del gas de O₂ y esto a su vez requiere mayor acondicionamiento de este. Chanques et al demostró que la humidificación del gas inspirado a través del mecanismo de burbujas convencional es mínima y el calentamiento del gas es nulo por lo que a valores hasta 5 – 6 L/minuto es bien tolerado por los pacientes.

A partir de 6 y máximo 15 L/minuto a través de una máscara facial el porcentaje de humidificación va disminuyendo y van apareciendo efectos adversos como sequedad nasal y bucal, trauma ocular y nasal, dolor del seno frontal, irritación ocular, distensión gástrica, aspiración y sobre todo incomodidad.

Otros efectos que provoca la administración de aire frío y seco a la vía aérea son: disminución del flujo traqueal de moco, daño agudo e inflamación de las células epiteliales de la mucosa nasal, congestión vascular, daño epitelial y subepitelial de la mucosa alveolar y edema pulmonar.

Fontanari encontró que a la exposición prolongada de gas frío y seco a los receptores nasales en asociación con receptores muscarínicos provocan broncoconstricción, aumento de la resistencia de la vía aérea y reducción de la limpieza mucociliar (4). Greenspan y col. demostraron en sus estudios que a los 5 minutos de administrar aire ambiente hacia la tráquea disminuyó la complacencia y la conducción pulmonar en niños y que la humidificación y el

calentamiento del gas inspirado tiene un menor impacto en la respuesta fisiológica del pulmón disminuyendo la constricción de la vía aérea, disminución del trabajo respiratorio, mejora en la función mucociliar, facilita la eliminación de secreciones, disminuye la formación de atelectasias, mejora el índice ventilación/perfusión (V/Q) y mejora la oxigenación (4,5).

Oto et al. estudió la humidificación absoluta medida durante 24 horas en pacientes que usan ventilación no invasiva con IRA y encontró que puede mantenerse una humedad absoluta dentro de la máscara de 30 mg H₂O/L y que esta va disminuyendo conforme va aumentando el requerimiento de flujo inspiratorio del paciente (5). A partir de esto Salter desarrolló un dispositivo que logró alcanzar un relativo nivel de humedad a 21° y 23° centígrados de temperatura con un flujo a 10 y 15 L/minuto de 76.9% y 78.7% de humedad.

Posteriormente Fisher y Paykel con el sistema Optiflow logró optimizar aún más el nivel de humedad llegando a un 100% a una temperatura de 36.5° centígrados a un flujo de 40 L/minuto (6). Así encontramos que una cantidad significativa de los individuos gastan energía tanto para calentar como para humidificar el gas durante la respiración normal. Por lo tanto, el oxígeno calentado y humidificado puede mejorar la eliminación de la secreción y disminuir las vías respiratorias, inflamación, y también disminuir el gasto de energía, particularmente en el contexto agudo de insuficiencia respiratoria, siendo algo benéfico para el paciente.

2. Limpieza mucociliar

Se proponen en la literatura dos mecanismos de defensa pulmonar, el primero lo componen varios mecanismos de la vía aérea superior que son el estornudo, la tos, la náusea y el uso de filtros naturales que pueden estar influenciados por la voluntad del paciente si éste se encuentra consiente o de manera involuntaria mientras los centros nerviosos correspondientes se encuentren intactos.

El segundo mecanismo es el sistema de transporte mucociliar que se encarga de absorber y neutralizar los contaminantes inhalados y los lleva fuera de las vías respiratorias evitando la posible infección pulmonar. Este segundo mecanismo se encuentra directamente influenciado por el nivel de humedad y calor del aire inspirado e indirectamente por el patrón respiratorio, flujo de aire/O₂, flujo inspiratorio y volumen tidal (7). Estos factores actúan individualmente o en conjunto modificando este mecanismo de defensa al cambiar la estructura de la mucosa haciéndola más gruesa y densa, la porción acuosa de la mucosa se vuelve más fina y esto altera el funcionamiento de los cilios volviéndolos lentos e incluso hasta detenerlos totalmente (5); favoreciendo el acúmulo de secreciones en la vía respiratoria inferior, ayudando a la proliferación bacteriana.

La aplicación de las PNAF al proveer un acondicionamiento óptimo del gas inspirado permite que el sistema mucociliar se mantenga en funcionamiento y de esta manera disminuye la respuesta inflamatoria asociada a la administración de aire seco y frío, además de disminuir el riesgo de infección sobre agregadas.

3. Reducción de resistencia nasofaríngea

Existen condicionamientos anatómicos a nivel de la nasofaringe a los que se le atribuyen distintas características cuando hablamos de su funcionamiento correcto y son:

- Fisiológicamente el pico flujo inspiratorio atraviesa la mitad inferior de la cavidad nasal debido a que la ranura olfatoria ocupa su porción superior y solo recibe flujos bajos.
- La cavidad nasal anterior, que mide 3 centímetros aproximadamente en adultos, actúa como válvula fisiológica y es el determinante principal del flujo inspiratorio.
- El colapso de los tejidos blandos de la nasofaringe influye directamente en los cambios de las resistencias al flujo.
- La cavidad nasal posterior es más ancha y circular disminuyendo su resistencia.

Cuando en un paciente se aumenta su pico flujo inspiratorio, realiza una respiración nasal/bucal debido a las características anatómicas de la nasofaringe. Después de analizar los lazos de flujo/volumen de la nasofaringe en cadáveres se observó que la nasofaringe tiene capacidad expandible que puede permitir cambios en la resistencia (6). En un estudio se analizó la presión que genera el flujo del gas en la resistencia de la nasofaringe con CPAP vs. PNAF y se encontró que con éstas la presión fue de 783 cm H₂O/L/segundo mientras que con CPAP fue de 280 cm H₂O/L/segundo. Esto podría justificar que el uso de las puntas nasales de alto flujo reduce la resistencia inspiratoria de la nasofaringe por incremento del flujo inspiratorio y el CPAP disminuye la resistencia supraglótica hasta un 60% y esto se transmite en disminución del trabajo resistivo de la respiración (5).

4. Reducción del costo metabólico por acondicionamiento del gas

Fisiológicamente el paso del aire ambiente a través de la nariz calienta el aire inspirado a 37° centígrados y permite una humedad relativa del 100%. Este acondicionamiento del gas requiere de energía, por lo que se aplica la ley de Dalton que menciona: "un gas es calentado mientras más vapor de agua por unidad de volumen contiene dando un porcentaje de humedad relativa".

La energía requerida no sólo es para calentar el aire sino también para vaporizar el agua dentro del aire. Se sabe que para elevar 16°C y tener $35\text{ mg H}_2\text{O/L}$, 1 litro de gas inspirado y acondicionarlo utiliza $107,5\text{ J}$ (26 calorías); un paciente respirando 500 ml de volumen tidal a 12 respiraciones por minuto va a requerir $156\text{ calorías/minuto}$ para acondicionar el gas (5). Esto nos da una idea que en un paciente con insuficiencia respiratoria aguda el costo metabólico para acondicionar el gas puede ser entre 10 a 15 veces mayor al basal. Este acondicionamiento del gas a altos flujos que proveen las puntas nasales de alto flujo permite un importante ahorro de energía que el paciente crítico normalmente no está en capacidad de suplir.

5. Efecto PEEP y reclutamiento alveolar (mejora de oxigenación)

La presión esofágica generada por el flujo inspiratorio del gas favorece la aparición de resistencia al flujo espiratorio que puede variar según la boca abierta o cerrada, pero sin perderse y esto se traduce con aumento de la presión de distensión pulmonar y reclutamiento alveolar. Esta presión esofágica se ve modificada por género, índice de masa corporal y por el flujo. Parke et al. comparó el uso de las puntas nasales de alto flujo vs mascarilla facial a 35 L/minuto de flujo en pacientes en el posquirúrgico inmediato de cirugía cardíaca durante 1 minuto; encontró que la presión esofágica se elevó hasta $2.7\text{ cm H}_2\text{O}$ con boca cerrada, $1.2\text{ cm H}_2\text{O}$ con boca abierta y se

mantuvo en 0 (cero) con mascarilla facial concluyendo que el uso de las PNAF tiene un efecto en la presión esofágica (5).

Groves y Tobin en voluntarios sanos analizaron el efecto de las PNAF en la presión esofágica con flujos entre 0 a 60 L/minuto; vieron que la presión se eleva linealmente con el aumento del flujo inspiratorio llegando a una presión esofágica de 7.4 cm H₂O a 60 L/minuto con boca cerrada. La diferencia si respira con boca abierta o boca cerrada se basa principalmente que al respirar con boca abierta pierde toda la presión ejercida por el flujo de aire inspirado en la nasofaringe por escape del aire y pérdida de la resistencia al flujo espiratorio (5).

El reclutamiento alveolar provocado por el aumento de la presión de distensión pulmonar se demostró al estudiar el volumen pulmonar al final de la espiración. Corley et al. evaluó el volumen pulmonar al fin de la espiración con el uso de las PNAF mediante tomografía pulmonar por impedancia eléctrica, encontrando un mayor beneficio en pacientes con índice de masa corporal elevado (7).

Además, se estudió el efecto de las PNAF en el volumen pulmonar al final de espiración dependiendo de la posición prona o supina mediante tomografía pulmonar por impedancia eléctrica encontrando más beneficio en

posición supina posiblemente inducida por mayor tolerancia del paciente en esa posición. En un último estudio de Parke et al. en voluntarios sanos con un flujo inspiratorio de 100 L/minuto donde observó el aumento del volumen pulmonar al final de espiración proporcionalmente al aumento del flujo del gas inspirado.

El grado de observación la presión positiva en la vía aérea está directamente relacionada con la media del caudal de las PNAF, la apertura de la boca y el sitio de medición de la presión. Tres estudios han medido las presiones en la nasofaringe como predictor de la presión positiva al final de la espiración. Milési y cols (8) estudiaron 21 lactantes menores de 6 meses con bronquiolitis y encontraron que el aumento de las PNAF a 6 – 7 L/minuto conduce a presiones faríngeas que aumentan a 6 cm H₂O y dependiendo del peso, se necesitan flujos de ≥ 2 L/kg/minuto para lograr una presión faríngea de ≥ 4 cm H₂O.

Se reportó presiones faríngeas inferiores de ~ 3 cm H₂O en 25 pacientes con bronquiolitis con 6 – 8 L/minuto, y las presiones ligeramente más bajas si la boca del sujeto estuviera abierta. Spentzas et al. reportaron presiones nasofaríngeas de 4 a 5 cm H₂O en bebés con 8 a 12 L/minuto y presiones de 2 cm H₂O en pacientes mayores con 20 a 30 L/minuto. Un estudio de 25 niños críticamente enfermos con una variedad de enfermedades respiratorias

encontró que la presión al final de la espiración era ~ 5 cm H₂O en 5 – 8 L/minuto, solo 1 cm más alto que las mediciones obtenidas mientras se encontraba en una cánula nasal estándar a 2 L/minuto (9).

La evidencia disponible apoya la teoría de que las PNAF generan muy modestos incrementos en la presión positiva al final de la espiración en relación con las cánulas nasales estándar, aunque la cantidad real depende del flujo de las PNAF y del tamaño del paciente. Independientemente del mecanismo, se ha demostrado que las PNAF reducen significativamente el trabajo respiratorio, principalmente atenuando la presión negativa inspiratoria intratorácica como se evidencia por una disminución de los cambios de presión esofágica y la actividad eléctrica del diafragma (8).

6. Incremento de la fracción inspirada de oxígeno

Fisiológicamente el volumen tidal y el flujo inspiratorio varían entre cada respiración, por lo que la diferencia entre el flujo inspiratorio del paciente y la entrega del Flujo de O₂ cambia de igual manera. El desarrollo de dispositivos que permiten mantener una concentración de FiO₂ estable con flujos altos de gas ha sido un reto para los investigadores. Las PNAF es un dispositivo que permite este objetivo, mantener la concentración de FiO₂ real y estable entre 0.21 a 1.0 independiente del nivel de flujo de gas que puede variar entre 6 y

60 L/minuto y sobre todo mantenerlo a nivel transtraqueal para su consumo a nivel alveolar (6).

Ritchie et al. en sus estudios observó que con un flujo entre 1 y 6 L/minuto la FiO_2 fue de 0.26 a 0.54 con respiración lenta y de 0.24 a 0.45 con respiración rápida. Entre 6 a 15 L/minuto la FiO_2 se mantuvo entre 0.54 a 0.75 con respiración lenta y entre 0.49 a 0.72 con respiración rápida (4). En otros estudios se encontró que la influencia que tiene la orofaringe como reservorio de O_2 fue importante al analizar la respiración con boca abierta o cerrada.

Wettstein et al. comparó esta hipótesis y encontró que los pacientes que respiran con la boca abierta y con las PNAF mantenían mejor concentración de FiO_2 debido a que en la inspiración siguiente absorbían todo el contenido del reservorio fisiológico de la orofaringe (10). Tjep y Barnett observaron en un sistema de PNAF Vapotherm®, que la entrega de FiO_2 puede mantenerse entre 0.62 a 0.92 con flujos entre 10 y 30 L/minuto en comparación con la mascarilla facial (6). Otro componente estudiado en la aplicación de las cánulas nasales de alto flujo es el grosor de los tubos que se insertan en las fosas nasales; debido a que un paciente con desbalance entre el flujo inspiratorio y el flujo de gas comienza a inspirar aire ambiente para compensar su requerimiento de flujo provocando dilución de la FiO_2 entregada al paciente.

7. Lavado del espacio muerto nasofaríngeo

También conocido como efecto "wash-out", contribuye a mejorar la presión distendente. El criterio principal para iniciar soporte ventilatorio no invasivo es el mejorar el esfuerzo respiratorio espontáneo y eliminar el CO₂. La hipercapnia y la apnea secundaria a hipercapnia es la principal causa de que un paciente requiera soporte ventilatorio invasivo pudiendo generar lesión pulmonar y posteriormente complicaciones crónicas asociadas a la ventilación mecánica.

Un mecanismo de las PNAF es la disminución del espacio muerto de la cavidad nasofaríngea permitiendo una mejor ventilación alveolar y disminución del volumen minuto con una mejoría en el esfuerzo respiratorio al disminuir la frecuencia respiratoria influenciando indirectamente en un mejor intercambio gaseoso. Hay disminución del nivel de PaCO₂ y el espacio muerto proponiendo 2 mecanismos: a) barre el CO₂ de la vía aérea superior, y b) reduce el espacio muerto al disminuir la frecuencia respiratoria e incrementar la ventilación alveolar.

Al final habrá la disminución de atelectasias, mejoría de la relación V/Q y una mejoría en la distensibilidad pulmonar al aumentar el volumen de fin de espiración, y con ello la capacidad residual funcional. Además, favorecerá la

disminución del trabajo respiratorio por contrarrestar el auto-PEEP (presión positiva al final de la espiración). Por lo tanto, un paciente apoyado por PNAF puede emplear menos esfuerzo respiratorio y menor frecuencia respiratoria para mantener el mismo nivel de ventilación alveolar y PaCO₂. Este mecanismo es particularmente importante en los niños pequeños, teniendo en cuenta que el espacio muerto anatómico extratorácico de un recién nacido es tan alto como 3 ml/kg.

2.6 Aplicaciones clínicas en pacientes pediátricos y adultos

En el área de pediatría las PNAF representan una alternativa a la administración de CPAP no invasivo en aquellos pacientes con dificultad respiratoria moderada, especialmente en la población de lactantes con bronquiolitis. Existe un estudio prospectivo realizado en 46 niños (desde recién nacidos hasta escolares) que presentaron dificultad respiratoria estratificada en leve y moderada, observándose que las PNAF lograban mejorar el puntaje respiratorio, la saturación de oxígeno y la escala de COMFORT en la mayoría de los pacientes y que esto se explicaría por la aplicación de una presión nasofaríngea constante de alrededor de 4 ± 2 cm H₂O, siendo más evidente en los lactantes (11).

Rubin y Cols. observaron en un grupo de 25 niños con diversos diagnósticos que las PNAF, disminuían el esfuerzo respiratorio con el aumento de las tasas del alto flujo, con el impacto más significativo a 8 L/minuto, concluyendo que su posible mecanismo de mejoría fue a través de la generación de presión positiva y el lavado del espacio muerto en las vías respiratorias (9).

En la bronquiolitis diversos estudios han evaluado el mismo efecto. Arora y cols en un grupo de 25 niños con bronquiolitis utilizaron PNAF en el servicio de urgencias observando que flujos crecientes suministrados a través de dichas puntas se asociaban a un aumento lineal de la presión nasofaríngea, efecto que lograba sostenerse con boca abierta, si bien con menor cuantía, con ello mejorando el lavado del espacio muerto y generando presión positiva al final de la espiración (12).

Melesi y cols en 21 lactantes menores de 6 meses que cursaban bronquiolitis secundaria a virus sincitial respiratorio con puntaje de dificultad respiratoria moderada, observaron que con flujos iguales o superiores a 2 L/kg/min generaban una presión faríngea que se asociaba a una mejoría del patrón respiratorio y a una rápida descarga de los músculos respiratorios (8). Se ha evaluado el uso de las PNAF sobre el volumen espiratorio final (EEVL) con tomografía de impedancia eléctrica, en 11 lactantes que cursaban con bronquiolitis con requerimientos de oxígeno mayores a 2 lpm y dificultad

respiratoria moderada, se observó que con 8 lpm (2 L/kg/min), existía un aumento de la EEVL, con aumento de la presión esofágica al final de la espiración y una mejoría en la frecuencia respiratoria, FiO_2 y SpO_2 (13).

También Schibler y cols observaron que la intubación disminuía de un 37 a 7% en un período de 5 años en lactantes menores de 24 meses que cursaban bronquiolitis, coincidiendo con la introducción de las PNAF (14).

Se ha reportado que el uso de las PNAF ha disminuido la necesidad de intubación en pacientes con IRA. Wing y cols (15), en un estudio retrospectivo realizado en urgencias, evaluaron el riesgo de intubación antes y después de la introducción del dispositivo, observando, que el riesgo de intubación había disminuido en un 83% a un 58% a nivel global durante el periodo que se implementó el protocolo (OR 0.17, IC95% 0.06 – 0.5 y OR 0.42, IC95% 0.20 – 0.89, respectivamente). En otro estudio que demuestra lo mismo se encontró que el porcentaje de intubación en 115 lactantes menores de 24 meses con bronquiolitis entre el período previo y el posterior a la introducción de las PNAF, disminuyó de un 23% a 9% en el período posterior a la implementación con un OR de 0.32 (IC95% 0.11 – 0.97), además de que los días cama en la unidad de terapia intensiva pediátrica disminuyó de 6 a 4 días en promedio (16).

En el paciente adulto, debido a los diferentes mecanismos de acción expuestos previamente, las PNAF presentan un amplio espectro de

aplicaciones clínicas. El estudio de Roca et al. (17) fue el primero en demostrar los beneficios del uso de las PNAF en pacientes con IRA, tras solo 30 minutos de uso de la OAF evidenciaban una mejoría significativa tanto en los parámetros clínicos como fisiológicos. Estos resultados fueron confirmados posteriormente por Sztrymf et al. (18), quienes corroboraron una reducción de la frecuencia respiratoria y una mejoría en la oxigenación de estos pacientes.

Por otra parte, el uso de las PNAF podría reducir la necesidad de VMNI e incluso de ventilación mecánica invasiva (VMI) en los pacientes con IRA. En el de Sztrymf et al. (18) se evidenciaba un fracaso de la PNAF de aproximadamente un 30%, lo cual es equiparable a la tasa de fracasos de la VMNI. El grupo de Parke et al. (19) encontró que solo un 10% de los pacientes con IRA moderada – grave tratados con PNAF necesitaban de VMI, mientras que este porcentaje ascendía hasta un 30% en los que se usaba mascarilla nasobucal.

Más recientemente, en una población de trasplantados pulmonares con IRA, las PNAF disminuían significativamente la necesidad de VMI con una reducción del riesgo absoluto de ventilación mecánica del 30%, siendo necesarios solo 3 pacientes para evitar una intubación, con potenciales efectos sobre la morbilidad y el costo – eficacia del sistema (16). Un estudio

reciente que evaluó el impacto clínico de la ventilación con PNAF en pacientes con IRA grave encontró una tasa de éxitos del 68%, requiriendo de ventilación mecánica (ya sea invasiva o no invasiva) solo un 32% de los pacientes (20).

Todavía más llamativos son los resultados del estudio FLORALI (2), en el que se muestran los beneficios de la PNAF en comparación con la oxigenoterapia convencional y la VMNI en términos de mortalidad y reducción de las tasas de intubación en pacientes con hipoxemia grave. En este estudio se analizaron pacientes con IRA grave tratados con PNAF, oxigenoterapia convencional o VMNI. Se evidenció una menor tasa de intubación, así como una reducción en la mortalidad en el subgrupo de pacientes más graves (con una relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ mm Hg) que fueron tratados con PNAF. Se ha utilizado también en otros contextos tales como para preoxigenación en la maniobra de intubación traqueal, oxigenoterapia para procedimientos invasivos, en insuficiencia cardíaca, destete de la ventilación mecánica, cuidados paliativos y en adultos en las exacerbaciones de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas.

2.7 Factores predictores de fracaso

Estudios han demostrado que la respuesta a las PNAF se evidenciará en los primeros 60 a 90 minutos de iniciado el apoyo respiratorio, por lo que

posterior a esto se haría necesario evaluar en escalar en el soporte respiratorio. Existe un estudio de cohorte retrospectivo realizado en dos unidades de urgencias pediátricas donde evaluaron a 498 pacientes menores de 2 años (21) con diagnósticos de insuficiencia respiratoria aguda (asma, bronquiolitis, neumonía) que recibieron PNAF dentro de las primeras 24 horas, observando que un 8% de los pacientes requirieron intubación y que una frecuencia respiratoria mayor al percentil 90 para la edad, una presión arterial de dióxido de carbono mayor a 50 mm Hg y un pH menor a 7.30 se asociaban independientemente a este fracaso.

Algo similar fue descrito por Mayfiel y cols (22) quienes observaron que los pacientes no respondedores a las PNAF eran identificables dentro de la primer hora del uso de las puntas, mediante el monitoreo de la frecuencia cardiaca y respiratoria. Otro estudio de 113 lactantes comparó las características de los respondedores y los no respondedores a PNAF y los últimos presentaban mayor hipercapnia, menor taquipnea, tenían un mayor puntaje de gravedad y mostraban un pequeño cambio en su condición basal post conexión a las PNAF (23).

No se han descrito efectos adversos importantes en relación con la utilización de las PNAF. Los sistemas de humidificación activa permiten administrar gas totalmente acondicionado y, por lo tanto, los efectos secundarios a nivel de las estructuras nasofaríngeas se minimizan

enormemente. En los pacientes con EPOC, el uso de altas concentraciones de oxígeno puede producir acidosis respiratoria, debido a la reducción de la frecuencia respiratoria y las alteraciones de la ventilación-perfusión. Existen varios sistemas de alto flujo disponibles, el ideal es aquel que resulte más confortable para el paciente y que tenga el mejor sistema de humidificación y calentamiento con circuitos no condensantes. Estos sistemas deberían tener mecanismos para prevenir y minimizar la condensación, ya que este fenómeno favorece la aparición de infecciones, como, por ejemplo, un brote de colonización o infección por *Ralstonia* reportado por la FDA con el sistema de VapoTherm™ 23, ya controlado en la actualidad.

3 Planteamiento del Problema

La Insuficiencia Respiratoria Aguda (IRA) supone una causa frecuente de ingreso en los servicios de cuidados críticos y la oxigenoterapia sigue constituyendo, uno de los tratamientos de primera línea en su manejo.

El uso de las puntas nasales de alto flujo se ha vuelto cada vez más popular en el tratamiento de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en todos los grupos de edad y representan una alternativa a la administración de CPAP no invasivo, además, se ha reportado que su uso ha disminuido la necesidad de intubación endotraqueal. Por lo que se propone el estudio de la efectividad de su uso como tratamiento para pacientes pediátricos con insuficiencia respiratoria aguda.

4 Pregunta de investigación

¿Cuál es la efectividad del uso de las Puntas Nasales de alto Flujo como tratamiento en pacientes con Insuficiencia Respiratoria Aguda en los últimos 4 años en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica en el Hospital Infantil Privado?

5 Justificación

Las puntas nasales de flujo alto (PNAF) es un método bien tolerado para proporcionar asistencia respiratoria que ha demostrado ser de gran utilidad en la población pediátrica. El uso informado y guiado de las PNAF ha aumentado en los últimos años en una variedad de entornos clínicos. Aunque la intubación endotraqueal sigue siendo el criterio estándar para proporcionar asistencia respiratoria en pacientes críticamente enfermos o inestables, la intubación conlleva riesgos concomitantes como volutrauma, barotrauma, endotrauma y riesgo de infección. El objetivo principal de las modalidades de asistencia respiratoria no invasiva como las PNAF es reducir la necesidad de intubaciones.

La cánula nasal de alto flujo funciona al proporcionar altos índices de flujo (60 L/min) a través de las puntas de plástico colocadas en las narinas. Los dispositivos de administración modernos, además, permiten el control de la temperatura, la humedad y la mezcla de gases de acuerdo con las

necesidades de paciente siendo más confortable para los pacientes y mejor tolerado. Actualmente estudios han demostrado que se ha reducido a más del 30% el porcentaje de intubación en la población pediátrica y adulta.

6 Objetivos

6.1 General

- Determinar las características clínicas del paciente que predicen el éxito o el fracaso con puntas nasales de alto flujo como terapia de tratamiento en niños con insuficiencia respiratoria aguda que se encuentran en la unidad de terapia intensiva pediátrica.

6.2 Objetivos específicos

- Describir las características demográficas de la población.
- Establecer la prevalencia del uso de puntas nasales de alto flujo en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda.
- Describir el número de horas de ventilación no invasiva a través de las puntas nasales de alto flujo.
- Describir el número de días de estancia en terapia intensiva pediátrica en pacientes con puntas nasales de alto flujo.
- Determinar el porcentaje de fracaso en el uso de puntas nasales de alto flujo en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda.
- Identificar complicaciones asociadas al uso de puntas nasales de alto flujo en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda.

- Identificar los principales factores predictores de fracaso en el uso de puntas nasales de alto flujo.

7 Diseño del estudio

El diseño de la investigación será descriptivo, longitudinal, experimental y retrospectivo.

- Descriptivo: se pretende únicamente describir las características de los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda que requirieron soporte respiratorio con puntas nasales de alto flujo.
- Longitudinal: se evaluarán variables a lo largo del tiempo, antes y después del uso de las puntas nasales de alto flujo.
- Experimental: se utilizarán puntas nasales de alto flujo en aquellos pacientes que tengan insuficiencia respiratoria aguda y se valorará su eficacia.
- Retrospectivo: se incluirán pacientes cuyos registros estén completos en los últimos 4 años.

8 Población

8.1 Población objetivo

Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años con datos clínicos de insuficiencia respiratoria aguda.

8.2 Población de estudio

Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años con datos clínicos de insuficiencia respiratoria aguda que se ingresen al Hospital Infantil Privado en los últimos 4 años.

9 Criterios de selección

9.1 Inclusión

- Pacientes pediátricos de cualquier género
- Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años
- Pacientes con datos clínicos de insuficiencia respiratoria aguda de moderada a severa
- Pacientes que requieran apoyo respiratorio con puntas nasales de alto flujo

9.2 Exclusión

- Pacientes con expediente incompleto
- Pacientes con malformaciones nasales o cráneo-maxilo-faciales que no permitan la adecuada colocación del dispositivo
- Pacientes con requerimiento de oxigenoterapia con puntas nasales de alto flujo por etiología diferente a insuficiencia respiratoria aguda

10 Material y Métodos

10.1 Material

- Los recursos que serán utilizados para la realización del estudio son:

- Hoja de captura Excel prediseñada
- Computadora con paquete Microsoft Office 2016 Versión 15.2
- Paquete estadístico SPSS v.23
- Expediente físico del Hospital Infantil Privado
- Puntas nasales de alto flujo VapoTherm

10.2 Métodos

Se identificarán los pacientes del Hospital Infantil Privado que cumplan con los criterios de selección. Posteriormente se recabarán del expediente las variables consideradas relevantes para el estudio y se registrarán en la hoja de captura Excel previamente diseñada. Finalmente se realizará el análisis estadístico planeado para reportar los resultados obtenidos.

11 Tamaño de la muestra

Se utilizó la fórmula para el cálculo de tamaño de muestra para proporción de una población (porcentaje de fracaso de las puntas de alto flujo). La fórmula es la siguiente:

$$n = \frac{Z_{\alpha^2} P(1 - P)^2}{i^2}$$

En donde:

n = tamaño de muestra

Z_{α^2} = valor de Z correspondiente a riesgo α fijado para hipótesis bilateral

(0.05)

P = valor de la proporción que se supone que existe en la población (6%)

I²= precisión con que se desea estimar el parámetro (8%)

Entonces:

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.08 \times (1 - 0.08)^2}{0.06^2} = 72$$

Por lo que el tamaño de muestra para este estudio proporción con error alfa de 0.05 para hipótesis bilateral y un error total aceptado del 6% fue de 72 pacientes.

12 Variables del estudio

A continuación, se presenta el listado de variables con su definición conceptual u operacional correspondiente:

Variable	Definición	Tipo de variable	Unidad
Género	División del género humano en dos grupos: mujer u hombre	Nominal dicotómica	0: Masculino 1: Femenino
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un individuo al momento de la cirugía	Numérica discreta	Años
Peso	Es la medida en kilogramos que se utiliza en medicina como referencia del desarrollo y estado de salud del organismo humano.	Numérica discreta	Kilogramos

Patología de Base	Estado mórbido de salud que motivó su ingreso a la unidad de terapia intensiva pediátrica	Nominal policotómica	<ul style="list-style-type: none"> 0: sano 1: laringotraqueomalacia 2: canal AV 3: ERGE 4: hipotiroidismo 5: CIA + CIV 6: Encefalopatía hipóxico-isquémica 7: Coartación de Aorta 8: enfermedad de Hirschsprung 9: interrupción del arco aórtico 10: linfoma linfoblástico 11: atresia pulmonar 12: persistencia del conducto arterioso 13: síndrome de Down 14: enfermedad autoinmune 15: obesidad 16: lupus eritematoso sistémico 17: tetralogía de Fallot 18: ventrículo único 19: CIV 20: atresia esofágica 21: SAOS 22: prematuro 23: atresia tricuspídea 24: malformación colorrectal 25: estado epiléptico 26: asma 27: epilepsia 28: alergia a la proteína de la vaca
Diagnóstico	Estado patológico por el cual se indica ingreso hospitalario	Nominal policotómica	<ul style="list-style-type: none"> 1: Neumonía 2: Neumonitis por aspiración 3: Cirugía cardíaca 4: Gastrostomía 5: Bronquiolitis 6: Choque séptico 7: Procedimiento quirúrgico 8: TCE 9: falla orgánica 10: Quemadura eléctrica 11: Laringotraqueitis 12: Crisis asmática 13: Cateterismo 14: SDRA 15: Estado epiléptico
Antecedente de enfermedad cardíaca	Historia clínica positiva a padecimiento cardíaco congénito registrado como padecimiento ya sea	Nominal dicotómica	<ul style="list-style-type: none"> 0: No 1: Sí

	corregido o no en la actualidad.		
Antecedente de neumopatía	Historia clínica positiva a proceso pulmonar crónico	Nominal dicotómica	0: No 1: Sí
Antecedente de prematuréz	Historia clínica previa de nacimiento antes de las 37- 40 semanas de edad gestacional.	Nominal dicotómica	0: No 1: Sí
Antecedentes de intubación previa	Historia previa del paciente de haber requerido en internamiento previos dispositivo de cánula endotraqueal para ventilación mecánica invasiva.	Nominal dicotómica	0: No 1: Sí
Escala de insuficiencia respiratoria aguda	Puntaje de las manifestaciones de insuficiencia respiratoria, que gradúan cada una de dichas manifestaciones y el sumatorio otorga un valor estimado y lo clasifica en leve, moderada y grave.	Nominal dicotómica	1: leve 2: moderada 3: severa
Frecuencia respiratoria	Es el número de respiraciones que realiza un ser vivo en un periodo específico de tiempo.	Numérica discreta	rpm
Frecuencia cardiaca	Es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo.	Numérica discreta	lpm
Destete de intubación	Proceso de soporte de oxígeno suplementario a través de dispositivos no invasivos posterior a extubación endotraqueal	Nominal dicotómica	0: No 1: Sí
Dispositivo	Interfaz utilizada para proveer oxígeno de forma no invasiva	Nominal policotómica	1: cánula 2: casco cefálico 3: mascarilla reservorio 4: indirecto

			5: mascarilla bolsa reservorio 6: CPAP 7: nebulizador tibio continuo 8: puntas convencionales
Patrón radiográfico	Son los hallazgos o manifestaciones radiológicas que manifiesta la enfermedad primaria, observadas en una radiografía de tórax y que pueden ser alveolar, intersticial, bronquial, vascular, hiperlucidez pulmonar, entre otros.	Nominal policotómica	1: consolidación 2: intersticial 3: derrame pleural 4: atelectasias 5: atrapamiento aéreo 6: neumotórax 7: focos múltiples 8: hiperlucidez
pH inicial	Es la concentración de iones de hidrógeno iniciales presentes en sangre arterial o venosa.	Numérica continua	Valor numérico
pvCO2	Es la presión parcial inicial del paciente de dióxido de carbono en la sangre venosa medida por gasometría.	Numérica discreta	mm Hg
paCO2	Es la presión parcial inicial del paciente de dióxido de carbono en la sangre arterial medida por gasometría.	Numérica discreta	mm Hg
pvO2	Es la presión parcial inicial del paciente de oxígeno en la sangre venosa medida por gasometría.	Numérica discreta	mm Hg
paO2	Es la presión parcial inicial del paciente de oxígeno en la sangre arterial medida por gasometría.	Numérica discreta	mm Hg
Horas de ventilación con PNAF	Tiempo en horas transcurrido desde la colocación de las puntas nasales de alto flujo hasta el	Numérica discreta	Horas

	retiro de estas con éxito.		
Flujo máximo de las PNAF	Es la cantidad de gas suministrada medida en litros por minuto máximo que se administró al paciente con el dispositivo de puntas nasales de alto flujo	Numérica discreta	Litros/minuto
FiO2 máximo de las PNAF	Es la fracción inspirada de oxígeno medida en porcentaje que se administró con el dispositivo de PNAF.	Numérica discreta	%
Flujo/kg inicial	Es la cantidad inicial de gas suministrada por dispositivos en este caso las PNAF en Litros por minuto entre el peso del paciente.	Numérica discreta	Litros/minuto
Índice de saturación inicial	División entre saturación de pulso de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno que se está administrando (SpO2/FiO2) antes del uso de las PNAF	Numérica discreta	Valor numérico
Índice de saturación posterior a las PNAF	División entre saturación de pulso de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno que se está administrando (SpO2/FiO2) posterior al uso de las PNAF	Numérica discreta	Valor numérico
Fracaso de las PNAF	Es la necesidad de ventilación mecánica convencional dentro de las primeras 48 horas de iniciada la terapia con PNAF.	Nominal dicotómica	0: No 1: Sí
Días de estancia en UTIP	Tiempo en días transcurrido entre el ingreso del paciente a la unidad de cuidados intensivos	Numérica discreta	Días

	pediátricos y la fecha de alta de este servicio por mejoría o muerte.		
Complicaciones	Es el problema médico que se presenta durante el curso de una enfermedad o después de un procedimiento o tratamiento aplicado en nuestro caso por el uso de las PNAF y/o la patología de base.	Nominal policotómica	0: ninguno 1: estridor 2: choque séptico 3: insuficiencia respiratoria 4: SDRA 5: crisis de hipoxia 6: atelectasias 7: compromiso hemodinámico 8: muerte
Germen identificado	Microorganismo detectado durante el internamiento	Nominal policotómica	1: VSR 2: Rinovirus 3: influenza 4: metapneumovirus 5: candida 6: stenotrophomona 7: parainfluenza

13 Análisis estadístico

Para todas las variables se realizó un análisis descriptivo. Las variables numéricas continuas se sometieron a pruebas de normalidad para reportarlas de acuerdo con su distribución; promedios y desviación estándar, si presentaron distribución normal; mediana con mínimos y máximos, si presentaron distribución no paramétrica. Las variables cualitativas se reportaron con frecuencias y porcentajes.

Dado que uno de los objetivos del estudio fue definir si existía alguna diferencia estadísticamente significativa entre los pacientes que fracasaron a la terapia con puntas nasales de alto flujo versus los que no, se realizó una

prueba de t para muestras independientes si la distribución de las variables numéricas fue paramétrica, o prueba U de Mann-Whitney, si las variables presentaron distribución no paramétrica, se tomó como significancia estadística una $p < 0.05$. Para las variables cualitativas se utilizó la prueba de Chi Cuadrada.

14 Consideraciones éticas

Para la realización de este estudio no se requirió de una intervención que ponga en peligro al sujeto de estudio, sólo se recabaron los datos de los pacientes sometidos por indicación médica a un soporte ventilatorio no invasivo. Todos los datos se obtendrán a través del expediente, los datos personales permanecerán en el anonimato, ya que los pacientes se identificarán de acuerdo con folios no relacionados con su registro de expediente.

Se considera una investigación sin riesgo que no transgrede las normas de la Conferencia de Helsinki de 1964 ni su revisión de 2012, al igual se respeta el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

15 Conflicto de intereses

Los investigadores que participan en este estudio declaran no tener ningún conflicto de intereses en la realización de este estudio.

16 Factibilidad

En el Hospital Infantil Privado se cuenta con los recursos médicos, físicos y de tecnología (puntas de alto flujo; VapoTherm®), por lo que se cree factible la realización de este estudio durante el periodo de tiempo considerado.

17 Limitaciones

Es un estudio realizado en un sólo centro con los sesgos que conlleva la revisión de expediente de forma retrospectiva.

18 Resultados

Se incluyeron 81 pacientes en el estudio del periodo de marzo de 2015 a abril de 2019. El 43.2% (n = 35) fueron pacientes de género femenino, el 56.8% (n = 46) fueron masculinos. La mediana de edad fue de 12 meses (mínimo 1 mes; máximo 179 meses). El 28.9% de la muestra eran pacientes previamente sanos y las razones más frecuentes de ingreso hospitalario fueron posterior a cirugía cardíaca en el 14.8% de la población, seguido de ingreso por procedimiento quirúrgico en el 9.9% (gastrostomía, plastia esofágica, drenaje de hematoma subdural, supraglotoplastia, etcétera). Se estadificó la insuficiencia respiratoria aguda en algunos pacientes, predominando un estado moderado en el 40.7%, seguido de severo en el 12.3% y leve en el 6.2%. La descripción demográfica de la muestra se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción demográfica global (n = 81)

Variable	n (%)
Género	
Femenino	35 (43.2)
Masculino	46 (56.8)
Edad (meses)*	12 (1 – 179)
Peso (kilogramos)*	8.76 (2 – 52)
Patología de base	
Previo sano	23 (28.4)
Laringotraqueomalacia	5 (6.2)
ERGE	5 (6.2)
Asma	5 (6.2)
Diagnóstico de ingreso	
Cirugía cardiaca	12 (14.8)
Procedimiento quirúrgico	8 (9.9)
Choque séptico	6 (7.4)
Bronquiolitis	3 (3.7)
Crisis asmática	3 (3.7)
Escala de IRA ^o	
Leve	5 (6.2)
Moderado	33 (40.7)
Severo	10 (12.3)

ERGE, enfermedad por reflujo gastroesofágico; IRA, insuficiencia respiratoria aguda

**Variables numéricas, se reportan en mediana, mínimo y máximo.*

^oValores perdidos

El patrón radiológico más presentado fue el infiltrado intersticial en el 37% de los pacientes, seguido de consolidación en el 12.3% y presencia de derrame pleural en el 4.9%, sólo 2 pacientes presentaron atelectasias, 3 pacientes tuvieron atrapamiento aéreo y 1 paciente neumotórax. El uso de las PNAF como destete para la intubación se registró en el 44.4% (n = 36) de los pacientes, reportándose fracaso de su uso en 10 pacientes (12.3%). La comparación de variables entre grupos, fracaso a las PNAF versus no fracaso a las PNAF se reporta en la Tabla 2.

Se observó una diferencia estadísticamente significativa en el flujo máximo (p 0.036), la fracción inspirada de oxígeno máxima (0.005), índice de saturación de oxígeno inicial (0.028) y los días de estancia hospitalaria en terapia intensiva (0.030) entre grupos, demostrando cifras menos favorecedoras en el grupo de fracaso con PNAF. Ningún antecedente (cardiopatía, neumopatía, prematurez o intubación previa) se asoció con el fracaso a PNAF.

Tabla 2. Comparación entre grupos: fracaso PNAF vs no fracaso PNAF (n = 81)

Variable	No Fracaso PNAF	Fracaso PNAF	OR	IC 95%	p
	71 (87.7)	10 (12.3)			
Antecedente cardiaco ^a	19 (26.8)	2 (20)	0.684	0.133 – 3.514	1.000
Antecedente neumopatía ^a	11 (15.5)	0 (0)	0.857	0.779 – 0.943	0.343
Antecedente prematurez ^a	11 (15.5)	3 (30)	2.338	0.523 – 10.451	0.365
Antecedente intubación ^a	25 (35.2)	4 (40)	1.227	0.316 – 4.759	0.740
Frecuencia respiratoria*	42 (15 – 80)	51 (18 – 75)			0.536
Frecuencia cardiaca*	138 (40 – 195)	153 (96 – 180)			0.325
pH*	7.36 (7.15 – 7.45)	7.43 (7.36 – 7.44)			0.043
Horas de PNAF*	72 (8 – 168)	8 (3 – 144)			0.055
Flujo máximo (L/min)*	8 (5 – 15)	12 (6 – 12)			0.036
FiO2 máximo*	77 (35 – 100)	100 (55 – 100)			0.005
Flujo/kg inicial ^o	1.13 (0.656)	1.36 (0.951)			0.772
Índice de SO2 inicial*	109 (82 – 333)	82 (40 – 285)			0.028
Índice de SO2 posterior ^o	163.35 (50.38)	143.29 (65.31)			0.357
Días de estancia UTIP*	6 (0 – 50)	10 (3 – 23)			0.030

OR, odds ratio; IC 95%, intervalo de confianza del 95%; PNAF, puntas nasales de alto flujo; FiO2, fracción inspirada de oxígeno; SO2, saturación de oxígeno; UTIP, unidad de terapia intensiva pediátrica

^an (%); Chi cuadrado

^oMedia y desviación estándar; prueba de t para muestras independientes

*Mediana, mínimo y máximo; prueba U de Mann-Whitney

Se reportaron 5 pacientes con complicaciones, la complicación más frecuente fue el desarrollo de atelectasias en 2 de ellos (Tabla 3). Se reporta mortalidad de 1.2% (1 paciente).

Tabla 3. Complicaciones (n = 81)

Variable	n (%)
Estridor	1 (1.2)
SDRA	1 (1.2)
Crisis de hipoxia	1 (1.2)
Atelectasias	2 (2.5)

Además, se identificaron diferentes gérmenes en 11 pacientes, en 4 de ellos se identificaron 2 gérmenes de forma simultánea. El más frecuente fue el virus sincitial respiratorio presente en 5 pacientes, seguido de metapneumovirus en 3 pacientes, y de rinovirus e influenza en dos pacientes, respectivamente.

19 Discusión

Las puntas nasales de alto flujo son dispositivos de recién desarrollo sin embargo, gran cantidad de estudios de investigación demuestran todos los efectos fisiológicos y sus beneficios claramente. Dichos beneficios descritos, especialmente el acondicionamiento del gas inspirado, permiten que la disminución de la disnea y el confort del paciente sean los resultados más comúnmente encontrados en todos los estudios que se han realizado

independientemente del criterio de inicio de la terapia con PNAF, ya sea en insuficiencia respiratoria como en posextubación (20).

El soporte proporcionado por dicho dispositivo evita, independientemente de la patología de base, un porcentaje significativo de intubaciones orotraqueales, con los riesgos de dicho procedimiento que pudiera afectar significativamente en la morbimortalidad del paciente pediátrico.

El resultado en la tasa de intubación de los pacientes con falla respiratoria fue de 13%, asociándose a una peor condición de ingreso, determinada por peores índices de oxigenación a su ingreso, mayor gravedad en la dificultad respiratoria y mayor flujo inicial de las PNAF. La tasa de reintubación en los pacientes posextubados no se relacionó con alguna condición preexistente, sin embargo, se observa que dichos pacientes requirieron mayores flujos y FiO₂ al destete con las PNAF. El fracaso en el uso de las PNAF se registra en tiempos de hasta 6-8 horas máximo posterior al inicio de la terapia respiratoria, que confiere mayor tiempo de latencia entre éste y el requerimiento de intubación orotraqueal, por lo cual se recomienda una vigilancia estrecha en las primeras 8 horas posterior al inicio de su uso.

La mortalidad global en nuestro estudio fue de 1.2%. Se encontró en la literatura que la mortalidad para pacientes con falla respiratoria fue del 55%.

20 Conclusiones

El uso de las PNAF se ha difundido en los últimos años a través del globo como una alternativa no invasiva, confiable, en los distintos tipos de edades pediátricas y adultos. Su uso confiere una herramienta no invasiva en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda de cualquier causa, con disminución de la tasa de intubaciones y las subsecuentes condiciones negativas asociadas a éstas. Sin embargo, los institutos de salud de nuestro país, en el medio privado, son los únicos lugares en dónde se pueden encontrar dicha herramienta valiosa. Deberá promoverse su uso ya que genera menores costos totales a las instituciones de salud, disminuyendo estancias hospitalarias, infecciones asociadas a los cuidados de la salud y mejorando el confort de los pacientes en general.

21 Referencias

1. Kepreotes E, Whitehead B, Attia J, Oldmeadow C, Collison A, Searles A, et al. High-flow warm humidified oxygen versus standard low-flow nasal cannula oxygen for moderate bronchiolitis (HFWHO RCT): an open, phase 4, randomised controlled trial. *Lancet* [Internet]. 2017;389(10072):930–9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30061-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30061-2)
2. Frat JP, Thille AW, Mercat A, Girault C, Ragot S, Perbet S, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med*. 2015;372(23):2185–96.

3. Kotecha SJ, Adappa R, Gupta N, John Watkins W, Kotecha S, Chakraborty M. Safety and efficacy of high-flow nasal cannula therapy in preterm infants: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2015;136(3):542–53.
4. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *J Intensive Care*. 2015;3(1):1–8.
5. Gotera C, Díaz Lobato S, Pinto T, Winck JC. Clinical evidence on high flow oxygen therapy and active humidification in adults. *Rev Port Pneumol [Internet]*. 2013;19(5):217–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rppneu.2013.03.005>
6. Ward JJ. High-flow oxygen administration by nasal cannula for adult and perinatal patients. *Respir Care*. 2013;58(1):98–120.
7. Beggs S, Wong Z, Kaul S, Ogden K, Walters J. High-flow nasal cannula therapy for infants with bronchiolitis. *Neonatal, Paediatr Child Heal Nurs*. 2014;17(3):28–9.
8. Milési C, Baleine J, Matecki S, Durand S, Combes C, Novais ARB, et al. Is treatment with a high flow nasal cannula effective in acute viral bronchiolitis? A physiologic study. *Intensive Care Med*. 2013;39(6):1088–94.
9. Rubin S, Ghuman A, Deakers T, Khemani R, Ross P, Newth CJ. Effort of breathing in children receiving high-flow nasal cannula. *Pediatr Crit Care Med*. 2014;15(1):1–6.
10. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults:

Physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects. *Respir Care*. 2016;61(4):529–41.

11. Spentzas T, Minarik M, Patters AB, Vinson B, Stidham G. Children with respiratory distress treated with high-Flow nasal cannula. *J Intensive Care Med*. 2009;24(5):323–8.
12. Arora B, Mahajan P, Zidan MA, Sethuraman U. Nasopharyngeal airway pressures in bronchiolitis patients treated with high-flow nasal cannula oxygen therapy. *Pediatr Emerg Care*. 2012;28(11):1179–84.
13. Hough JL, Pham TMT, Schibler A. Physiologic effect of high-flow nasal cannula in infants with bronchiolitis. *Pediatr Crit Care Med*. 2014;15(5).
14. Schibler A, Pham TMT, Dunster KR, Foster K, Barlow A, Gibbons K, et al. Reduced intubation rates for infants after introduction of high-flow nasal prong oxygen delivery. *Intensive Care Med*. 2011;37(5):847–52.
15. Wing R, James C, Maranda LS, Armsby CC. Use of high-flow nasal cannula support in the emergency department reduces the need for intubation in pediatric acute respiratory insufficiency. *Pediatr Emerg Care*. 2012;28(11):1117–23.
16. Roca O, De Acilu MG, Caralt B, Sacanell J, Masclans JR. Humidified high flow nasal cannula supportive therapy improves outcomes in lung transplant recipients readmitted to the intensive care unit because of acute respiratory failure. *Transplantation*. 2015;99(5):1092–8.
17. McKiernan C, Chua LC, Visintainer PF, Allen H. High Flow Nasal Cannulae

- Therapy in Infants with Bronchiolitis. *J Pediatr* [Internet]. 2010;156(4):634–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.10.039>
18. Sztrymf B, Messika J, Mayot T, Lenglet H, Dreyfuss D, Ricard JD. Impact of high-flow nasal cannula oxygen therapy on intensive care unit patients with acute respiratory failure: A prospective observational study. *J Crit Care* [Internet]. 2012;27(3):324.e9-324.e13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2011.07.075>
 19. Parke RL, McGuinness SP, Eccleston ML. A preliminary randomized controlled trial to assess effectiveness of nasal high-flow oxygen in intensive care patients. *Respir Care*. 2011;56(3):265–70.
 20. Sztrymf B, Messika J, Bertrand F, Hurel D, Leon R, Dreyfuss D, et al. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: A prospective pilot study. *Intensive Care Med*. 2011;37(11):1780–6.
 21. Kelly GS, Simon HK, Sturm JJ. High-flow nasal cannula use in children with respiratory distress in the emergency department: Predicting the need for subsequent intubation. *Pediatr Emerg Care*. 2013;29(8):888–92.
 22. Mayfield S, Bogossian F, O'Malley L, Schibler A. High-flow nasal cannula oxygen therapy for infants with bronchiolitis: Pilot study. *J Paediatr Child Health*. 2014;50(5):373–8.

23. Abboud PA, Roth PJ, Skiles CL, Stolfi A, Rowin ME. Predictors of failure in infants with viral bronchiolitis treated with high-flow, high-humidity nasal cannula therapy. *Pediatr Crit Care Med*. 2012;13(6):343–9.