

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**UTILIZACIÓN DE VENTILACIÓN NO INVASIVA EN UNIDADES DE CUIDADOS  
INTENSIVOS PEDIÁTRICOS**

Trabajo de graduación sometido a la consideración del Comité Director del  
Posgrado en Medicina Crítica Pediátrica para optar el grado académico de  
Especialista en Medicina Crítica Pediátrica

**Dr. José Leonel Rosales Fernández**

Ciudadela Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica 2018

Investigador Principal:

- Dr. José Leonel Rosales Fernández  
Especialista en Pediatría y Fellow Medicina Crítica Pediátrica  
Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera  
Correo electrónico: [joselrosalesf@gmail.com](mailto:joselrosalesf@gmail.com)

Sub-Investigador:

- Dra. Rocío Porras Velásquez  
Especialista en Pediatría y Cuidado Intensivo Pediátrico  
Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera  
Correo electrónico: [rociopo@yahoo.com](mailto:rociopo@yahoo.com)

## **DEDICATORIA**

A Dios quien me ha permitido cumplir cada uno de mis sueños y a mi familia quienes me han acompañado en todo el proceso para llegar hasta ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia y mis tutores de postgrado, así como al Lic. Eduardo Chavarria por todo el apoyo en este proyecto

5 de enero del 2018

Sistema de Estudios de Postgrado

Universidad de Costa Rica

Estimados señores:

Por este medio hago constar que la investigación "UTILIZACIÓN DE VENTILACIÓN NO INVASIVA EN UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS "; su discusión y conclusiones son obra y producto de mi persona, por lo que los derechos de propiedad intelectual sobre los mismos también me pertenecen. Este estudio fue debidamente aprobado por el Comité Director del Posgrado de Medicina Crítica Pediátrica del Hospital Nacional de Niños.

Sin otro particular, se suscribe atentamente;



Dr. José Leonel Rosales Fernández

Cédula 1-1354-0049

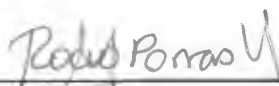
Código Médico 11370

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
ACTA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

TÍTULO:

"UTILIZACIÓN DE VENTILACIÓN NO INVASIVA EN UNIDADES DE CUIDADOS  
INTENSIVOS PEDIÁTRICOS"

Trabajo de graduación aceptado por el Comité Director del Posgrado en Pediatría  
para optar por el grado académico de Especialista en Medicina Crítica Pediátrica



---

Dra. Rocio Porras Velásquez  
Especialista en Pediatría  
Sub-Especialista Cuidados intensivos pediátricos  
Coordinadora Posgrado Medicina Crítica Pediatría  
Tutor académico



---

Dr. José Leonel Rosales Fernández  
Autor principal

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA _____	3
AGRADECIMIENTOS _____	4
INTRODUCCIÓN _____	1
JUSTIFICACIÓN _____	3
OBJETIVOS _____	4
METODOLOGÍA _____	5
ASPECTOS ÉTICOS _____	6
FUENTES DE FINANCIAMIENTO _____	7
MARCO TEÓRICO _____	8
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES _____	51
LIMITACIONES Y SESGOS _____	52
PROTOCOLO PROPUESTO _____	53
BIBLIOGRAFÍA _____	53

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

**VNI:** Ventilación no invasiva  
**UCI:** Unidad de cuidados intensivos  
**SE:** Servicio de emergencias  
**RPM:** respiraciones por minuto  
**P<sub>alv</sub>:** Presión alveolar  
**P<sub>pl</sub>:** Presión pleural  
**P<sub>TP</sub>:** Presión transpulmonar  
**P<sub>TT</sub>:** Presión transtorácica  
**P<sub>ATM</sub>:** Presión atmosférica  
**CO<sub>2</sub>:** Dioxido de Carbono  
**WOB:** Trabajo respiratorio  
**FR:** Frecuencia respiratoria  
**EPOC:** Enfermedad Pulmonar Obstructiva crónica  
**IRA:** Insuficiencia respiratoria aguda  
**SDRA:** Síndrome de distress respiratorio aguda  
**PEEP:** Presión al final de la espiración  
**BiPAP:** Doble nivel de presión  
**CPAP:** Presión positiva Continua  
**LPM:** Latidos por minuto  
**FiO<sub>2</sub>:** Fracción inspirada de Oxígeno  
**VAS:** Vía aérea Superior  
**VAI:** Vía aérea inferior  
**CRF:** Capacidad residual funcional  
**SAOS:** Síndrome de apnea obstructiva del sueño  
**PIP:** Presión inspiratoria  
**T<sub>ins</sub>:** Tiempo inspiratorio  
**PS:** Presión soporte  
**PC:** Presión control  
**SNG:** Sonda naso gástrica



**mV:** milivoltios

**SECIP:** Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos

**VC:** Volumen corriente

**PaCO<sub>2</sub>:** Presión arterial de Dioxido de carbono

**PaO<sub>2</sub>:** Presión arterial de Oxigeno

**EAP:** Edema agudo de pulmón

## INTRODUCCIÓN

La ventilación no invasiva (VNI) es una modalidad terapéutica en donde se le da soporte ventilatorio al paciente sin necesidad de colocar un tubo endotraqueal. Este soporte dado al paciente busca disminuir su esfuerzo respiratorio y a su vez mejorar el intercambio gaseoso. De esta forma se favorece la condición del paciente mientras se resuelve la causa que produjo el aumento del trabajo respiratorio.

Esta terapia se puede utilizar tanto en pacientes con patología aguda como en pacientes con patologías crónicas. En los pacientes crónicos se busca brindar confort así como optimizar el consumo energético de tal manera que se le permita tener un crecimiento y desarrollo lo más adecuado posible.

En la actualidad, se está utilizando la VNI en la población pediátrica en diferentes escenarios, entre los que se incluyen las unidades de cuidados intensivos (UCI), los servicios de emergencias (SE) y el transporte de pacientes inter o intra hospitalarios.

El uso de la VNI ha demostrado en diferentes estudios una disminución de las principales complicaciones que se presentan en pacientes con ventilación invasiva convencional. En este sentido destaca la ausencia de neumonías asociadas al ventilador, la disminución de la sedación requerida en los pacientes, la mayor facilidad para la alimentación, así como la disminución de tiempo de estancia en UCI y hospitalaria.

La VNI tiene contraindicaciones, entre las que destacan la inestabilidad hemodinámica severa, los traumas faciales, y la necesidad de protección de vía aérea de forma artificial en los pacientes con algún tipo de encefalopatía.

Para poder aplicar la VNI en forma adecuada se requiere un manejo multidisciplinario en el que participen el personal médico, de enfermería y de terapia respiratoria.

En diferentes centros hospitalarios se utilizan diferentes algoritmos para el manejo de estos pacientes en los que se incluyen las indicaciones y contraindicaciones de la misma, lo cual ha facilitado su aplicación en dichos centros.

## JUSTIFICACIÓN

La Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Niños "Dr. Carlos Sáenz Herrera" es el único sitio a nivel nacional en donde se debe manejar pacientes con ventilación mecánica asistida, sea invasiva o no invasiva. En algunas circunstancias de plétora de la Unidad es necesario manejar estos pacientes en otras áreas del Hospital; sin embargo, esto se hace con el personal entrenado en estas terapéuticas.

En los centros en que se aplica la VNI, se ha aprendido lo siguiente:

1. Se requiere de un equipo interdisciplinario adecuado para su buen funcionamiento. Este equipo está en general constituido por enfermería, terapia respiratoria, médicos, técnicos de rayos X debidamente entrenados en la utilización de esta terapéutica.

2. El uso de la VNI se asocia a una disminución complicaciones secundarias a la ventilación invasiva además de menores estancias UCI y hospitalaria.

3. Como medida terapéutica relativamente nueva, es necesario conocer las técnicas, materiales y cuidados necesarios para que ésta sea exitosa.

4. Existen algoritmos de manejo de VNI, los cuales han comprobado ser eficaces para la seguridad de la aplicación de la VNI.

Tomando en consideración lo anterior, es importante revisar la bibliografía en que se documentan las experiencias de otros centros, con el fin de elaborar un algoritmo propio para el manejo de los pacientes en el HNN, en el que se contemplen las definiciones, modalidades de VNI, indicaciones, contraindicaciones, ventajas, desventajas, materiales necesarios, conceptos fisiológicos, situaciones fuera de UCI para la aplicación de la misma, cuidados y seguimiento de estos pacientes.

## **OBJETIVOS**

### Objetivo Principal:

Realizar una revisión bibliográfica de la ventilación no invasiva en paciente pediátrico con el fin de proponer un protocolo de su utilización en el Hospital Nacional de Niños.

### Objetivos específicos:

1. Determinar ventajas y desventajas de la utilización de la ventilación no invasiva en la población pediátrica.
2. Establecer las indicaciones y contraindicaciones de la VNI en nuestro medio.
3. Conocer los conceptos fisiológicos implicados en la ventilación no invasiva.
4. Describir el equipo físico y personal necesario para la aplicación de la ventilación no invasiva.
5. Revisar protocolos utilizados en otras partes del mundo para el manejo del paciente pediátrico con ventilación no invasiva.

## **METODOLOGÍA**

Estudio retrospectivo de revisión bibliográfica. Se realizará revisión bibliográfica de diversos aspectos en relación a la VNI, además de una revisión de protocolos de manejo de la misma en el paciente pediátrico de centros especializados para unificar criterios.

La revisión bibliográfica actual sobre el manejo, guías y seguimiento de niños con VNI se realizará por medio del sitio web PubMed, así como en revistas de reconocimiento internacional y libros en donde se aborde la temática de la ventilación mecánica no invasiva.

Se realizará una revisión de los diferentes materiales y técnicas utilizadas para esta terapéutica y la infraestructura necesaria para el manejo de estos pacientes. Una vez actualizados los diferentes contenidos respecto a la ventilación no invasiva se dan las recomendaciones según la bibliografía revisada.

Los aspectos a revisar son: criterios diagnósticos, indicaciones y contraindicaciones, materiales utilizados, modalidad utilizada, cuidados críticos, complicaciones, nutrición y esquemas de seguimiento.

Los criterios de inclusión son todas aquellos estudios que impliquen las variables cualitativas previamente descritas y que se encuentren en el idioma inglés o español.

Los criterios de exclusión son aquellos artículos escritos en otros idiomas fuera de los descritos.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

Estudio de análisis de protocolos y revisión de bibliografía, sin contacto con seres humanos; no amerita aprobación de CLOBI.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Esta investigación no contó con medio de financiamiento externo y no representó gastos extra para la Caja Costarricense del Seguro Social, pues consiste únicamente en una revisión de bibliografía y protocolos. Los gastos de papelería e impresión fueron cubiertos en su totalidad por los investigadores.



## MARCO TEÓRICO

### VENTILACIÓN NO INVASIVA EN POBLACIÓN PEDIÁTRICA

El soporte ventilatorio ha sido descrito desde la antigüedad. Fue mencionado primero por Galeno (130-200), quien obserba expansión pulmonar al insuflar aire a travez de los pulmones de un animal muerto. Luego de Galeno, hay datos históricos en donde el Belga Andreas Vesalius (1514-1564) logra expandir pulmones del cuerpo de un noble español en el que insufla aire[1,2].

Posterior a esta época se documenta la reanimación por ventilación a través de la traquea con ventilación boca a boca; sin embargo, esta fue poco aceptada por la población por alto de riesgo de morir al aplicar este soporte. Gracias a este temor y demás investigaciones fue que en el siglo XIX, para 1832 el médico escocés John Dalziel crea el primer dispositivo en el cual se lograba ventilar con presión negativa. Los primeros dispositivos utilizaban soporte manual para accionar las máquinas, y no fue sino hasta que ya se contaba con electricidad para finales del siglo XIX, que el médico estadounidense Philip Drinker en 1928 crea el conocido pulmón de acero el cual utilizaba electricidad. Este primer ventilador utilizaba electricidad para activar el fuelle cilíndrico que generaba la presión negativa mediante el tubo flexible que tenía una valvula externa que funcionaba como ventosa, extrayendo el aire de la cámara, favoreciendo la entrada del aire por la vía aérea del paciente, pudiendo generar presiones negativas de -30, y frecuencias respiratorias de 10-35 respiraciones por minuto (rpm). En caso de fallo eléctrico, se podía realizar el proceso de forma manual. Esta modalidad ventilatoria fue utilizada de forma importante durante la epidemia de polio en el siglo XX [1].

El pulmón de acero fue utilizado durante el siglo XX, pero con el paso del tiempo se evidenciaron sus desventajas, como la dificultad de ventilar pacientes por largos periodos de tiempo, y la dificultad de manejar pacientes sin protección de la vía aérea como en los pacientes con polio bulbar. Por estas razones se inicia

la investigación de modos de ventilación con presión positiva tanto invasiva como no invasiva [1].

La ventilación no invasiva (VNI) es una técnica de soporte respiratorio en donde no es necesario tener un tubo endotraqueal o una traqueostomía para ventilar al paciente [3,4,5]. Funciona mediante la aplicación de presión positiva en la vía aérea, favoreciendo la disminución del trabajo respiratorio y mejorando el intercambio gaseoso [2,3,4,6].

Para entender esto mejor, es importante recordar la fisiología respiratoria y la mecánica ventilatoria normal.

La mecánica respiratoria consta de dos fases esenciales, la inspiración que es una fase activa y la espiración que es un proceso pasivo. En la inspiración, el cuerpo debe de crear una presión suficiente para vencer la fuerza estática del pulmón así como la presión de retracción del mismo. Otra fuerza a vencer es la generada por el proceso dinámico del flujo de aire en la vía aérea y la fricción ocasionada por el mismo. Para vencer estas presiones, se activan los músculos respiratorios como el diafragma y los músculos intercostales [6,7].

A nivel fisiológico, es necesario entender cuáles son las presiones pulmonares estáticas. La presión a nivel del alveolo es llamada presión alveolar ( $P_{alv}$ ) y la presión en el interior del espacio pleural es llamada presión pleural ( $P_{pl}$ ). La relación entre estas dos presiones es conocida como presión transpulmonar ( $P_{TP}$ ) y se obtiene con la siguiente fórmula:  $P_{TP} = P_{alv} - P_{pl}$ . La Presión transtorácica ( $P_{TT}$ ) se obtiene de la resta de las presiones pleural y atmosférica ( $P_{TT} = P_{pl} - P_{atm}$ ). La suma de las  $P_{TP}$  y las  $P_{TT}$  es la presión de retracción total del sistema respiratorio. [6,7]

Es importante rescatar que el pulmón únicamente cambia de volumen al haber un cambio en la magnitud de la  $P_{TP}$  y no con cambios en el valor de la  $P_{alv}$ ; cuando el pulmón se llena de aire, el volumen pulmonar va a corresponder al valor específico de la  $P_{TP}$  [6,7].

La dinámica respiratoria se rige por los principios generales de la dinámica de fluidos, en donde el aire se va a mover a favor de un gradiente de presión, por lo que es necesario que haya una diferencia de presiones entre la porción inicial

del aparato respiratorio (cavidad buco-nasal), y la porción distal del mismo (alveolos). Al tener una  $P_{alv}$  menor que la  $P_{atm}$  se va a favorecer la entrada de aire, que es lo que sucede a nivel de la inspiración, y por lo contrario, al tener la  $P_{atm}$  menor que la  $P_{alv}$  se genera la salida del aire de los alveolos hacia la cavidad buconasal, que es lo que sucede en la espiración [6,7].

Otro concepto fisiológico importante es la relación ventilación perfusión que se da a nivel pulmonar, la cual va a ser necesaria para obtener un adecuado intercambio gaseoso. Para esto, es necesario mantener zonas bien ventiladas, es decir con buena entrada de aire a nivel alveolar, así como zonas bien perfundidas, para poder mantener contacto capilar con estas zonas ventiladas, obteniendo así buena oxigenación y buena ventilación con excreción de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). [7]

Se ha mencionado que la VNI permite una disminución del trabajo respiratorio (WOB), siendo este la cantidad de trabajo necesario para poder mover el pulmón y la pared torácica y así general la respiración normal, este medido en relación presión por volumen. El determinar el WOB total es muy difícil de cuantificar, por lo que se ha utilizado la determinación del porcentaje de eficiencia de cada respiración, siendo este la relación del oxígeno obtenido por el oxígeno consumido para realizar la respiración, con valores normales entre 5% a 10%. [7]

Con la VNI se aplica una presión positiva en la vía aérea, que se traduce en una mejoría de la dinámica pulmonar ya que aumenta la  $P_{alv}$  y  $P_{TP}$  y permite alcanzar mayores volúmenes pulmonares, aumentar la capacidad residual funcional y mantener la vía aérea superior permeable. A su vez, recluta los alveolos colapsados y no ventilados, con lo que mejora la relación ventilación perfusión y por lo tanto, la oxigenación y la ventilación. Todo lo anterior explica la razón por la cual la VNI disminuye el WOB, y por lo tanto disminuye la fatiga del paciente, y permite estabilizando mientras resuelve la causa del deterioro respiratorio.

La VNI se diferencia de la VMC en dos aspectos fundamentales. El primero es que depende de la respiración espontánea del paciente, por lo tanto, no es posible modificar la frecuencia respiratoria ( $Fr$ ) de éste y la sincronización

paciente-ventilador debe ser óptima para conseguir la máxima efectividad y confort. La segunda es que la aplicación de la presión positiva se da mediante una interfase que siempre va a tener fugas controladas, por lo que el ventilador utilizado debe de poder compensar las fugas con mayor grado de efectividad para poder así obtener la presión programada [3].

Estos aspectos demuestran por qué la VNI depende no solo del paciente, sino también del material a utilizar, de tal forma que se asegure su adecuado funcionamiento y la consecución del objetivo principal el cual es la disminución del WOB.

### **Indicaciones y Contraindicaciones**

La VNI actualmente es utilizada en diferentes escenarios, como son las unidades de cuidados intensivos, los servicios de emergencias e inclusive en el transporte intra e interhospitalario. Es una terapia ampliamente estudiada en el paciente neonatal como soporte en pacientes prematuros, y en pacientes adultos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y con enfermedades pulmonares asociada al sueño. Esta revisión se enfocará en pacientes pediátricos fuera de la etapa neonatal, tanto en el manejo de patología aguda como crónica.

Como se mencionó previamente, la VNI se diferencia de la ventilación invasiva en dos aspectos esenciales, a saber, la posibilidad de respiración espontánea del paciente, y la capacidad de compensación de fugas [3]. Estos dos aspectos justifican por qué para que la VNI sea efectiva es indispensable la elección adecuada del paciente al cual se le colocará la VNI y del material que se utilizará en cada uno.

En la actualidad la VNI se aplica a pacientes con patología aguda o crónica, para mejorar condiciones específicas según su uso. En el caso de ser en patología aguda, al disminuir el WOB y mejorar el intercambio gaseoso, favorece la condición del paciente mientras resuelve la causa del aumento del WOB. Este paciente se encuentra en insuficiencia respiratoria aguda (IRA), la cual se puede clasificar en 2 tipos [3,8]:

1. Tipo I: Hipóxica. Resulta de una alteración de la relación ventilación/perfusión que impide cubrir las necesidades de oxígeno del paciente. Se caracteriza por hipoxemia ( $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ ),  $\text{PaCO}_2$  normal o baja y pobre respuesta al aumento de oxígeno inspirado. Dentro de este grupo se encuentra la neumonía, el edema agudo de pulmón, trauma torácico, síndrome de distress respiratorio agudo leve (SDRA) [9], membrana hialina, y bronquiolitis.
2. Tipo II: Hipercápnica. No hay una eliminación adecuada del  $\text{CO}_2$  producido por el metabolismo, debido a hipoventilación alveolar. Se caracteriza por hipercapnia ( $\text{PCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$ ), hipoxemia que se corrige fácilmente aumentando la porción de oxígeno inspirado. Se encuentra obstrucción de la vía aérea como en el asma o la bronquiolitis, debilidad muscular, anomalías de la pared torácica, obesidad o alteraciones en el impulso respiratorio.

Se ha utilizado la VNI también en pacientes en unidades de cuidado intensivo cardiaco, tanto en el manejo pre y postoperatorio de cirugía cardiaca, como en pacientes con patología cardiaca no quirúrgica como miocardiopatía dilatada. En ambos escenarios se trata la insuficiencia respiratoria aguda secundaria a su patología cardiaca o a alguna complicación en el manejo postoperatorio. También se utiliza como destete de la ventilación mecánica invasiva, y como medida de protección en caso de secuelas del propio procedimiento (edema de vía aérea, paresia de cuerdas vocales). En algunos pacientes puede utilizarse la VNI en forma crónica. La utilización de la VNI en pacientes con patología cardiaca ha demostrado un mejor pronóstico y una disminución de la estancia en UCI hospitalaria [10,11,12].

Otras situaciones en que se ha utilizado la VNI incluyen pacientes con obstrucción de la vía aérea superior post amigdalectomía, como soporte para procedimientos bajo sedación, estridor postextubación, fallo respiratorio en pacientes post trasplante y en pacientes paliativos como soporte respiratorio en insuficiencia respiratoria grave. [2,3]

Su uso crónico favorece a pacientes con miopatías, encefalopatías crónicas no progresivas, apnea del sueño y síndromes de hipoventilación central. Estos pacientes se benefician con la corrección de la hipoventilación, la mejoría de la función de los músculos respiratorios y la disminución de la hipercapnia nocturna, todo lo cual mejora la calidad de sueño maximiza la calidad de vida, mejora la nutrición y favorece el crecimiento y desarrollo del paciente [13].

Una vez definido que el paciente puede ser candidato a la utilización de la VNI para el manejo de su IRA es necesario determinar que no presente alguna contraindicación. Entre las contraindicaciones hay algunas en las cuales se puede sopesar riesgo beneficio, por lo que se pueden clasificar de la siguiente forma [2,3,6,8,11]:

- Absolutas:
  - Necesidad de protección de la vía aérea
    - Coma
    - Sangrado digestivo activo, o vómitos profusos activos
  - Inestabilidad hemodinámica: paciente en estado de shock
  - Traumas cráneo-faciales
- Relativas:
  - Insuficiencia respiratoria grave, aquella que se considere un SDRA moderado, severo, definido por los criterios de Berlín.
  - Secreciones abundantes y espesas
  - Malformaciones cráneo-faciales
  - Neumotórax no drenado
- Es importante definir que el neumotórax ya drenado, el antecedente de cirugía esofágica o gástrica reciente y el antecedente de rotura esofágica, no contraindican el uso de la VNI ya que se ha demostrado que no existe riesgo mientras se maneje con presiones bajas.

## **Materiales necesarios**

Una vez definido el paciente candidato para VNI, es necesario definir el otro componente importante la terapéutica, el cual es el material a utilizar. Este material se debe separar en:

- Interfases
- Soportes
- Circuitos
- Ventiladores
- Otros accesorios

### **INTERFASES:**

Esta es el material que se encuentra en contacto con el paciente y comunica a este con el ventilador por medio de los circuitos. Las interfases cubren la cavidad oral y/o nasal, para así poder realizar su función. Es importante que las mismas se deben de colocar forma semihermética con la cara, para disminuir la cantidad de fuga a la cual se ve expuesto el sistema, sin quedar totalmente ajustado para evitar lesiones por contacto. La elección de la interfase es esencial para el éxito de la terapia [2,14].

La elección de la interfase va a depender de dos factores básicos, la edad del paciente y el tipo de insuficiencia respiratoria. En la elección tiene que considerarse el material con el que se dispone en el momento [2,3,4,6,13,14,15].

Las interfases tienen características básicas y comunes que incluyen el ser transparentes y ligeras. Es indispensable que exista un puerto de eliminación de CO<sub>2</sub>, el cual puede estar propiamente en la interfase, en el circuito o en el ventilador.

Otra característica importante es que deben de tener el menor espacio muerto posible; sin embargo, se ha demostrado, que el espacio muerto que genera algún compromiso clínico es el dinámico, que corresponde al volumen de gas reinhalado resultante del gas exhalado atrapado en la porción entre el paciente y la interfase. Para prevenir esto, se ha demostrado que se deben de mantener adecuados volúmenes de gas fluyendo, con flujos altos como 30 L/min

mínimo en el caso del Helmet y presiones al final de la espiración (PEEP) no menores a 4-5, para evitar el atrape de gas [16].

Existen múltiples clasificaciones para las interfases, esto dependiendo de [2,14]:

- Presencia de puerto de exhalación:
  - Vented: con puerto de exhalación en la interfase. Se utilizan con ventiladores de VNI específicos, ya que estos logran compensar mejor las fugas, y trabajan con un único circuito, por lo que debe de existir un sitio para la eliminación del CO<sub>2</sub>.
  - Non vented: sin puerto de exhalación, para ventiladores convencionales con modos de VNI, con doble circuito, con una rama exhalatoria.



Imagen 1. Interfase derecha Vented e izquierda Non Vented

- Presencia o no de válvula antiasfixia. La válvula antiasfixia es una medida de protección, ya que en el momento en que se detecte una caída de presión o del flujo, o pérdida de electricidad, permite la entrada de aire fuera del circuito, para evitar la rehinalación de CO<sub>2</sub>. Son de gran utilidad en pacientes con ventilación domiciliaria. No se aconseja su uso



cuando se utiliza PEEP muy bajo o ventiladores convencionales con flujo discontinuo con modalidad de VNI.



Imagen 2. Interfase con valvula anti-asfisia

- Según superficie de contacto
  - Nasales: son hechas de material hipoalergénico, que permita el contacto con la piel del paciente. Son más cómodas, pero presentan alto riesgo de fuga por la boca, tienen menor espacio muerto, menor riesgo en caso de vómito, permiten la expectoración y alimentación sin retirar la interfase por lo que suelen usarse en pacientes colaboradores y en pacientes crónicos. No son útiles en pacientes muy graves. En el caso de utilizarse en pacientes pequeños, se pueden utilizar con algún soporte para evitar la apertura oral y disminuir las fugas.



Figura 3. Interfase nasal

- Buconasales: suelen ser más eficaces en el paciente agudo más enfermo, evita resistencias de la porción nasal, pero puede presentar más zonas de fugas de aire, más espacio muerto, y más riesgo de broncoaspiración en el caso de vómitos. Suelen usarse en pacientes más grandes y más disnéicos ya que usualmente estos respiran por boca. En el caso de un paciente pequeño, se podría utilizar una mascarilla nasal de adulto como una buconasal recortando la membrana de soporte nasal.



Figura 4. Interfase buconasal.

- Faciales completas: se utiliza en pacientes grandes, muy útil en aquellos que se quiere utilizar un doble nivel de presión (BiPAP), las fichas técnicas las recomiendan para mayores de 7 Kg, Favorece a que la zona de contacto esté repartida por más área en la cara, por lo que disminuye el riesgo de lesión por presión. Presenta los mismos inconvenientes que las mascarillas buconasales.



Figura 5. Interfase Facial total.

- Cánulas nasales o tubo nasofaríngeo: permite la utilización de presión positiva continua (CPAP) o de BiPAP. Muy utilizado en neonatos. Son seguras y eficaces, pero tienen un riesgo de lesión nasal, y algunas pueden generar un aumento significativo del trabajo respiratorio.

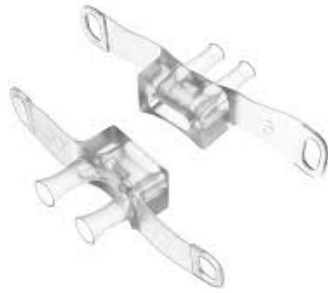


Figura 6. Cánulas nasales



Figura 7. Tubo nasofaríngeo

- Helmet: sistema que se utiliza principalmente en el caso de una IRA de tipo hipoxémica. Utiliza un dispositivo cilíndrico transparente de polivinilo que cubre la cabeza con una válvula de presión que asocia un cierre a nivel del cuello, con soportes para colocar a nivel de axilas o región inguinal según la edad del paciente. Presenta un gran espacio muerto estático por lo que ocupa altos flujos de aire, cercanos a los 30 litros por minuto (LPM) para disminuir el espacio muerto dinámico y disminuir la rehinhalación. Al utilizar altos flujos de aire genera alto ruido dentro del sistema, sin embargo en estudio publicado en Anales de Pediatría por el Dr. A. Medina demostró según la escala de CONFORT una buena tolerancia al mismo [17]. Se utiliza para dar CPAP. Es muy frecuente utilizarlo en niños pequeños, y ya que no presenta soporte a nivel facial, disminuye el riesgo de lesiones por presión.



Figura 8. Helmet

Es importante recalcar que las diferentes casas comerciales tienen diferentes modelos para cada uno de las interfases previamente descritas.

### **SOPORTES:**

Para cada una de las interfases existen diferentes tipos de soportes, los cuales también dependen de las casas que los fabrican. Pueden ser cintas, gorros entre otros [2,3].

Al utilizar interfases nasales en niños pequeños poco colaboradores, se pueden utilizar bandas mentoneanas para poder así disminuir la fuga obtenida por la boca [2,3].

### **VENTILADORES:**

Existen diferentes tipos de ventilador utilizados para dar VNI. Todos utilizan el flujo de gas para dar algún tipo de presión en el sistema, y deben de tener capacidad de compensación de fugas. Se dice que el máximo tolerado de fugas es del 30%, por lo que son valores altos que deben de compensarse con el circuito y el ventilador.

Los tipos de ventilador utilizados son [2,3] :

- Específicos de VNI para uso domiciliario: utiliza un circuito único, son portables, y algunos permiten dar fracciones inspiradas de oxígeno ( $FiO_2$ ) no más de 40-50 %.



Figura 9. Ventilador Stellar, de VNI para uso domiciliario

- Específicos de VNI para uso hospitalario: utilizan un circuito único, estos pueden dar  $FiO_2$  altos, sin embargo, van a depender de alto flujo de oxígeno, pudiendo llegar al 40-50% de  $FiO_2$  con flujos de aire de 15 L/min. Estos compensan la fuga de forma eficiente ya que su mecanismo es por medio de una turbina que impulsa el aire.



Figura 10. ON 560 de Puritan Bennett

- Convencionales con modo de VNI: utilizan circuito de dos ramas, una inspiratoria y otra espiratoria. Tienen el problema de compensación de fugas, no son tan eficientes como los específicos de VNI. Existen

algunos transportables como lo son los modelos de Hamilton que utiliza un circuito único.



Figura 11. Servo U, Maquet

- Sistemas de CPAP: con los cuales por una válvula de presión permite dar un CPAP, por ejemplo el CPAP de burbuja.



Figura 12. CPAP de burbuja

### **CIRCUITOS:**

Como previamente se ha mencionado, dependiendo del tipo de interfase y de ventilador a utilizar, así será el circuito. Siempre es necesario asegurarse que haya un sitio para la eliminación del  $\text{CO}_2$ , sea propiamente en la interfase o en el circuito, algunos de estos tienen un puerto espiratorio. En el caso de que la interfase cuente con el puerto espiratorio, no es necesario el mismo en el circuito y

en el caso de utilizar un ventilador convencional con modo de VNI, es necesario utilizar una interfase non vented con un circuito doble, con una rama espiratoria.

### **OTROS ACCESORIOS:**

Dentro de los otros materiales utilizados asociados a los circuitos de VNI encontramos diferentes equipos que permiten mejorar el manejo de estos por ejemplo:

- T de oxígeno, o sistemas que permitan agregar una fuente de oxígeno, por ejemplo a los ventiladores domiciliarios o aquellos específicos de VNI, con lo cual puedo aumentar la  $FiO_2$  en el caso de que el paciente requiera mayor aporte.
- Válvulas Plateau: funcionan como una válvula de escape espiratorio, que se colocan cerca la interfase en el caso de que se tenga que utilizar una interfase vented y sea inicialmente una non-vented.
- Filtros: sistemas de protección hacia la máquina, las cuales evitan la llegada de secreciones o de microorganismos hacia la máquina.
- Nebulizadores
- Humidificación continua
- Materiales de protección facial, se utilizan membranas hidrocoloides ácidos grasos para la protección de la piel en sitios de contacto con la interfase. Son necesarios para evitar lesión a corto y largo plazo del paciente.

Nebulizadores: se han aplicado en pacientes que se benefician de esta terapia como los asmáticos, que requieren beta agonistas y los niños con fibrosis quística, que requieren el uso de nebulizaciones de soluciones salinas hipertónicas, las cuales mejoran el aseo pulmonar en relación a las secreciones [3].

Se pueden utilizar con dos tipos diferentes de nebulizador:

- Sistemas ultrasónicos, que utilizan microvibración para favorecer la conversión del tratamiento líquido a aerosol. Se aplica propiamente en el circuito.
- Tipo jet, el utilizado normalmente con las mascarillas para nebulización, con lo cual utiliza un flujo de gas alto para la conversión del tratamiento líquido a aerosol.

Es sumamente importante antes de realizar el tratamiento nebulizado, asegurarse de hacer un drenaje de secreciones previo [2,3].

Los nebulizadores van a requerir de flujos variables de gas según donde queremos depositar el tratamiento, en el caso de querer depósitos a nivel de la vía aérea superior (VAS) ocupa de 4L/min, en el caso de quererlo en vía aérea inferior (VAI) de 6-8 L/min y en caso de tener al paciente con Heliox, requiere de flujos de 12L/min [2].

Se utilizan usualmente con interfases non-vented [2,3].

Se ha demostrado que tener un sistema adicionado al circuito no genera un disminución de función ventilatoria, ni de oxigenación, no aumenta el riesgo de reinhalación, ni disminuye la entrega adecuada de la medicación. Se recomienda la colocación del sistema lo más cerca de la interfase, entre esta y la válvula exhalatoria es el sitio ideal, ya que ha demostrado ser el lugar donde se entrega la mayor cantidad de tratamiento al paciente [18,19,20,21].

Como complicaciones se pueden mencionar las posibles fugas que se presenten en el sistema, que puede funcionar como vehículo para movilización de gérmenes y favorecer el lavado de surfactante o sobrehidratar las mucosas. Por estas razones se recomienda utilizarlos con solución isotónica [2].

Humidificación. Es necesaria en el paciente pediátrico ya que tiende a presentar respiración bucal, lo que conlleva a una disminución en el acondicionamiento de los gases inhalados por la VAS, pérdida de calor, sequedad de las mucosas haciendo las secreciones más espesas, y aumento en la resistencia al flujo de aire. Todo lo anterior conduce al paciente a tener mayor esfuerzo respiratorio, y aumenta el riesgo de infección local de la vía aérea.



Juntando todas estas situaciones, es muy probable que la VNI falle en su tratamiento [2].

Existen indicaciones ya establecidas de la humidificación [2]:

- Déficit en el drenaje de secreciones como en pacientes con enfermedades neuromusculares.
- Secreciones espesas como en pacientes con fibrosis quísticas.
- IRA hipoxémica, en que se requieren altos flujos de gas, así como  $FiO_2$  altos.
- Pacientes con capacidad limitada de compensación como los lactantes o pacientes que se encuentren en VNI por más de 72 horas.

Existen también contraindicaciones para la colocación de la humidificación [2,22]:

- En pacientes hipotérmicos
- Con altas fugas de a través de la interfase, ya que el paciente no logra exhalar un volumen suficiente para reponer el vapor y el calor entregado en la inspiración.
- Pacientes lactantes pequeños y con patología neuromuscular en los cuales se presentan problemas con el trigger insipiratorio (contraindicación relativa).

La modalidad de aplicación de la humidificación es mediante dos diferentes formas [2]:

- Sistema de cascadas, el cual permite la humidiicación con paso del gas por un sistema en donde se encuentra agua y a su paso por ahí, capta humedad. Con este sistema se producen aerosoles grandes, y puede generarse importante cantidad de condensación en los circuitos. Están asociados a alto riesgo de colonización bacteriana por vaporización.
- Humidificadores activos, los cuales generan moléculas de vapor de agua, las cuales son más pequeñas, disminuyendo así también el riesgo de movilización de microorganismos. Estos son sistemas

cerrados, con cámaras de autollenado, que presentan un calentador, por lo que permite mantener la temperatura constante, la cual se recomienda que se mantenga a 34 grados Celsius, esto en VNI, para mejorar el confort del paciente y disminuir la condensación. Estos pueden generar problemas en la detección de trigger inspiratorios, principalmente en lactantes pequeños o en pacientes con patología neuromuscular.

Uno de los sistemas en los cuales la humidificación y el calentamiento del sistema ha sido evaluado, es en el uso del Helmet, ya que por su amplio espacio muerto estático, y gran área para condensación cercano a la cara, pudiese pensarse que puede generar disconfort al paciente. En estudios realizados por el Dr. Ueta Kazuyoshi y colaboradores en Osaka Japón con 28 adultos sanos los cuales fueron sometidos al uso del Helmet con diferentes condiciones de humidificación y calefacción del aire administrado, se documentó por medio de escalas visuales de confort que hay mejor tolerancia del paciente al aplicar el aire humidificado pero no calentado, esto por ausencia de percepción de sequedad de las mucosas y de calor incómodo [23]. Estudio con pocos pacientes y de población adulta, que se podría extrapolar a la población pediátrica, por la dificultad de documentar esta percepción de confort en esta población. Sin embargo, se deberían ampliar estudios en dicha población, con otros parámetros para definir confort.

Existen otro tipo de dispositivos, como los son los intercambiadores de calor-humedad, los cuales están contraindicados en la VNI, ya que al utilizarse con flujos altos son poco eficaces, aumentan la desincronización del paciente con el ventilador y generan un aumento de las resistencias al flujo inspiratorio [2].

### **Modos de ventilación [2,6]**

Con la VNI se pueden realizar varias modalidades de ventilación, existe tanto con presión negativa como con presión positiva, aunque para efectos de esta revisión se revisará únicamente la VNI con presión positiva. Actualmente hay diferentes escuelas que incluyen las cánulas de alto flujo como VNI, sin embargo,

las mismas no se abordarán en la revisión, ya que su utilización implica otro tipo de equipo y su uso está orientado a otro tipo de pacientes.

Se revisaron tres modos de ventilación:

1. CPAP
2. BiPAP, tanto en ventiladores convencionales con modos de VNI como en específicos de VNI.
3. NAVA, por sus siglas en ingles de Neurally adjusted ventilatory assist

## **CPAP**

Modalidad mediante la cual se genera una presión positiva continua durante todo el ciclo respiratorio tanto en la inspiración como en la espiración. Esto se da gracias a un flujo continuo y/o una válvula de presión, que permite la respiración espontánea del paciente.

A nivel fisiológico va a favorecer:

- Aumento de la presión alveolar, generando reclutamiento alveolar y redistribución de líquidos.
- Aumento de la capacidad residual funcional (CRF)
- Disminución de los shunts intrapulmonares, con lo que mejora la oxigenación
- Aumento de la compliance pulmonar, con lo que disminuye el WOB
- Disminución de la obstrucción de la VAS durante el sueño por la presión positiva.

Esta modalidad ventilatoria se puede aplicar con diferentes tipos de interfase, como lo son las nasales, buconasales, faciales totales, helmet, cánulas nasales, tubo nasofaríngeo.

Para la aplicación se requieren de sistemas especiales:

- Sistemas específicos de CPAP: requieren una fuente de flujo de aire y oxígeno, un circuito que permita humidificar el gas y una válvula de resistencia espiratoria, que es la conocida como válvula de PEEP. Esta válvula genera el PEEP que se mantendrá en todo el ciclo respiratorio.

- Sistemas de generación de presión positiva: existen los sistemas de flujo continuo como los ventiladores específicos de VNI y los convencionales con modo no invasivo, o los sistemas de flujo a demanda que son los ventiladores convencionales, que usualmente tienen flujos insuficientes y presentan problemas de sensado.

Como indicaciones para la utilización del CPAP se mencionan en la literatura el síndrome de apnea obstructiva sueño (SAOS), las apneas centrales y/o obstructivas en el prematuro y la bronquiolitis en lactantes, bronquiolitis con insuficiencia respiratoria, IRA tipo I e IRA postextubación.

Como desventajas se encuentran las siguientes;

- No proporciona ayuda (presión soporte) en cada respiración
- No tiene posibilidad de dar respiraciones de seguridad o de rescate que pueden ser necesarias en hipoventilación por apneas.
- Puede generar sobredistensión pulmonar en el caso de que se utilicen PEEP altos. Se ha descrito buena tolerancia con PEEP entre 5 y 10 cm de agua (H<sub>2</sub>O).
- Con PEEP mayores a 10 cm H<sub>2</sub>O se puede generar una disminución del gasto cardíaco, compromiso hemodinámico, y sobredistensión pulmonar con alto riesgo de volutrauma y disminución de la compliance pulmonar.

### **VENTILADORES ESPECÍFICOS DE VNI: MODALIDADES DE PRESIÓN**

Con los ventiladores específicos de VNI se pueden dar 4 formas de ventilación, la cual van a depender de las necesidades del paciente.

- CPAP, previamente descrito
- Modo S o Espontáneo, el cual da una presión soporte con flujo continuo, lo que permite es mantener un PEEP y en el momento en el que el paciente presenta un esfuerzo respiratorio, el ventilador ayuda con la presión soporte (en este caso sería la Presión inspiratoria (PIP)), el tiempo inspiratorio (Tins) es variable

- Modo S/T o Espontáneo/programada, en la cual el paciente tiene de respaldo unas respiraciones ya programadas con un PIP definido, así como un Tins máximo y un PEEP. Este es el modo más utilizado con este tipo de ventilador, es la llamada BiPAP. En este caso por lo tanto es necesario programar la PIP, el PEEP, la rampa o pendiente de flujo (que es la velocidad con la que llega al flujo máximo), la FiO<sub>2</sub>, la FR, Tins (% de tiempo de PIP) y las alarmas específicas como las de volumen, FR, presión y de apnea.
- Modo T o programado, el cual es una ventilación tipo presión control en ventilación invasiva, en donde el ventilador se encarga de todas las respiraciones a una PIP determinada con una FR y Ti programados. En la actualidad esta modalidad no se utiliza.
- Existen modalidades de doble control o mixtas, las cuales se encuentran programadas por volumen pero reguladas por presión, las cuales mejoran la adaptación de las necesidades del paciente con menor riesgo de hipoventilación, con el inconveniente de que en niños pequeños hay mayor probabilidad de fugas por lo que es más difícil alcanzar el volumen corriente objetivo y se asocian con mayor riesgo de lesión. Dentro de estas encontramos la AVAPS (presión soporte garantizado con volumen medio) o la IVAP (presión soporte con volumen garantizado inteligente).

### **VENTILADORES CONVENCIONALES CON MODOS DE VNI**

El problema que se encuentra con estos ventiladores es la dificultad que tienen muchos de compensar los altos porcentajes de fuga que se generan a nivel de las interfases. La ventaja es que con estos ventiladores se podría utilizar las modalidades por presión o volumen con la VNI, aunque en general se utilizan las modalidades por presión.

- Presión soporte (PS). Se comporta como un ST en el ventilador específico de VNI, en el cual se le da una PS en el momento que el paciente presenta un esfuerzo respiratorio sobre el PEEP. Se programa la PS, el PEEP,

así como retardo inspiratorio, la FR (usualmente igual o menor a la del paciente, ya que es de rescate) y la FiO<sub>2</sub> necesaria. En esta modalidad la presión va a variar según las fugas presentes, por lo que una manera de mejorar la sincronía es modificando el límite del Tins y el trigger espiratorio. El Tins en esta modalidad es variable.

- Presión control (PC) o asistido controlado (A/C PC). En esta modalidad, el Tins es constante, dado por el ventilador. Es una modalidad muy utilizada en pacientes lactantes pequeños, los cuales presentan FR altas y con altas fugas, por lo que es difícil de sincronizar, se utiliza una FR un poco mayor a la del paciente para mejorar confort y poco a poco se va disminuyendo la misma, hasta llegar a la FR fisiológica.

### **VNI con NAVA (Neurally adjusted ventilatory assist) [3,6,24,25]**

Modalidad ventilatoria la cual da una PS variable que tiene un trigger neural, basado en la actividad eléctrica del diafragma, presenta un trigger inspiratorio que puede ser activado por flujo, por presión o neural, y se va activar el mejor de los tres. Además cuenta con un trigger espiratorio y una FR de rescate, con una PC de rescate.

Es una modalidad ventilatoria la cual actualmente está únicamente disponible en un tipo de ventilador, los ventiladores Servo de Maquet

Para poder documentar la actividad del diafragma, se utiliza una sonda nasogástrica (SNG), que tiene un sensor neural, que se debe de colocar a nivel del esfínter esofágico inferior. Para esto, se utiliza una medida llamada distancia NEX, la cual la trae establecida según el número de sonda. Para la colocación de la misma, se utiliza el monitoreo con electrocardiograma continuo detectado por la sonda, el cual se debe de dejar en donde va desapareciendo la onda P y el QRS se vuelve más angosto, usualmente se deja en el lugar donde la onda azul aparece en en la segunda o tercera parte, observándose también la aparición de una curva verde a nivel del monitoreo de la actividad eléctrica diafragmática.

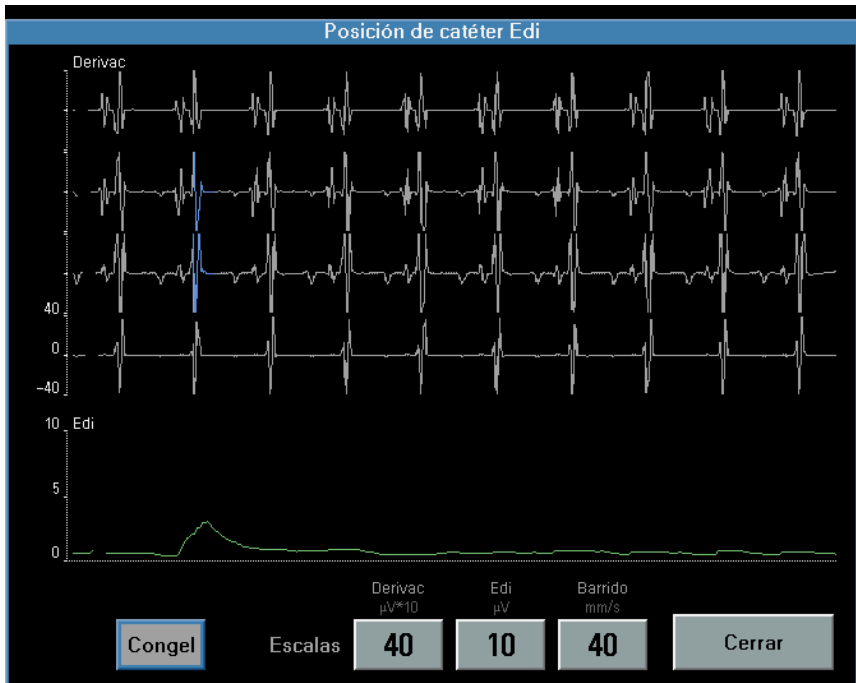


Figura 13. Imagen de pantalla del monitor en la colocación de la sonda o cateter Edi.

Para la aplicación de la terapia, la PS proporcionada se basa en lo que el paciente necesita en cada respiración, determinado por la contracción máxima del diafragma (Pico Edi). El Pico Edi se mide en milivoltios (mV) y su valor determina el grado de distress del paciente. Lo usual es que el Pico Edi en un paciente sano sea de 10 mV, en caso de distress moderado 20 mV, distress grave 30 mV y en caso de obstrucción de vía aérea hasta 40 mV. En estos últimos dos casos es muy probable que haya un fallo de la VNI.

La PS administrada va a estar dada por la diferencia del Pico Edi y el Edi mínimo, que es el valor en mV de la contracción isoeléctrica del diafragma y representa la espiración. A su vez, este valor se multiplica por Nivel Nava, el cual se modifica cuando se desean cambiar parámetros, siendo valores entre 0,5 y 5 cmH<sub>2</sub>O/mV. Al modificar este Nivel Nava, modifico el Pico Edi, siendo así si aumento el Nivel Nava disminuyo el Pico Edi. No modifica la presión pico como tal, ya que esta va a depender de la suma de la Ps administrada y el PEEP.

$$\text{PS administrado} = (\text{Pico Edi} - \text{Edi min}) \text{ Nivel Nava}$$

$$\text{PIP} = \text{Ps administrada} + \text{PEEP}$$

Por lo tanto, es importante programar el PEEP, la  $FiO_2$ , Edi trigger (usualmente 0,5 mV), Nivel Nava y los parámetros de apoyo siendo estos, la PC sobre el PEEP, la FR de respaldo, el Tins y el Trigger espiratorio que es un valor fijo de 70% del Pico Edi.

Al iniciar la ventilación con Nava, se utilizan los parámetros que se tenían con alguna otra modalidad de presión, llevando al paciente con el nivel nava hasta alcanzar las presiones previamente alcanzadas, viendo el confort del paciente.

Dentro de las ventajas de este modo ventilatorio se encuentran una mejor sincronización ventilador-paciente esencial para mejorar la VNI, aprovecha todos los esfuerzos del paciente, da soporte respiratorio proporcional, evita autociclado por fugas ya que no utiliza solo triggers por flujo o presión, esto se ve en solo en el caso que el trigger por flujo no esté excesivamente sensible (usualmente es una problemática del paciente con ventilación invasiva).

Un estudio realizado en Montreal Canada, el cual se realizó con 13 pacientes, documentó una buena tolerancia y factibilidad de uso en las unidades de cuidados intensivos, documentando una mejor sincronía del paciente; sin embargo, al ser un único centro, con poca población, requiere ampliar estudios de este tipo para definir de forma más concluyente el beneficio del uso de esta modalidad ventilatorio, ya que a su vez implica costos adicionales en materiales y personal para la aplicación [25]. Otras de las aplicaciones en las que se ha utilizado el Nava, es en el destete de la ventilación de un paciente, ya que utiliza triggers más fisiológicos; sin embargo, se requieren más estudios.

En esta modalidad, puede tenerse dificultad en ajustar adecuadamente la alarma del límite de presión, ya que si se tienen límites altos, se mantiene el riesgo de barotrauma, y si son muy bajos, puede limitarse la entrega adecuada del volumen corriente. Otro de los problemas, es que como toda nueva técnica, requiere una curva de aprendizaje. El tener el material disponible, como lo es la SNG y el colocarla de forma correcta, pueden limitar la utilidad de esta modalidad. El exceso de sedación en estos pacientes va a generar una alteración en la detección de la señal diafragmática, por lo que se debe valorar que tipo de sedación se aplicará.



Dentro de las contraindicaciones se encuentran:

- Parálisis diafragmática bilateral
- Hipoventilación central
- Apneas centrales
- Imposibilidad de colocar el catéter
  - Atresia esofágica
  - Cirugías esofágicas o gástricas recientes.

### **Metodologías de aplicación**

Para la aplicación de la VNI es importante tener un orden esquemático, para el cual se han utilizado diferentes algoritmos de manejo en diferentes unidades de cuidados intensivos. No existen datos con suficiente nivel de evidencia científica para establecer recomendaciones de clase A y existen muy pocas B, sin embargo se ha logrado aplicar estrategias de manejo exitosas en los diferentes centros.

La metodología de aplicación mejor documentada se encuentra en los algoritmos recomendados por el grupo de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP) [2,3].

Antes de iniciar propiamente la aplicación de la VNI, es importante pasar por varias fases previas, dentro de estas encontramos:

1. Elección del paciente, el cual tiene que cumplir con los criterios de la población que se beneficiaría con la VNI y no tener ninguna de las contraindicaciones previamente descritas. Esto es esencial para evitar fracasos de la VNI ya estando con la misma, ya que pudiese generar cierto grado de anticuerpos para una futura aplicación.
2. Clasificar al paciente según necesidad de VNI aguda o crónica, así como definir el tipo de IRA, sea tipo I o II, ya que permitirá elegir adecuadamente el tipo de interfase, modo ventilatorio y a su vez da pronóstico de efectividad del tratamiento, siendo las tipo I las que tienen mayor riesgo de fallo de la VNI. Otra de las situaciones a definir es si la VNI se aplicará en forma paliativa o post extubación. Se ha demostrado una efectividad del

100% en la mejoría del confort de pacientes paliativos, sin necesidad de implementar medidas más invasivas [26].

3. Una vez elegido el paciente y definido que tipo de IRA presenta, es necesario elegir el tipo de material a utilizar, desde las interfases, ventiladores y otros aspectos ya descritos.
4. Conectar al paciente a la VNI, lo cual lleva un proceso, requiere explicarle al paciente en el caso de que tenga la edad para entender el proceso o los familiares del mismo, además se inician con parámetros para buscar confort y luego se van aumentando los mismos hasta llegar a los parámetros deseados para obtener la ventilación deseada. Se adjuntan los algoritmos propuestos por el SECIP para pacientes menos de 3 meses y más de 3 meses.
5. Una vez ya el paciente este en VNI con parámetros deseados, es necesario evaluar eficacia, determinando si hay fugas y controlar las mismas, determinar sincronía y confort del paciente.
6. Durante la evaluación de la eficacia, se agrega el periodo de monitorización, así como de cuidados de enfermería para con el paciente en VNI.

Para pacientes mayores de 3 meses:

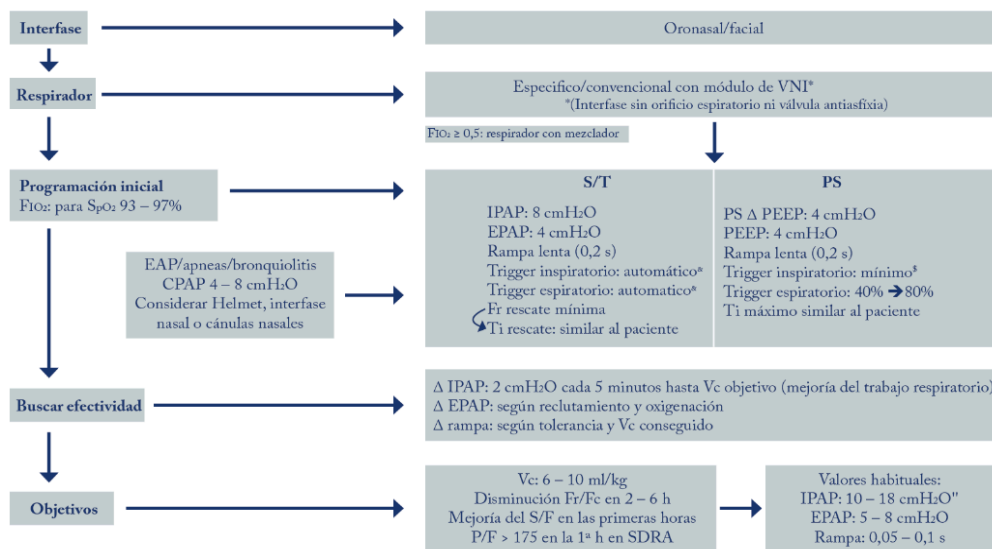


Figura 14. Metodología de aplicación de la VNI en pacientes mayores de 3 meses, según SECI

Para menores de 3 meses:

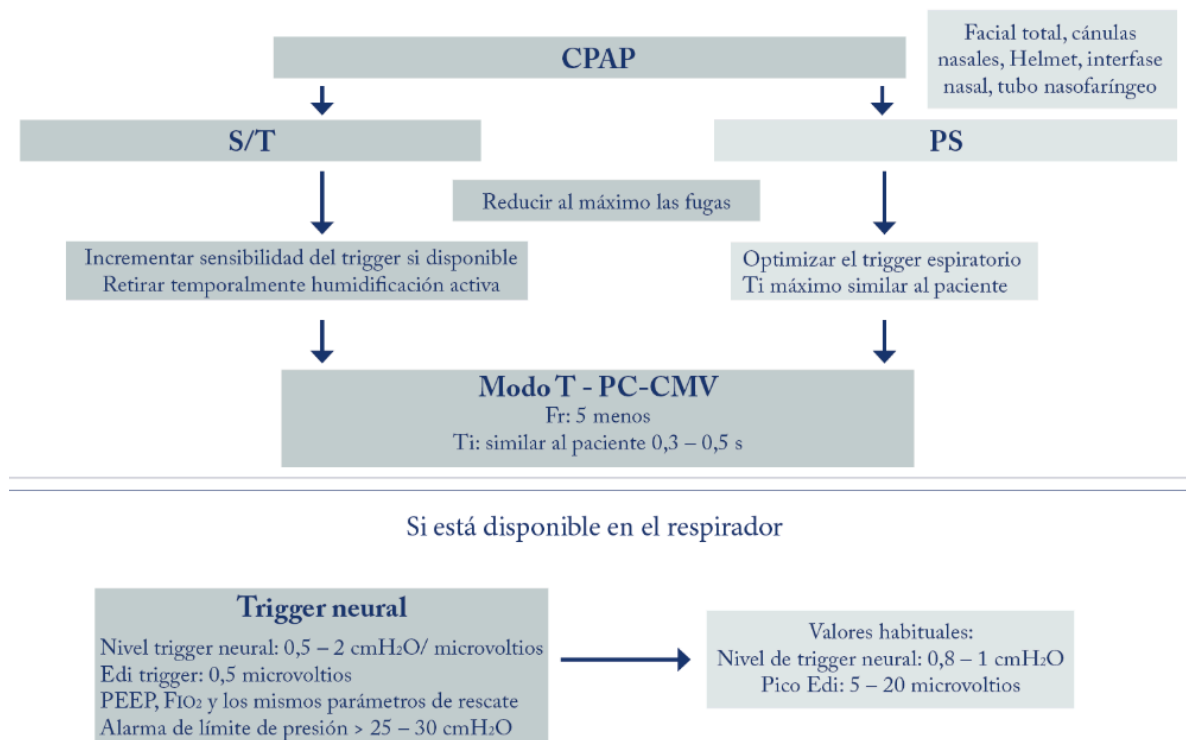


Figura 15. Metodología de aplicación de la VNI en pacientes menores de 3 meses, según SECIP

### **Monitorización y vigilancia [2,3]**

Una vez el paciente colocado en VNI parte del seguimiento es la monitorización y vigilancia, los cuales se realizan de forma clínica y vigilando las curvas de los diferente ventiladores en caso de que cuenten con ellas y el buen funcionamiento del equipo. Menos frecuentemente es necesario recurrir a otras medidas como la gasometría, capnografía. Parte esencial en esta etapa de la terapéutica son todos los cuidados que deben de tener el paciente por el personal de enfermería, los cuales deben de dar cuidados específicos. Todo esto en búsqueda de constatar que se logran los objetivos deseados y/o detectar de forma precoz efectos adversos o complicaciones técnicas y así determinar el seguir o terminar la medida terapéutica.

El monitoreo clínico del paciente es esencial y debe hacerse en forma continua, sobre todo en las primeras horas después del inicio de la terapia,. Una disminución de la frecuencia respiratoria y de la frecuencia cardiaca, son factores de mejoría clínica y adecuada tolerancia a la VNI. Es necesario mantener un monitoreo continuo de la oximetría de pulso, así como de la capnografía cuando se dispongan de estas, las cuales permitirían documentar la evolución clínica del paciente, permitiendo tomar decisiones de cambio en la terapéutica aplicada de ser necesario de forma temprana. No hay que olvidar la necesidad de controlar gases arteriales en caso de deterioro clínico, principalmente en aquellos pacientes con IRA tipo I.

Otro de los factores a monitorizar es la presencia de fugas, las cuales son inevitables en el paciente pediátrico con VNI, tomando en cuenta que la fuga máxima tolerada es de 30%, principalmente en aquellos pacientes en que se está utilizando algún ventilador específico para VNI. Al documentarse las fugas, se debe de pensar en reposicionar la interfase, valorar la colocación de chupeta en el paciente lactante u otros dispositivos como lo son las cintas mentonianas. De no ser posible solventar este problema, hay que valorar el cambio de ventilador a alguno con el cual se pueda compensar de forma más eficiente las fugas.

Una vez solucionado el problema de las fugas es necesario valorar la sincronía del paciente, para lo cual nos podemos apoyar en las curvas de los ventiladores.

Con la monitorización del ventilador, se pueden documentar 3 tipos de asincronía:

1. Inspiratoria, que puede estar dada por autociclado o por disparo ineficaz
2. En modos de flujo, cuando se administran flujos constantes que no se adaptan a lo que requiera el paciente.
3. Espiratoria, que puede estar dada por doble disparo o un ciclado retrasado.

## **INSPIRATORIAS**

Autociclado: en este caso se observan FR dadas por la máquina mayores a las iniciadas por el paciente. Se observa en el ventilador ciclos muy regulares en las curvas, que al desconectar al paciente, se evidencia que no corresponde a la FR del paciente no presenta dicha FR. En este caso el ventilador da respiraciones no demandadas.

Como causas se identifican:

- En ventiladores específicos de VNI: condensación en los circuitos.
- En Ventiladores convencionales con modos de VNI: fugas no compensadas o una sensibilidad inspiratoria alta
- Interfases inadecuadas

La forma de manejo depende de la resolución de las causas.

Disparo ineficaz: en este caso, se observa lo contrario al autociclado, en donde el esfuerzo inspiratorio no logra desencadenar un ciclo respiratorio, por lo que el paciente a pesar de generar el esfuerzo el ventilador no logra generar la respiración.

Como causas se menciona:

- Programación inadecuada del trigger inspiratorio, con una sensibilidad muy baja.
- Hiperinsuflación dinámica, la cual puede mejorar al disminuir la PS.

La forma de mejorarlo es disminuyendo la PS para lograr alcanzar el volumen corriente (VC) de 6 ml/kg en promedio, con lo cual el paciente está menos hiperinsuflado y se encuentra con más confort. Otra de las medidas es disminuir el Tins siempre y cuando no genere un doble disparo, pero lo más sencillo es modificar el trigger insipratorio, aumentando la sensibilidad.

Como parte de la valoración de las asincronías inspiratorias, es necesario valorar:

- Retirar humidificador temporalmente
- Cambiar a ventiladores con trigger más sensibles

- Valorar si la rampa es adecuada?
- Valorar la posibilidad de cambiar a un modo asisto control
- Valorar ventilación con NAVA en caso de tener la disponibilidad.

### **EN MODOS DE FLUJO:**

En este caso, lo que sucede es que los flujos constantes no se adaptan a los requerimientos del paciente. En el caso de tener al paciente en PS, el flujo va a depender de la relación de la PS y la rampa. Se documenta alteración en la curva de presión/tiempo (P/T) en la cual como el paciente respira por encima del flujo de la máquina, se observan como dientes en dirección hacia abajo.

Mejorando la rampa, haciéndola más corta, el sistema se presuriza más rápido con flujos más altos.

### **ESPIRATORIAS:**

Doble disparo: en este caso el trigger inspiratorio está normal, se trata de una asincronía del ciclado, en donde se ven dos ciclos ya que el tiempo espiratorio es más corto que el Tins que desea el paciente, es decir el ciclado es excesivamente precoz.

Se documentan alteraciones a nivel de la curva de flujo/tiempo, en donde se observa la doble curva en flujo.

La forma de manejarlo depende del modo en que se encuentre. En el caso de estar con ciclos mandatorios, se debe aumentar el Tins o pasarlo a PS, y estando en PS se debe disminuir el porcentaje del flujo inspiratorio para que se alargue el Tins.

Ciclado retrasado: en este caso el problema es que el paciente quiere espirar de forma activa, sin embargo, el ciclado está más retrasado por lo que la máquina sigue inspirando. Es necesario descartar que el paciente no se encuentre obstruido y que se estén desencadenando disparos fallidos o se esté creando PEEP intrínsecos.

La forma de documentarlo es mediante una curva flujo/tiempo en donde se observa una muesca superior en el flujo desacelerante o en la curva de presión/tiempo se denota un pico hacia el final del ciclo.

La forma de manejarlo depende de la modalidad ventilatoria. En el caso de que tenga ciclos mandatorios se disminuye el Tins o se pasa a PS, y en el caso de que se encuentre en PS se aumenta el porcentaje del ciclado lo que genera que el Tins se acorte.

Como parte de la valoración de las asincronías espiratorias, es necesario valorar:

- ¿Tiene el trigger espiratorio adecuado?
- ¿Tiene el límite de Tins adecuado?
- Valorar la posibilidad de cambiar a un modo asisto control
- Valorar ventilación con NAVA en caso de tener la el ventilador.

Como parte de la monitorización de los pacientes es importante todos los cuidados que se le aplican a los pacientes por parte del personal de enfermería y del equipo de terapia respiratoria. Esto es esencial para asegurarse un buen funcionamiento del sistema, así como el poder evitar complicaciones por la terapia.

Antes de la aplicación de la VNI, es necesario que se tenga todo el equipo necesario cerca del paciente, y no solo esto, sino el equipo en caso de emergencia o que la VNI no se eficaz y se requiera proceder a aplicar ventilación invasiva.

Una vez el paciente ya se encuentra con todo el sistema colocado, y ya se ha llevado a los parámetros deseados, no solo los de confort, y el paciente se encuentra más estable, es importante ver todo el sistema por separado:

- Cuidados de la vía aérea, asegurarse permeabilidad de la vía aérea, así como el buen funcionamiento de la misma.
- Cuidados del equipo, determinar funcionamiento correcto del ventilador, conexiones a las fuentes de aire, oxígeno y eléctricas, condición de los

circuitos, sistemas de humidificación y calentamiento del aire, condición de las interfases.

- Cuidados propios del paciente, velar por la seguridad física, evitar lesiones químicas, prevención bacteriológica y muy importante la condición psíquica, ya que los pacientes se encuentran conscientes en su gran mayoría, y en el caso de un paciente grande, es importante que comprenda la terapia la cual se le está aplicando para asegura el éxito.

Es esencial que el paciente se mantenga tranquilo con la VNI, por lo que se debe planificar los momentos en los que es necesario realizarle intervenciones al paciente en donde se concentren todas los cuidados necesarios, para así evitar el agitar al mismo y evitar estar desconectado al paciente e interrumpir la dinámica ventilatoria ya establecida.

Lo que se recomienda es que en estos momentos en que se va a intervenir al paciente se apliquen las siguientes acciones:

- Vigilancia y tratamiento de las zonas de presión y roce de la cara con la interfase, para evitar lesiones por contacto.
- Comprobar y reposicionar el material de protección.
- Limpieza y acondicionamiento de la interfase y arnés.
- Drenado del agua condensada en los circuitos y la interfase.
- Higiene específica de la piel y el cabello que se afecta por los sistemas de soporte y la interfase.
- Higiene de los labios, boca, nariz y cuidados oculares. Implica la aspiración de las secreciones si es necesario.
- Comprobar el estado de los dispositivos y sus fijaciones que queden afectados con la interfase o el arnés, como por ejemplo la SNG.
- Administrar los fármacos orales así como los alimentos.
- Curación de heridas.
- Cuidados generales, movilización del paciente.
- Hacer juegos, contacto y que se relacione con los familiares.

Una vez decididos los momentos en los que se le realizaran estas intervenciones, es importante hacer constar los signos clínicos con los que se



encuentra el paciente previo a esto, para determinar si hay variaciones y llegar nuevamente a estos al finalizar. Si es necesario premedicar al paciente, se podría definir previo a la intervención, para poder mantener al paciente lo más colaborador posible. Ajustar las alarmas para evitar contaminación sonora.

Para poder realizar esto, es necesario tener personal entrenado en el manejo de este tipo de paciente, así como realizar estas como mínimo entre dos personas, sean por parte de enfermería, terapia respiratoria o personal médico.

Se ha demostrado la disminución de complicaciones de la aplicación de la VNI al trabajar de forma conjunta terapia respiratoria con enfermería en el cuidado del paciente y del equipo [27], por lo que es esencial incorporar ambos equipos en el manejo de estos pacientes en el día a día.

Otro punto importante en estos pacientes es mantenerlos tranquilos como se ha mencionado previamente, algunos de estos pacientes por la edad, se les puede explicar la terapéutica y pueden llegar a cooperar, siempre y cuando se utilicen métodos no farmacológicos de sedación, como lo es mantener el ambiente tranquilo, en un ambiente familiar, tratar de mantener los ciclos vigilia sueño y evitar las constantes intervenciones.

En otros pacientes se requiere algún grado de sedoanalgesia farmacológica, los cuales deben de ser seleccionados con precaución, ya que muchos de ellos pueden generar depresión en el centro respiratorio o inclusive efectos adversos como alucinaciones o desorientación, que puede generar que el paciente se agite más deteriorando su condición respiratoria, o inclusive puede generar alteración hemodinámica en un paciente ya lábil. Actualmente fármacos como la dexmedetomidina han empezado a utilizarse en las diferentes unidades de cuidados intensivos. Este es un fármaco alfa agonista central, que produce sedo analgesia sin compromiso del centro respiratorio, por lo que es una muy buena elección en este tipo de paciente. El equipo de la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital Nationwide Children's Hospital en Columbus Ohio, realizaron un estudio en el cual un grupo de 202 pacientes pediátricos con diagnóstico de bronquiolitis y estatus asmático soportados ventilatoriamente con VNI ingresados en la unidad se manejaron con sedación con dexmedetomidina y

evaluaron la evolución de los mismos. Determinaron que 194 pacientes no requirieron soporte invasivo respiratorio y se pudieron destetar adecuadamente a nasocanula o aire ambiente. Además evaluaron el porcentaje de complicaciones asociadas a la dexmedetomidina como lo son la hipotensión y la bradicardia o la hipopnea, reportando únicamente 16 pacientes con algún tipo de estos eventos. Sin embargo, todos resolvieron con reanimación con volumen, sin mayor requerimiento de tratamientos o soportes más invasivos, por lo tanto, demuestran una buena evolución y tolerancia de los pacientes a la VNI en conjunto con la sedación con dexmedetomidina. Se requieren más estudios de este tipo, evaluando no solo la dexmedetomidina, sino otros fármacos utilizados [28].

Estos pacientes al encontrarse en una situación clínica aguda, se considera que se encuentra en un estado metabólico el cual le exige más a su organismo, por lo que es importante el inicio de la alimentación temprana en estos pacientes. En diferentes estudios se ha demostrado un retraso de hasta 2 días en iniciar la nutrición, e inclusive que en la mayoría de ocasiones no se llega a los requerimientos calóricos de estos pacientes. A pesar de esto, no se ha demostrado un aumento de la mortalidad, pero no se ha estudiado la morbilidad y la repercusión a largo plazo en el desarrollo del paciente.[29,30] Siempre es importante utilizar la vía más adecuada para la alimentación del paciente. Hay estudios en donde se ha descrito que el uso de la vía enteral aumenta el riesgo de complicaciones de la vía aérea, sin embargo sin aumentar la mortalidad [31]. Se recomienda tomar en cuenta y se la experiencia de cada centro y la facilidad para el cuidado y seguimiento del paciente, por lo que algunos estudios recomiendan un nutricionista como parte del equipo de manejo de estos pacientes.

### **Análisis del fracaso [2,3]**

Como parte del proceso de implantación de una terapia de cualquier tipo, se requiere el análisis y evaluación del éxito o del fracaso de la misma de forma rutinaria, más aun en una técnica la cual implica un cambio en la mentalidad del grupo tratante.

Existen múltiples estudios a nivel de la población adulta que han identificado factores predictores para el fracaso de la VNI, sin embargo, estos son escasos en la población pediátrica.

Como se ha mencionado previamente, es esencial el monitoreo constante de estos paciente. Suele documentarse mejoría clínica en la primera hora, observando una disminución de la FR así como de la frecuencia cardiaca, asociado a mejoría de la saturación y una disminución en los requerimientos de  $\text{FiO}_2$ . Esto es importante evaluarlo para no retrasar una intubación y por ende encontrarse un paciente con mayor morbilidad por el fallo de la VNI y retraso del manejo invasivo.

Es importante realizar una evaluación sistemática del paciente así como de las posibles causas para el fracaso de la VNI, dentro de ellas:

- Asincronía
- Hipoxemia
- Hipercapnia
- ¿Se está tratando la etiología correctamente?
- ¿Se ha hecho un drenaje adecuado de las secreciones?
- ¿El paciente presenta alguna complicación de la VNI?

**ASINCRONÍA:** como se mencionó previamente, la asincronía es bastante frecuente en el paciente con VNI. Se tiene que valorar y tratar la presencia de fugas excesivas, con el ajuste / cambio de la interfase, con una chupeta o cinta mentoniana, o cambiar el ventilador por uno que compense mejor las fugas

Una vez compensadas las fugas, hay que analizar el tipo de asincronía y tratarla de forma correcta, como se revisó ampliamente en el apartado anterior.

Es importante recordar que la asincronía se presenta con mayor frecuencia en BiPAP y en pacientes pequeños sea por debilidad muscular o por falta de cooperación.

Es importante asegurarse que el paciente se encuentre tranquilo, libre de secreciones y con una adecuada humidificación.

**HIPOXEMIA:** hay una disminución de la presión arterial de  $O_2$  ( $PaO_2$ ). Es necesario descartar:

- Asincronía
- Necesidad de mayor  $FiO_2$ . En este caso se puede agregar oxígeno directamente en el circuito, para lo cual es importante definir el sitio en donde colocarlo. En los ventiladores específicos de VNI que utilizan turbina generando flujos de aire altos, se requieren flujos de oxígeno altos para poder agregar un porcentaje alto de  $O_2$ , por lo que al colocarlos cerca de la interfase, puede generar incomodidad. Existen ventiladores con mezclador de  $O_2$  los cuales facilitan esto, siempre descartar que se mantenga con el  $O_2$  abierto si el paciente persiste hipoxémico. En ocasiones es necesario cambiar de ventilador a alguno que permita la aplicación de  $O_2$
- PEEP bajos que mantienen el pulmón poco reclutado. Se podría aumentar el PEEP para poder reclutar más masa alveolar y así mejorar la saturación, siempre vigilantes de no llegar a valores en los que se comprometa la ventilación y la hemodinamia.

De las condiciones clínicas que más se han asociado a fallo de la VNI es el SDRA moderado severo, clasificado según criterios de Berlin con relación  $PaO_2$  y la  $FiO_2$  ( $PaFi$ ) menor de 200 mmHg [32,33,34,35].

Clínicamente el obtener el  $PaFi$  es complicado, ya que implica tomar gases arteriales para documentar el valor de  $PaO_2$ , por lo que en diferentes estudios se ha relacionado el valor del  $PaFi$  con el valor de la relación de la Saturación arterial de  $O_2$  ( $SatO_2$ ) obtenido por la pulsioximetría y la  $FiO_2$  recibida por el paciente ( $SaFi$ ), esto posterior a estar al menos 5 minutos en CPAP con un PEEP de al menos 5 cmH<sub>2</sub>O, teniendo saturaciones entre 90 y 97% logrando determinar que se relacionan valores de estos con un diferencia de 30 mmHg aproximadamente [36,37,38]. Con estos valores, se ha logrado establecer un algoritmo para la actuación rápida en caso de probable fallo del VNI por fallo hipóxico, el mismo obtenido de las recomendaciones dadas por la SECIP.

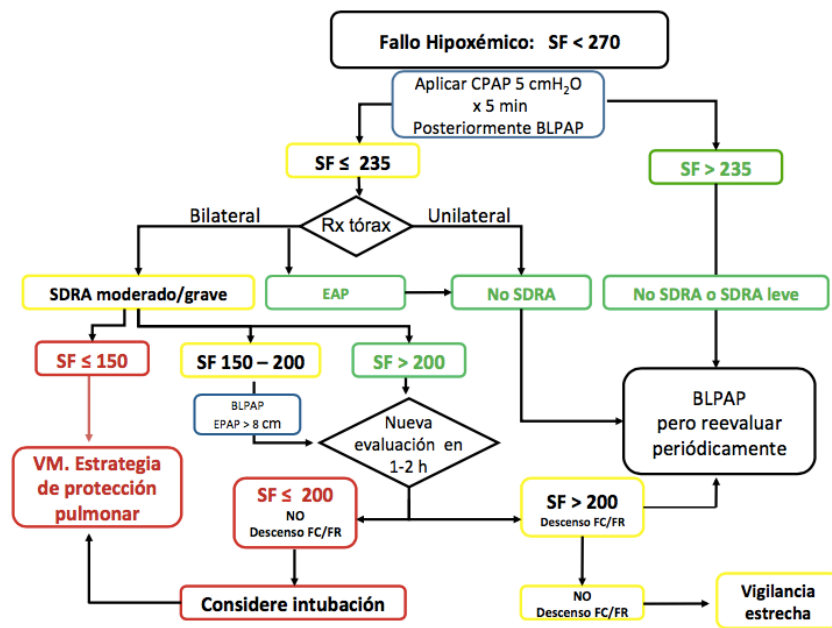


Figura 16. Algoritmo de Monitoreo en Fallo hipoxémico según SECIP

**HIPERCAPNIA:** se considera una causa de fallo de la VNI, en la cual se observa aumento de la presión arterial de  $\text{CO}_2$  ( $\text{PaCO}_2$ ). Para tratarla, lo primero a valorar es que si el paciente se encuentra con alguna alteración de la ventilación, es decir, que el paciente tenga un estímulo respiratorio central, que tenga buena excursión torácica y que logre realizar los volúmenes corrientes adecuados. Una vez documentado una buena ventilación, se tiene que descartar reinhalación.

Para evitar la reinhalación se debe de aumentar el PEEP de 6 a 8  $\text{cm H}_2\text{O}$ , esto es para favorecer la exhalación por el orificio de exhalación no para reclutar alveolos, mecanismo útil para mejorar oxigenación. Otra de las opciones de manejo es cambiando la interfase por una con menor espacio muerto o colocarle una válvula de plateau al circuito. Una opción la cual hay que valorar riesgo beneficio, es agregar fuente de  $\text{O}_2$  a la interfase, eso para aumentar flujo y mejor el lavado del área de intercambio, con el riesgo de aumentar el disconfort del paciente por el aumento en el flujo y por el flujo turbulento recibido a nivel facial.

En el paciente que se encuentra con el Helmet es importante asegurarse de un flujo alto cercano a 30 LPM para disminuir esta reinhalación, esto por el gran

espacio muerto estático, y evitar que este se convierta en espacio muerto dinámico.

**TRATAMIENTO ETIOLÓGICO:** el uso de la VNI en el paciente agudo es para mejorar la condición clínica del paciente al disminuir el WOB, más no es una medida curativa, es necesario utilizar de forma concomitante los tratamientos base de las diferentes patologías para así favorecer a la recuperación total del paciente. Por ejemplo, el paciente con una bronconeumonía, debe de recibir su tratamiento antibiótico adecuado según edad de paciente y de probable agente etiológico, o en el caso de un edema agudo de pulmón (EAP) el manejo concomitante con diuréticos y restricción hídrica o en el paciente asmático, el uso de tratamiento broncodilatador y esteroideo para el control de su exacerbación. El uso de la VNI sin los tratamientos bases favorecen al fallo de la VNI.

**DRENAJE DE SECRECIONES:** estos pacientes tanto en agudo como en crónico (usualmente pacientes neuromusculares) van a tener un manejo inadecuado de las secreciones, por lo que es importante ayudar al paciente al drenaje de las mismas. Para esto, es necesario valerse del apoyo del personal de terapia respiratoria y de enfermería.

El aspirar secreciones, o el utilizar técnicas que mejoren la movilización de las mismas, como nebulizaciones de solución hipertónica, asociado a terapias vibratorias, u otros dispositivos como los asistentes de tos. El mantener la humidificación y el calentamiento del circuito es importante para mejorar el manejo de secreciones.

**COMPLICACIONES:** si el paciente se encuentra ante alguna complicación propia de la terapia o secundario a otra situación clínica como la pérdida de la conciencia o inestabilidad hemodinámica, van a conducirlo al fallo terapéutico.

Existen diferentes predictores de alto riesgo de fracaso de la VNI [34]

- IRA tipo I, principalmente si es SDRA

- SaFi bajo, menor a 200 a la hora de instaurada la VNI
- Clasificaciones de severidad como PRISM y PELOD con valores altos
- Lactantes muy pequeños
- Aquellos pacientes que no disminuya la FR, frecuencia cardiaca, no haya mejoría de la dificultad respiratoria o mejoría gasométrica a la hora del inicio de la terapia..

Otras aplicaciones:

Se ha utilizado la VNI como medida de soporte en pacientes post extubación, para evitar una nueva reintubación o inclusive extubación directa a este sistema de ventilación, disminuyendo así el numero de reintubaciones [39,40,41,42].

La VNI ha sido de gran utilidad en las diferentes unidades de cuidado intensivo en diferentes situaciones:

- A nivel los pacientes con IRA tipo hipoxémica se ha demostrado una disminución del número de pacientes que requieren intubación y por ende las complicaciones de mantener un tubo endotraqueal así como una disminución de la mortalidad de estos pacientes [42,43].
- En el caso del EAP, ha demostrado en conjunto del tratamiento de base, el número de complicaciones y el pronóstico de los pacientes [44].
- En el paciente asmático, ha demostrado una disminución en el número de intubaciones, así como una mejoría en el pronóstico de los mismos [45].
- En el paciente con un destete prolongado de la ventilación mecánica invasiva, el paso a una VNI ha mejorado el pronóstico de estos pacientes, así como una disminución de las estancias UCI [46].
- En el paciente en general a nivel de la UCI, dependiendo de los criterios de selección utilizados, así del momento en el que se aplica

el tratamiento ha demostrado una disminución en la mortalidad y morbilidad, además de disminuir estancias en UCI y a nivel hospitalario y el riesgo de reintubación [47,48].

- En el paciente crónico, con seguimiento con VNI domiciliario, han demostrado una buena tolerancia, con mejoría de la condición general del paciente [49].
- A nivel del paciente cardiaco, también ha demostrado una buena tolerancia además de una mejoría del pronóstico del paciente, demostrándose predictores como factores independientes de el éxito de la VNI el hecho de tener una buena función ventricular izquierda, tener un RACH entre 1 y 3, con el uso de esteroides previo al inicio de la VNI y que no presente disfunción de varios órganos previo a la colocación del soporte con VNI [10,11,12,50].

Existen múltiples aplicaciones de la VNI, sin embargo, cada centro debe de ir haciendo su experiencia en relación al material con el que se cuenta y del personal entrenado que aplique la terapéutica. De el interés del equipo multidisciplinario con el que se cuenta, va a depender también el éxito de la terapéutica.

### **Complicaciones [3]**

Como cualquier medida terapéutica, tiene riesgos y complicaciones, de las cuales podemos diferenciar dos grandes grupos:

- Relacionas a la interfase
  - Intolerancia: existen diferentes tipos de interfases las cuales se deben seleccionar en forma individual para cada paciente.
  - Dermatitis por contacto: se genera en las zonas de presión de la interfase con la cara, que pueden llegar a producir úlceras de diferentes grados. Para prevenirlas es necesario valorar la piel en forma rutinaria, la aplicación de membranas hidrocólicas o ácidos grasos, contemplar descansos o intercalar el uso de diferentes



interfases. El hecho de que presente una lesión en cara, no contraindica el uso de la VNI, es indicación de cambiar la interfase utilizada.

- Conjuntivitis irritativa: causada por fuga en la porción superior de la interfase, se mejora reajustando la interfase. Es importante estar hidratando la conjuntiva.
  - Hipercapnia; puede suceder si se utiliza alguna interfase con el flujo inadecuado, por ejemplo el uso del helmet con flujos bajos. Con esto se puede presentar alteraciones clínicas secundarias al exceso del CO<sub>2</sub>.
  - Rinitis vasomotora: el flujo excesivo, así como un gas no humidificado adecuadamente o calentado adecuadamente, puede generar alteración a nivel de la mucosa nasal, provocando lesión a nivel de esta, favoreciendo a la epistaxis o inclusive aumento de las secreciones nasales. Se pueden utilizar sustancias vasoconstrictoras o esteroides tópicos para mejorar la clínica.
- Relacionas con el aumento de la presión a nivel de la vía aérea
    - Distensión gástrica: suele presentarse cuando se utilizan presiones inspiratorias altas, sin embargo, en pacientes con problemas neuromusculares, se pueden presentar desde presiones bajas dado a la debilidad del esfínter esofágico. El riesgo está relacionado con la probabilidad de vómito y aspiración. Lo que se recomienda es utilizar la presión mínima para lograr los volúmenes deseados, además de utilizar una SNG para permitir descomprimir la cavidad gástrica.
    - Asíncronía, ya previamente descrita, la cual puede generar disconfort y/o fallo de la terapéutica.
    - Herniación orbitaria, sumamente infrecuente, puede suceder en pacientes que presenten alguna fractura etmoidal, generando una comunicación con la órbita.

La complicación más importante es la mayor morbi-mortalidad en el paciente que se retrasa el manejar la ventilación de forma invasiva, por lo que es necesario hacer la selección del paciente de forma correcta, asegurándose que no presente alguna contraindicación, así como el monitoreo continuo y determinación temprana del fallo de la VNI.

### **Otras aplicaciones fuera de UCI**

La VNI se ha abierto puertas no solo en pacientes con alguna patología aguda, también en pacientes con algunas condiciones crónicas o inclusive paliativas, mejorando la calidad de vida de estos y favoreciendo confort y gasto calórico en otras funciones para su desarrollo [26, 51], para esto, se han instaurado diferentes equipos para el manejo de estos pacientes a nivel domiciliario, los cuales cuentan con personal médico, de enfermería y terapia física y respiratoria.

Otra de las utilidades es en el paciente para el traslado intra e inter hospitalario, ya que se ha demostrado que la aplicación de la terapéutica lo más temprano se inicie, tendrá mejor pronóstico, además permite evitar la intubación de algún paciente únicamente para traslado, como sucede en algunas ocasiones. Es necesario definir los sitios de traslado, ya que no es igual el valorar hacer un traslado de unos minutos a otro que requiere más de una o dos horas, se requieren preparar diferente material, tanto en equipo específico, así como en cantidad. Los ventiladores que usualmente se utilizan para transporte tienden a ser portables, con batería duradera y algunos de estos con mezclador de  $O_2$ . Sin embargo, usualmente no se pueden dar más allá de 40 a 50 % de  $FiO_2$  por el gasto acelerado del  $O_2$  el cual para el traslado es limitado. Usualmente estos ventiladores no utilizan humidificación ni calentador, lo cual puede complicar el manejo del paciente. Es necesario mantener monitorizado de forma continua al paciente. Siempre que se decida aplicar la VNI para el transporte, se debe de preparar y comunicar no solo al personal que hará el traslado, sino también a quienes recibirán al paciente. Importante que todo el personal esté capacitado en transporte y en VNI para asegurar el éxito de la terapia [52]. El transporte de

pacientes también se puede realizar vía aérea, en la cual se ha demostrado adecuada tolerancia y seguridad de la utilización de la VNI durante vuelos [53]. De las dificultades que se presentan al realizar traslados aéreos en helicóptero se encuentra la dificultad para la adaptación del paciente, por el espacio limitado, la dificultad en la comunicación y el aumento de las fugas. Al aumentar la altitud, disminuye la presión barométrica y con esto se puede presentar obstrucción de la vía aérea, por lo que se recomienda mantener un buen PEEP, cercano a 6 como mínimo.

Otro sitio en donde se puede aplicar la VNI es en los servicios de emergencias, ya que se ha demostrado un mejor pronóstico en el paciente con IRA y con patología neuromuscular, con una disminución importante en el número de intubaciones. Se requieren más estudios con mayor variedad de patología [54].

En las unidades de cuidados intensivos neonatal y en las maternidades se utiliza VNI para trasladar pacientes, en los pacientes con IRA por inmadurez, y en los pacientes con taquipnea transitoria del recién nacido. [55] Otras utilidades en el paciente neonato se dejan por fuera ya que son una población que no se maneja propiamente en la UCI.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Mediante la revisión bibliográfica realizada se documenta la importancia de la utilización de la ventilación no invasiva en unidades de cuidados intensivos, tanto neonatales como pediátricas, en pacientes a nivel domiciliario, en servicios de emergencias y para el transporte de pacientes.

La medida terapéutica se utiliza en gran variedad de pacientes, los cuales se caracterizan por la presencia de insuficiencia respiratoria aguda, para lo cual es indispensable la adecuada selección del paciente. El uso de la VNI favorece la disminución del trabajo respiratorio y permite tener al paciente estable hasta la resolución de la causa específica, situación que se da en la unidad de cuidados intensivos, previniendo complicaciones de la utilización de medidas invasivas.

Para la aplicación de la terapéutica es necesario tener y conocer los diferentes materiales disponibles para aplicar las diferentes modalidades de la ventilación no invasiva, por lo que es fundamental ampliar el conocimiento de todo el equipo médico a cargo. Hay que hacer énfasis en asegurar de forma temprana el éxito de la terapia o la necesidad de no retrasar la ventilación invasiva.

Al revisar los diferentes protocolos a los cuales se tuvo acceso, los aplicados por la Sociedad Española de Cuidados Intensivos son los más completos, y en ellos se basa la propuesta del protocolo de manejo que se presenta en este trabajo para su utilización en el Hospital Nacional de Niños.

Esta revisión permite dar una vista del amplio campo que está abriéndose poco a poco la ventilación no invasiva, lo cual implica continuar haciendo investigación en el campo, así como continuar con la educación del personal que está a cargo del paciente con este tipo de terapia, incluyendo al personal médico, de enfermería, terapia respiratoria y terapia física.

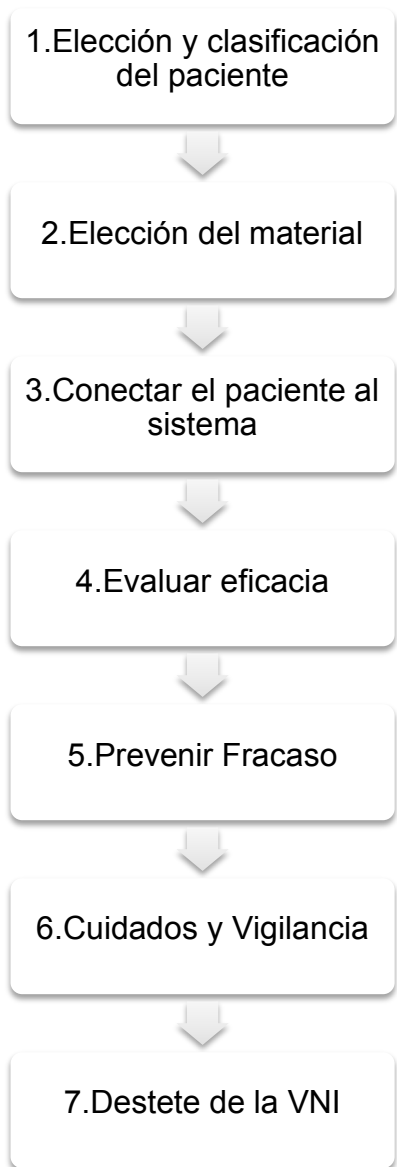
## LIMITACIONES Y SESGOS

Al ser un estudio de revisión bibliográfica no encontramos mayor limitación en el obtener los artículos y estudios relacionados a la ventilación no invasiva en el paciente pediátrico; sin embargo, no se logra acceder a muchos protocolos de manejo de centros hospitalarios en el resto del mundo, o mucha de la información se encontraban en idioma propio del país, el cual crea un criterio de exclusión para la revisión.

No existen sesgos como tal en la revisión, aunque se debe mantener en conocimiento que algunos de los estudios son realizados en adultos y se extrapolan a la población pediátrica por falta de estudios en dicha población.

## PROTOCOLO PROPUESTO

Una vez hecha la revisión bibliográfica, se propone el siguiente protocolo de manejo de la VNI para el paciente en UCI.



- **Elección y clasificación del paciente**

Definir el paciente que es candidato para colocarlo en VNI.

#### Indicaciones

1. insuficiencia respiratoria aguda:
  - a. Tipo I: Hipóxica: neumonía, el edema agudo de pulmón, trauma torácico, síndrome de distress respiratorio agudo leve (SDRA), membrana hialina, bronquiolitis
  - b. Tipo II: hipercápnica: obstrucción de la vía aérea como el asma o la bronquiolitis, debilidad muscular, anomalías de la pared torácica, obesidad o alteraciones en el impulso respiratorio
2. Cuidado intensivo cardiaco.
3. Obstrucción de la vía aérea superior post amigdalectomía.
4. Soporte para procedimientos bajo sedación.
5. Estridor postextubación.
6. Fallo respiratorio en pacientes post trasplante.
7. Pacientes paliativos como soporte respiratorio en insuficiencia respiratoria graves.

Una vez definido que tipo de paciente, es importante descartar que presente alguna de las contraindicaciones:

1. Absolutas:
  - a. Necesidad de protección de la vía aérea
    - i. Coma
    - ii. Sangrado digestivo activo, o vómitos profusos activos
  - b. Inestabilidad hemodinámica: paciente en estado de shock
  - c. Traumas cráneo-faciales
2. Relativas:
  - a. Insuficiencia respiratoria grave, aquella que se considere un SDRA moderado, severo, definido por los criterios de Berlin.
  - b. Secreciones abundantes y espesas

- c. Malformaciones cráneo-faciales (se pueden buscar interfases que cubran estas malformaciones en su totalidad)
  - d. Neumotórax no drenado
3. Es importante definir que el neumotórax ya drenado, así como el antecedente de cirugía esofágica o gástrica reciente o el antecedente de rotura esofágica, no contraindican el uso de la VNI.

- **Elección del material**

La elección del material va a ser dependiente de tres cosas fundamentales, el tipo de IRA, la edad del paciente y del material con que se dispone en el momento.

Edad	Elección	Alternativa
Neonatos	Prótesis binasal corta	Tubo nasofaríngeo Mascarilla nasal Helmet Facial Total
Lactantes	Facial total Mascarilla nasal como buconasal Helmet (CPAP)	Prótesis binasal corta Mascarilla nasal Tubo nasofaríngeo
2 a 6 años	Mascarilla buconasal Facial total	Mascarilla nasal
> 6 años	Mascarilla buconasal	Facial total Mascarilla nasal

CPAP: presión de distensión continua en la vía aérea



Según IRA:

Tipo I	Tipo II
<b>Buconasal</b> (non vented en ventiladores convencional) Alternativas: Facial complete, Nasal,Helmet	<b>Nasal o Buconasal</b>  Helmet

Otro elemento esencial en el sistema es el ventilador, la elección del mismo es importante. Se cuentan con:

- De ventilación mecánica convencional con módulo de VNI
- Específico de VNI para UCI
- Específico de VNI para domicilio con/sin mezclador de O<sub>2</sub>
- Sistema de CPAP

Resto de equipo necesario para la aplicación de la terapia son también necesarios elegirlos adecuadamente al momento de aplicarlo.

- El arnés para las interfases
- Los circuitos para la interfase específica así como para el ventilador a utilizar, que sea de una o dos ramas (esta para ventiladores convencionales con modo de VNI) y asegurarse que en todo el sistema solo tenga un puerto espiratorio.
- La humidificación y calefacción del aire.
- Sistema de nebulización
- Sistema de protección para el paciente, sean membranas hidrocoloides o ácidos grasos.

- **Conectar el paciente al sistema**

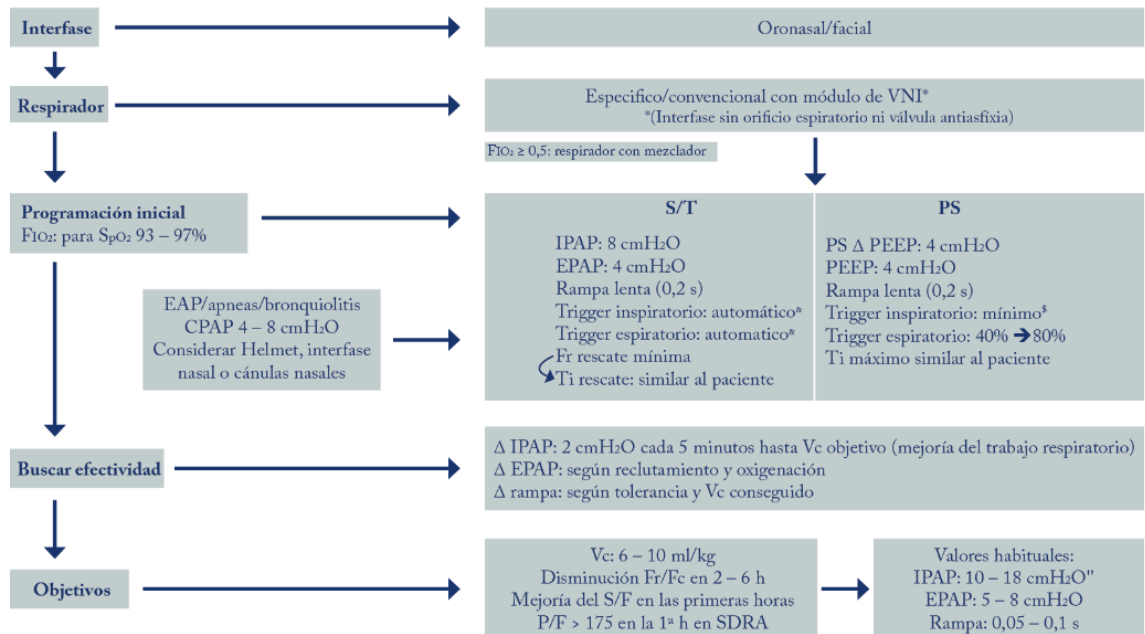
Una vez hecha la elección del paciente y del material a utilizar, y tener todo el equipo necesario cerca, se le debe de explicar al paciente en el caso de que tenga la edad suficiente para entender y ser colaborador o a los familiares que se encuentran con el paciente.

Una vez hecho esto, se le coloca la interfase elegida al paciente, siempre realizar el proceso con dos personas.

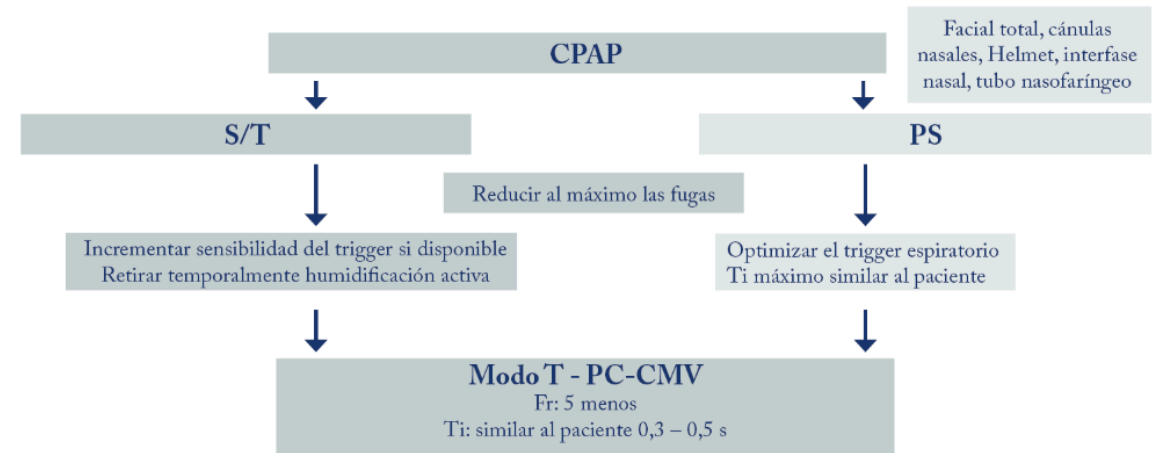
Que la interfase quede sujeta evitando así fugas, pero lo suficiente para evitar lesiones.

Una vez que se coloca el paciente con la VNI, los parámetros iniciales son para alcanzar confort, luego se van aumentando los mismos.

**Metodología de aplicación de la VNI en pacientes mayores de 3 meses**



## Metodología de aplicación de la VNI en pacientes menores de 3 meses



Si está disponible en el respirador



- **Evaluar eficacia**

Durante la ventilación se deben de vigilar tres situaciones básicas:

- Fugas
- Asincronía
- Monitorización continua

Fugas: parte esencial de la VNI, no debe de haber más de 30% de fugas, en el caso de que se presenten se debe de pensar en:

- Reposicionar la interfase.
- Valorar la colocación de chupeta en el paciente lactante u otros dispositivos como lo son las cintas mentonianas.

- Valorar el cambio de ventilador a alguno con el cual se pueda compensar de forma más eficiente las fugas, es decir a uno de específico de VNI.

Asincronía: , se pueden documentar 3 tipos:

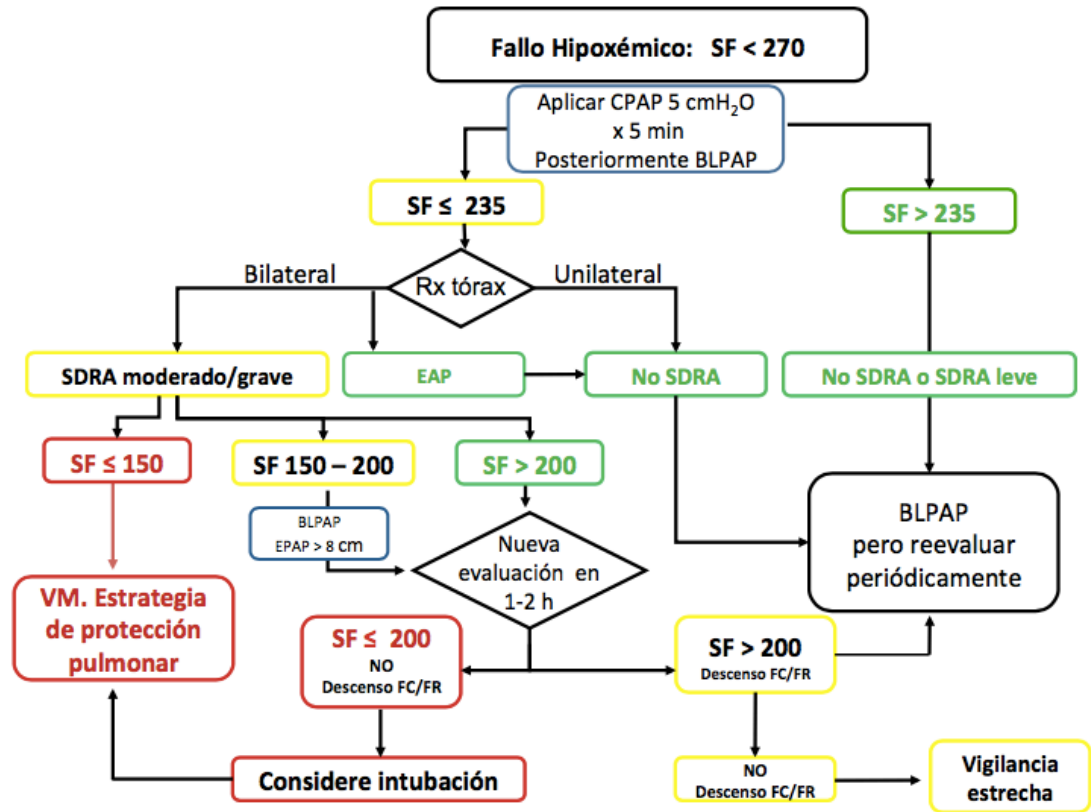
- Inspiratoria, que puede estar dada por autociclado o por disparo ineficaz.
  - o Retirar Humidificador temporalmente
  - o Cambio a ventilador con trigger más sensible
  - o Preguntarse si se está trabajando con la rampa más adecuada
  - o Cambiar a una modalidad ventilatoria Asisto Controlada
  - o Valorar utilizar NAVA
- Espiratoria, que pueden estar dados por doble disparo o con un ciclado retrasado.
  - o ¿Se tiene programado el trigger espiratorio adecuado?
  - o ¿Se tiene el límite del Tins adecuado?
  - o Cambiar a una modalidad ventilatoria Asisto Controlada
  - o Valorar utilizar NAVA
- En modos de flujo, cuando se le da flujos constantes que no se adapta a lo que requiera el paciente.
  - o Mejorando rampa.

Monitorización continua: como parte de la monitorización se debe de realizar un monitoreo continuo del paciente y de todo el sistema, esto recién colocado se debe de hacer de forma más frecuente, para así determinar de forma temprana la aparición de alguna de las complicaciones, o de la necesidad de colocar al paciente en ventilación invasiva.

Datos clínicos a observar es una mejoría de la frecuencia respiratoria, de la frecuencia cardiaca, de los scores de dificultad respiratoria y de la necesidad de FiO<sub>2</sub> menores.

Para documentar mejoría del intercambio gaseoso se pueden utilizar métodos no invasivos como la Oximetría, el CO<sub>2</sub> cutáneo, gases arteriales o la relación SaFi (la cual correlaciona con el PaFi, con una diferencia de 30 mmHg en el caso de que se encuentre con Sat O<sub>2</sub> entre 90 y 97% y con un PEEP mínimo de 5 cmmH<sub>2</sub>O por más de 5 min).

Se puede utilizar el siguiente esquema para definir manejo:



- **Prevenir fracaso**

Es importante durante la aplicación de la terapia, asegurarse que se están logrando los objetivos para los que se inicia la misma y prevenir el fracaso de forma temprana, para lo cual se debe de buscar y tratar las siguientes:

Comprobar que el tratamiento etiológico sobre la causa del fallo respiratorio es adecuado

Facilitar el drenaje de las secreciones mediante fisioterapia

Descartar aparición de nuevas complicaciones:

- Neumotórax
- Neumonía aspirativa

Persistencia de hipoxemia:

- Cambio a respirador con mezclador de oxígeno
- Valorar aumento de la EPAP
- Aumentar  $FIO_2$

Persistencia de hipercapnia:

- Comprobar fugas en interfase
- Valorar cambio de interfase
- Comprobar el circuito
- Descartar existencia de reinhalación:
  - Incrementar EPAP
  - Cambio a interfase de menor espacio muerto si es posible
- Descartar asincronía:
  - Ajustar frecuencia y relación I:E
  - Ajustar trigger inspiratorio y espiratorio si es posible
  - Valorar aumento de EPAP
- Descartar ventilación inadecuada:
  - Comprobar expansión torácica
  - Aumentar IPAP o volumen administrado
  - Valorar cambio de modo/ventilador si es posible

EPAP: presión positiva al final de la espiración;  $FIO_2$ : fracción inspirada de oxígeno; I:E: inspiración:espiración; IPAP: presión positiva inspiratoria

- **Cuidados y vigilancia**

Como parte de los cuidados del paciente la continua vigilancia es importante, así como el mantener al paciente adecuadamente adaptado al sistema, por lo que la

intervenciones para el paciente se deben de hacer forma programada. En esta parte, el personal de enfermería y de terapia respiratoria son los que más están en contacto con el paciente, para los cuales se les recomiendan realizar las siguientes medidas.

- Vigilancia y tratamiento de las zonas de presión y roce de la cara con la interfase, para evitar lesiones por contacto.
- Comprobar y reposicionar el material de protección.
- Limpieza y acondicionamiento de la interfase y arnés.
- Drenaje de agua condensada en los circuitos y la interfase.
- Higiene específica de la piel y el cabello que se afecta por los sistemas de soporte y la interfase.
- Higiene de los labios, boca, nariz y cuidados oculares. Que implica la aspiración de las secreciones si precisa
- Comprobar el estado de los dispositivos y sus fijaciones que queden afectados con la interfase o el arnés, llamasen SNG, entre otras.
- Administrar los fármacos orales así como los alimentos.
- Cuidados generales, movilización del paciente y curación de heridas
- Hacer juegos, contacto y que se relacione con los familiares.

- **Destete de la VNI**

Siempre es importante el realizar una valoración frecuente de la necesidad de la VNI, para ir disminuyendo el soporte al paciente una vez que la condición aguda se haya tratado y mejorado, ya que la VNI es únicamente una medida de soporte para disminuir el WOB y esperar que mejore la condición aguda.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gisela A., **Historia de la ventilación mecánica**, Medicina Intensiva, 2012, 29 (1):1-12.
2. Medina A., Pons M., et al, **Ventilación no invasiva en pediatría**, 2ª edición, Ergon, 2009, Madrid, España.
3. Medina A., Pilar J., **Manual de ventilación mecánica pediátrica y neonatal**, cuarta edición, Tesela ediciones, 2016, Oviedo, España.
4. Demaret P. Et al, **Non-invasive ventilation is useful in Paediatric intensive care units if children are appropriately selected and carefully monitored**, Acta Paediatrica Nurturing the Child, 2015, 104; 861-871.
5. Wolfler A., Calderini C., et al, **Evolution of noninvasive mechanical ventilation use: a cohort study among italian PICUs**, Padiatric critical care medicine, 2015; 16:418-427.
6. Fedor k, **Noninvasive Respiratory Support in infants and Children**, Respiratory Care, Junio 2017; 62(6):699-717.
7. West J, **Respiratory Physiology the essentials**, Lippincott Williams & Wilkins, novena edición, 2012, Estados Unidos.
8. Casas I, Contreras E, et al, **Diagnóstico y manejo de la insuficiencia respiratoria aguda**, Neumología y cirugía de tórax, Vol 67(1): 24-33, 2008
9. Essouri S, et al, **Noninvasive support and ventilation for pediatric acute respiratory distress síndrome: proceedings from the pediatric acute lung injury consensus conference**, Pediatric critical care medicine, 2015;16:S102-S110.
10. Romasn R., et al, **Epidemiology of noninvasive ventilation in pediatric cardiac ICUs**, Pediatric critical care medicine, 2017; 18(10):949-957.
11. Kovacikova L., Skrak P., Dobos D., Zahorec M., **Noninvasive positive pressure ventilation in critically ill children with cardiac disease**, Pediatric cardiology, abril 2014;35(4):678-683.



12. Cabrini L., Zangrillo A., Landoni G., **Preventive and therapeutic noninvasive ventilation in cardiovascular surgery**, Cardiovascular anesthesia, 2015, 28:67-72.
13. Pavone M., Verrillo E., Caldarelli V., Ullmann N., Cutrera R., **Noninvasive positive pressure ventilation in children**, Early human development, 2013;(89):s25-s31.
14. Mortamet G., Amaddeo A., et al, **Interfaces for noninvasive ventilation in the acute setting in children**, Paediatric respiratory Reviews, junio 2017;23:84-88.
15. BaHammam A., Singh T., et al, **Choosing the proper interface for positive airway pressure therapy in subjects with acute respiratory failure**, Respiratory care, Octubre 2017, 05787.
16. Fodil R., Lellouche F., et al, **Comparison of patient-ventilator interface based on their computerized effective dead space**, intensive care medicine, 2011;37:257-262.
17. Medina A., Alvarez P., Rey C., et al, **Confort y nivel de ruido en ventilación no invasiva con interfase helmet en lactantes**, Anales de pediatría, 2015;83(4):272-276.
18. Hess D., **Aerosol therapy during noninvasive ventilation or high flow nasal cannula**, Respiratory care, 2015;60(6):880-893.
19. Peng Y., Dai B., Hu C., et al, **Which nebulizer position should be avoided? An extended study of aerosol delivery and ventilator performance during noninvasive positive pressure ventilation**, Respiration, Diciembre 2017, publicado en línea.
20. Walenga R., Worth P., et al, **Aerosol drug delivery during noninvasive positive pressure ventilation: Effects of intersubject variability and excipient enhanced growth**, Journal of aerosol medicine and pulmonary drug delivery, junio 2017; 30(3):190-205.
21. Michotte J., Staderini E., et al, **Pulmonary drug delivery following continuous vibrating mesh nebulization and inspiratory synchronized vibrating mesh nebulization during noninvasive ventilation in healthy**

- volunteers**, Journal of aerosol medicine and pulmonary drug delivery, julio 2017;30:1-9
22. Restrepo R., **Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation:2012**, Respiratory care, 2012;57(5):782-788.
  23. Ueta K., Tomita T., et al, **Influence of humidification on confort during noninvasive ventilation with a helmet**, Respiratory care, 2013;58(5):798-804.
  24. Rabec C., Emeriaud G., et al, **New ventilatory modes in noninvasive ventilation**, Paediatric respiratory Reviews, marzo 2016;18:73-84.
  25. Ducharme-Crevier L., Beck J., et al, **Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) allows patient-ventilator synchrony during pediatric noninvasive ventilation: a crossover physiological study**, Critical care, febrero 2015;19:44.
  26. Bosch-Alcaraz A., **La ventilación no invasiva mejora el confort al paciente paliativo pediátrico**, Enfermería intensiva, 2014, 25(3):91-99.
  27. Darlene E., Acorda M., **Nursing and respiratory collaboration prevents BiPAP-Related Pressure Ulcers**, Journal of pediatric nursing, 2015 Julio-agosto;30(4):620-3.
  28. Venkatraman R., Hungerford J., et al, **Dexmedetomidine for sedation during noninvasive ventilation in pediatric patients**, Pediatric critical care medicine, septiembre 2017, 18(9):831-837.
  29. Terzi N., Darmon M., **Initial nutritional management during noninvasive ventilation and outcomes: a retrospective cohort study**, Critical care, noviembre 2017, 29;21(1):293.
  30. Leroue M., Good R., et al, **Enteral nutrition practice in critically ill children requiring noninvasive positive pressure ventilation**, Pediatric critical care medicine, diciembre 2017; 18(12):1093-1098.
  31. Kogo M., Nagata K., et al, **Enteral nutrition is a risk factor for airway complications in subjects undergoing noninvasive ventilation for acute respiratory failure**, Respiratory care, Abril 2017;62(4):459-467.

32. Essouri S., Chevret L., **Noninvasive positive pressure ventilation: five years of experience in a pediatric intensive care unit**, Pediatric critical care medicine, Julio 2006;7(4):329-334.
33. Schettino G., Altobelli N., **Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure outside clinical trials: experience at the massachusetts general hospital**, Critical care medicine, Febrero 2008;36(2):441-447.
34. Mayordomo J., Pons M., et al, **Predicting non-invasive ventilation failure in children from the SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (SF) ratio**, Intensive Care medicine, Enero 2013;39(6):1095-1103.
35. Dohna-Schwake C., Stehling F., et al, **Non-invasive ventilation on a pediatric intensive care unit: feasibility, efficacy, and predictors of success**, Pediatric pulmonology, Noviembre 2011;46(11):1114-1120.
36. Lobete C., Medina A., et al, **Correlation of oxygen saturation as measured by pulse oximetry/fraction of inspired oxygen ratio with PaO<sub>2</sub>/fraction of inspired oxygen ratio in a heterogeneous sample of critically ill children**, Journal of critical care, 2013;28:5381-5387.
37. Khemani R., Patel N., et al, **Comparison of the pulse oximetric saturation/fraction of inspired oxygen ratio and the PaO<sub>2</sub>/ fraction of inspired oxygen ratio in children**, Chest, marzo 2009;135(3):662-668.
38. Thomas N., Shaffer M., et al, **Defining acute lung disease in children with the oxygenation saturation index**, Pediatric critical care medicine, Enero 2010;11(1):12-17.
39. Mayordomo J., Medina A., et al, **Non invasive ventilation after extubation in paediatric patients a preliminary study**, BMC Pediatric, Mayo 2010;10:29.
40. Fioretto J., Riberiro C., et al, **Comparison between noninvasive mechanical ventilation and standard oxygen therapy in children up to 3 years old with respiratory failure after extubation: a pilot prospective randomizes clinical study**, Pediatric critical care medicine, febrero 2015;16(2):124-130.

41. Lin C., Yu H., et al, **The efficacy of noninvasive in managing postextubation respiratory failure: a meta-analysis**, Heart & lung, Marzo-abril 2014;43(2):99-104.
42. Yaman A., Kendirli T., et al, **Efficacy of non-invasive mechanical ventilation in prevention of intubation and re-intubation in the pediatric intensive care unit**, Journal of critical care, abril 2016;32:175-181.
43. Ferrer M., Esquinas A., et al, **Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure**, American journal of respiratory critical care medicine, Diciembre 2003;168(12):1438-1444.
44. Park ., Sangean MC., **Randomized, prospective trial of oxygen, continuous positive airway pressure, and bilevel positive airway pressure by face mask in acute cardiogenic pulmonary edema**, Critical care medicine, Diciembre 2004;32(12):2407-2415.
45. Mayordomo J., Medina A., **Non-invasive ventilation in pediatric status asthmaticus: a prospective observational study**, Pedaitric pulmonology, Octubre 2011;46(10):949-955.
46. Ferrer M, Esquinas A, et al, **Noninvasive ventilation during persistent weaning failure a randomized controlled trial**, American journal of critical care medicine, Julio 2013;168(1):70-76.
47. Morris J., Ramnarayan P., et al, **Outcomes for children receiving noninvasive ventilation as the firstline mode of mechanical ventilation at intensive care admission; a propensity score matched cohort study**, Critical care medicine, 2017;45:1045-1053.
48. Marohn K., Panisello J., **Noninvasive ventilation in pediatric intensive care**, Current opinion pediatric, 2013;25:290-296.
49. Kherani T., Sayal A., et al, **Comparison of invasive and noninvasive ventilation in children less tan 1 year of age: a long-term follow up study**, Pediatric pulmonology, 2016;51:189-195.
50. Gupta P., Kuperstock J., et al, **Efficacy and predictors of success of noninvasive ventilation for prevention of extubation failure in critically ill childrens with heart disease**, Pediatric cardiology, 2013;34:964-977.

51. Nathan A., Loo H., **Thirteen Years of invasive and noninvasive home ventilation for children in a developing country: a retrospective study**, Pediatric pulmonology, abril 2017;25(4):500-507.
52. Millan N., Alexandre C., et al, **Noninvasive respiratory support during pediatric ground transport; implementation of a safe and feasible procedure**, Respiratory care, mayo 2017;62(5):558-565.
53. Garrote J., Aylagas D., et al, **Noninvasive mechanical ventilation in helicopter emergency medical services save time and oxygen and improves patient and misión safety: a pilot study**, Air medicine Journal, Julio-agosto 2015;34(4):218-222.
54. Vitaliti G., Wenzel A., **Noninvasive ventilation in pediatric emergency care: a literatura review and description of our experience**, Expert Reviews in respiratory medicine, 2013;7(5):545-552.
55. Mukerji A., Shah P., et al, **Survey of noninvasive respiratory support practices in Canadian neonatal intensive care units**, Acta Paediatrica, Marzo 2017; 106(3):387-393.