

# Recomendaciones para el Manejo No Invasivo e Invasivo de la Insuficiencia Respiratoria Hipoxémica de Novo COVID-19

**Autores:** Lic. María Laura Vega, Lic. Catalina Siroti, Dr. Guillermo Montiel, Dra. Ada Toledo, Dr. Carlos Franceschini, Dr. Alejandro Martínez Fraga, Dra. Leslie Vargas Ramírez, Dr. José Luis Carrillo, Dra. Martha Torres Fraga  
Agradecimiento especial al Dr. Stefano Nava y al Dr. Salvador Díaz Lobato

## Nomenclatura del texto por orden alfabético

BNM	Bloqueantes neuromusculares
CNAFO	Cánula Nasal de Alto Flujo de Oxígeno
CPAP	Dispositivo de Presión Positiva Continua
FiO <sub>2</sub>	Fracción Inspirada de O <sub>2</sub>
FR	Frecuencia Respiratoria
DP	Driving pressure
EPP	Equipo de protección personal
ESICM	European Society of Intensive Care Medicine
Epap	Presión positiva espiratoria (nomenclatura empleada en equipos de flujo continuo)
HEPA	Filtro de Alta Eficiencia de Filtrado de Partículas
HMEF	heat and moisture exchanger and filter
IOT	Intubación Orotraqueal
IPAP	Presión positiva inspiratoria (nomenclatura empleada en equipos de flujo continuo)
NMN	Neumonía
OMS	Organización Mundial de la Salud
PaCO <sub>2</sub>	Presión Arterial de Dióxido de Carbono
PaO <sub>2</sub>	Presión Arterial de Oxígeno
PaFiO <sub>2</sub>	Relación Presión arterial de Oxígeno/Fracción inspirada de Oxígeno
PEEP	Presión Positiva Continua Espiratoria
PS	Presión de Soporte
PTPe	Presión transpulmonar espiratoria
PTPi	Presión Transpulmonar Inspiratoria
RX	Radiografía
SpO <sub>2</sub>	Saturación de pulso de O <sub>2</sub>
SDRA	Síndrome de distress respiratorio del adulto
TAC	Tomografía Computada
TET	Tubo Endotraqueal
UTI	Unidad de Terapia Intensiva
VM	Volumen Minuto
VMP	Ventilación mecánica protectiva
VT	Volumen Tidal o volumen corriente
VNI	Ventilación no Invasiva
VMI	Ventilación Invasiva

## 1. Introducción

El objetivo de este grupo de trabajo es realizar recomendaciones para el uso de las terapias de soporte respiratorias en el contexto de la insuficiencia respiratoria aguda por COVID 19.

La información que se aportará en este documento se basa en recomendaciones de expertos en soporte respiratorio invasivo y soporte respiratorio no invasivo, en el análisis de la evidencia, y en los protocolos, experiencia y recomendaciones de centros y profesionales de China y países europeos que están atendiendo este tipo de casos.

Esta pandemia con elevada cantidad de pacientes que requieren VMI, puso en evidencia que no hay la cantidad de equipamiento para ventilar invasivamente a todos y por lo tanto basados, en la experiencia de lo que sucedió en China y está sucediendo en los países europeos, consideramos de fundamental importancia incluir todas las medidas de soporte ventilatorio, disponibles en la actualidad, con el objetivo que en la medida de lo posible, ningún paciente quede sin asistencia, enfatizando en las medidas de protección personal según el nivel de atención y la medida de soporte ventilatoria implementada.

La elección del tipo de soporte invasivo o no invasivo, deberá centrarse en la fisiopatología del COVID, el curso evolutivo pero también según la experiencia del personal y la institución. Siempre considerar:

- Disminuir el riesgo de dispersión de partículas aerosolizadas, a través del uso de EPP,
- El tipo de soporte que realmente necesita el paciente en términos de su trabajo respiratorio y de su hipoxemia, la tolerancia al tratamiento, los predictores de falla y el monitoreo del trabajo respiratorio a través de la mecánica ventilatoria del paciente (FR, tiraje, asincronía toraco abdominal),
- La duración y el curso de la enfermedad (Recordar que esta enfermedad no es de rápida resolución como un Edema Agudo de Pulmón),
- Los recursos institucionales en cuanto disponibilidad de camas de UTI, cantidad y capacidad del personal, disponibilidad de ventiladores para uso invasivo o no invasivo, disponibilidad de Equipos de CPAP o de CNFAO y disponibilidad de oxígeno.

Un punto muy importante a tener en cuenta es que cuando desborda el sistema, las terapias de soporte no invasivo tienen la ventaja dado que pueden ser realizadas fuera del área de cuidados críticos, con la supervisión de personal entrenado y así atender a un mayor número de afectados. Todo ello en un ambiente de máxima seguridad para todo el personal sanitario implicado en el cuidado de estos pacientes.

## 2. Presentación de la patología según fenotipos

El SDRA por COVID, NO se rige estrictamente por la definición clásica de Berlín del SDRA. Entonces, la NEUMONITIS POR COVID NO ES IGUAL AL SDRA. Para esto se deben considerar los dos fenotipos posibles de presentación, a pesar tener similares  $\text{PaFiO}_2$ :

Fenotipo L (Low) Existe desregulación de perfusión pulmonar y microtrombos en capilares pulmonares. Estos pacientes tienen:

- Baja Elastancia del Sistema Respiratorio. La conformidad del sistema respiratorio indica que la cantidad de gas en el pulmón es casi normal. Tienen buena Crs.
- Baja relación ventilación a perfusión (VA/Q): con valores similares a espacio muerto, por este motivo pueden tener aumento de  $\text{PaCO}_2$ . Dado que el volumen de gas es casi normal, la hipoxemia puede explicarse mejor por la pérdida de regulación de la perfusión y por la pérdida de

vasoconstricción hipóxica. En consecuencia, en esta etapa, la presión de la arteria pulmonar, debería ser casi normal.

- Baja reclutabilidad. la cantidad de tejido no aireado es muy baja, por lo tanto la reclutabilidad es baja. Respuesta a PEEP y pronó limitada
- Bajo peso pulmonar: En la TAC sólo se presentan densidades de vidrio esmerilado, principalmente localizadas subpleuralmente y a lo largo de las cisuras pulmonares. Por consiguiente, el peso del pulmón sólo aumenta moderadamente.

Fenotipo H (High): con predominio de edema pulmonar y “presentación de SDRA típico” Estos pacientes tienen:

- Alta elastancia. La disminución del volumen de gas debido al aumento del edema explica la disminución de la Crs.
- Mayor poder de reclutabilidad: El aumento de la cantidad de tejido no aireado se asocia, como en el SDRA grave, con una mayor capacidad de reclutamiento. Mejor respuesta a PEEP y pronó. (Potencial de reclutamiento).



- Alto V/Q: con valores de Shunt por derivación alta de derecha a izquierda. Esto se debe a que la fracción del gasto cardíaco perfunde el tejido no aireado que se desarrolla en las regiones dependientes del pulmón debido al aumento del edema y la presión superpuesta.
- Alto peso del pulmón: El análisis cuantitativo de la TAC muestra un notable aumento del peso del pulmón (> 1,5 kg), en el orden de magnitud del SDRA grave.

Del Fenotipo H, el 20-30% encaja perfectamente con los criterios del SDRA severo: hipoxemia, infiltrados bilaterales, disminución del Crs, aumento del peso pulmonar y potencial de reclutamiento.

Ambos fenotipos pueden tener similar PaFiO<sub>2</sub> (la HIPOXEMIA ESTA PRESENTE EN AMBOS) PERO tienen diferentes patrones en TAC y RX, Imagen A fenotipo L/ Imagen B Fenotipo H)

### 3. Fisiopatología de la lesión auto inducida en el paciente COVID

El paciente con COVID ventilando espontáneamente se somete a un círculo vicioso dado que la alteración de la PaFiO<sub>2</sub> genera un aumento del drive respiratorio que lleva a una lesión pulmonar auto inducida, por el aumento del trabajo respiratorio, con aumento de oscilaciones de presión pleural (con aumento de Stress y Strain pulmonar). La magnitud de las oscilaciones de la presión pleurales inspira-

toria puede determinar la transición del fenotipo de Tipo L al de Tipo H. A medida que las oscilaciones de la presión esofágica aumentan de más 5-10 cmH<sub>2</sub>O a valores mayores de 15 cmH<sub>2</sub>O, el riesgo de lesión auto inducida pulmonar aumenta. Dada la limitada experiencia en medición de la manometría esofágica y sobre todo debido a los riesgos que implica colocar un balón esofágico al paciente ventilado espontáneamente (maniobra invasiva y con riesgo de aerosolización), deben evaluarse medidas clínicas sustitutivas del trabajo respiratorio, es decir evaluando el drive respiratorio:

- Grandes oscilaciones la presión venosa central,
- la detección clínica de un esfuerzo inspiratorio excesivo,
- la presencia de tiraje de los músculos respiratorios,
- asincronía toraco abdominal,
- grandes esfuerzos inspiratorios, movilización de grandes volúmenes minuto (alto VT-alta FR).

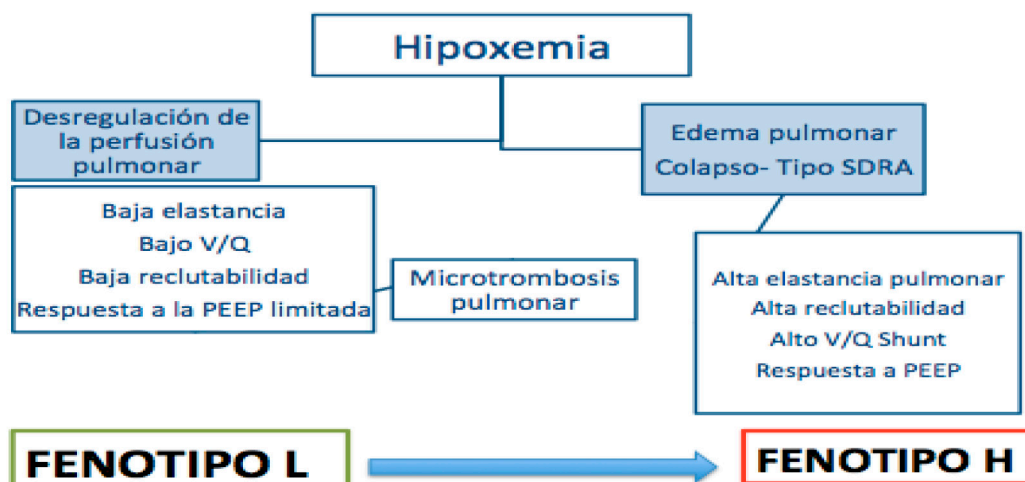
El Drive metabólico es importante también. Algunos pacientes se presentan muy inflamatorios y tienen mucho aumento del consumo de Oxígeno. El neurotropismo del COVID actuando sobre el cerebro medio, hace que algunos pacientes tengan mucho esfuerzo respiratorio pero no lo perciben como disnea, es decir subjetivamente la disnea es menor que el trabajo respiratorio. Por eso evaluar mecánica respiratoria en función a la FR, tiraje o la asincronía toraco abdominal para proceder a IOT.

Esta lesión auto inducida, podría también producirse en el caso de un paciente ventilando con cualquier tipo de presión positiva y grande esfuerzos respiratorios, en este caso se llamaría VILI (injuria asociada a la ventilación mecánica a presión positiva, invasiva o no invasiva). Todo esto, genera leak capilar y edema pulmonar y lesión pulmonar. Por este motivo, el fenotipo L en poco tiempo puede evolucionar al Fenotipo H. Muchos consideran este el fenotipo, como una forma intermedia que se comporta con una evolución bifásica por lesión pulmonar autoinducida o que estuvo días en Presión positiva continua no invasiva y se retrasó la IOT porque no fue precoz (cuadro 1, 2 y 3).

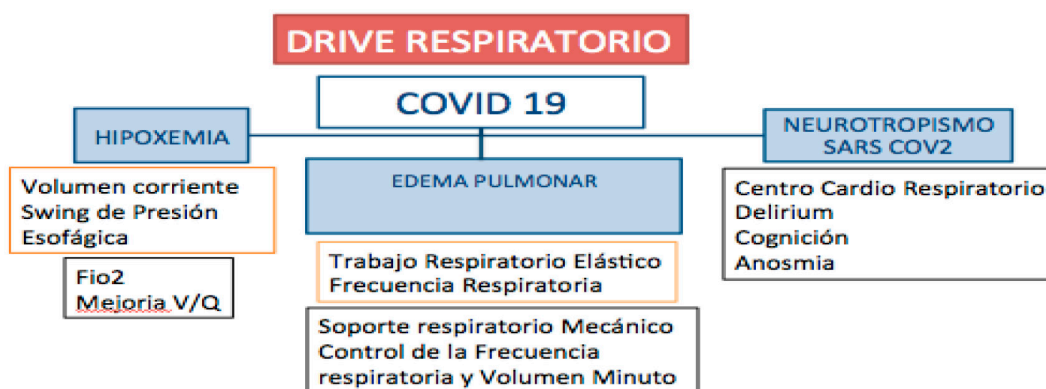
### Ventilación espontanea y transición de Fenotipo



**Cuadro 1.** Lesión pulmonar auto inducida del paciente COVID



Cuadro 2. Presentación de Fenotipos y transición.



Cuadro 3. Drive respiratorio y fisiopatología

Ambos fenotipos pueden tener similar  $\text{PaFiO}_2$  (la HIPOXEMIA ESTA PRESENTE EN AMBOS) PERO tienen diferentes patrones en TAC y RX, y diferentes valores de mecánica respiratoria en cuanto a Elastancia y potencial de reclutamiento. Por lo tanto la estrategia ventilatoria debe diferenciarse según el fenotipo.

#### 4. Curso o evolución de la patología

*Hiperaguda*: aquellos pacientes con hipoxemia severa muy aguda, y aumento del trabajo respiratorio espontaneo (con o sin sensación de disnea) y requerimiento probable de IOT inmediata.

*Indolente en mejoría*: aquellos pacientes con moderada o severa hipoxemia pero un moderado trabajo respiratorio que pueden ser IOT, pero frecuentemente pueden tratarse no invasivamente. Estos pacientes tienen descenso progresivo de los marcadores inflamatorios.

Por el contrario, estos pacientes atraviesan un curso *bifásico* (generalmente por lesión pulmonar autoinducida o por VILI-VNI), y empeoran subiendo así sus marcadores inflamatorios y empeorando la hipoxemia, y las imágenes de RX y TAC, y comportarse como un SDRA clásico.



*Falla tardía:* con un inicio leve de los síntomas pero luego de 5 o 7 días comienza el deterioro agudo, la hiperinflamación, el empeoramiento de la falla respiratoria y de las imágenes tomográficas y radiográficas. Aquí comienza el aumento de ferritina, aumento de linfocitos, más fiebre y requerimiento de asistencia ventilatoria mecánica.



## 5. Estrategias ventilatorias no invasivas

A continuación se describen todas las formas de soporte no invasivo de asistencia ventilatoria, la justificación para su uso y las medidas para evitar la dispersión de partículas aerosolizadas.

Luego la forma de implementación en particular cuando sea necesario y en general. Finalmente, se darán pautas de monitoreo de pacientes en tratamiento con soporte no invasivo.

Enfatizamos en todos los casos el uso del EPP según el nivel de protección necesario, siendo importante remarcar el uso de Barbijo quirúrgico o N95 en todos los procedimientos que generen aerosolización



de partículas, y aplicados en zonas aireadas, si no existe la posibilidad de realizar estos tratamientos en habitaciones de presión negativa. (Ver material suplementario: COVID y salas de presión negativa).

Independientemente, del grado de recomendación, sugerimos que usen un sistema de soporte no invasivos con el que estén familiarizados y que resulte en una óptima tolerancia del paciente, y disponible en la institución o sector de tratamiento.

### 5.A. Oxigenoterapia Standard (cánula nasal, máscara Venturi y máscara con reservorio)

Cánula nasal Implementación a 1-6 l/m entrega una  $FiO_2$  aproximada de 28% a 45%. Máscara simple (con flujos operativos de  $O_2$  de 5-10 l/m) y Venturi ( $FiO_2$  entregada desde 24% y 60%).

Máscara con reservorio donde la  $FiO_2$  entregada es aproximadamente 90%, con un flujo operativo de >10 L/m.

Es importante aclarar que con todos estos sistemas de oxigenoterapia estándar, la entrega de  $O_2$  es variable dependiendo el volumen minuto del paciente y su pico flujo inspiratorio.

#### 5.A.a Justificación para el uso terapéutico

Aunque la verdadera incidencia del grado de insuficiencia respiratoria hipoxémica en pacientes con COVID-19 no está clara, parece que alrededor del 14% desarrollará una enfermedad que requiere oxigenoterapia, y el 4% al 13% de los pacientes con COVID-19 requieren soportes no invasivos y que del 2.3% al 12% requerirán VMI.

Debe ser utilizada la Oxigenoterapia Estándar en pacientes eupnéicos,  $FR < 20$  con leve hipoxemia sin esfuerzo inspiratorio (sin tiraje de los músculos respiratorios). Siempre titular la menor  $FiO_2$  para  $SpO_2$  90-94% o 88% a 92 en pacientes con patología pulmonar crónica tipo 2 agregada.

#### 5.A.b Implementación para minimizar el riesgo de aerosolización de partículas

Tener en cuenta la aerosolización de partículas de estos dispositivos siendo:

*Cánula nasal* a 1 l/m genera una dispersión de 66 cm de distancia horizontal. Esta distancia aumenta hasta 1 metro con un flujo de 5 l/m1.

*Máscara simple, Máscara de Venturi y Máscara con Reservorio:* Con máscara simple a 10 l/m, el aire exhalado alcanza los 40 cm. Con Máscara de Venturi al 40%, de la distancia del aire exhalado se reduce a 33 cm. Esta distancia disminuye aún más si se utiliza una Máscara con Reservorio a 12 l/m, en cuyo caso la dispersión de la exhalación no alcanza los 10 cm<sup>2</sup>, <sup>3</sup>.

Es recomendable, evaluar la colocación de un barbijo quirúrgico al paciente, si no aumenta su sensación de disnea y el consiguiente aumento del trabajo ventilatorio.

Si el pte continúa con deterioro de la  $PaFiO_2$  o saturación o directamente ingresa con IRA (insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica), generalmente definida como: (pacientes categorizados como NARANJAS)

- hipoxemia significativa  $PaO_2/FiO_2 < 200$ ,
- Taquipnea 30-35 respiraciones x min,1
- Uso de músculos accesorios

Es posible realizar un trial corto (30´-60´) de:

1. CNAFO
2. CPAP
3. VNI

## 5.B. Justificación para un trial corto (30´-60) con soporte no invasivo (CNAFO/CPAP/VNI)

Se implementará como estrategia preventiva para evitar la IOT. Y particularmente en la pandemia del COVID puede ser también utilizada para ganar tiempo en conseguir otra forma de sostén invasivo (liberación de ventiladores o plazas en UTI).

*Oxigenación:* estos dispositivos pueden proporcionar cerca del 100% de  $\text{FiO}_2$ . La CNAFO además, puede proporcionar una pequeña y variable cantidad de PEEP (aproximadamente de  $5\text{cmH}_2\text{O}$ , dependiendo de la tasa de flujo y de cuán ajustada este la cánula en la nariz del paciente). La VNI y el CPAP pueden proporcionar una mayor cantidad de PEEP y de manera más precisa. Este efecto de reclutamiento disminuye el Shunt.

*Trabajo respiratorio:* La CNAFO genera lavado espacio muerto anatómico, reduciendo así el trabajo respiratorio, además el lavado del  $\text{CO}_2$  del espacio muerto anatómico podría colaborar en disminuir la  $\text{PaCO}_2$ . La VNI por su parte, proporciona soporte inspiratorio.

Implementación para minimizar el riesgo de aerosolización de partículas en la atención de pacientes con soporte no invasivo (CNAFO/CPAP/VNI)

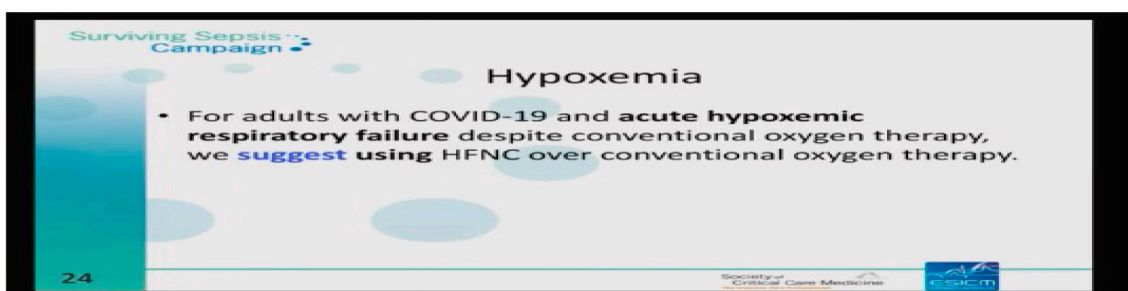
Existe el riesgo de dispersión de las gotas exhaladas en las tres modalidades de asistencia respiratoria no invasiva. El riesgo disminuye con la distancia del operador con la interfaz del paciente o al dispositivo.

El EPP respiratorio debe usarse de acuerdo con las recomendaciones de la OMS, con barbijo N95 dado que son procedimientos que generan aerosolización de partículas, y estaría demostrado que el COVID podría tener transmisión inhalatoria. Es necesario recomendar revisar los diferentes niveles de protección según el procedimiento realizado.

### 5.B.a CNAFO

#### 5.B.a.i Justificación para el uso terapéutico

La CNAFO podría ser un enfoque racional de para el apoyo no invasivo en pacientes con SDRA leve<sup>4</sup>. Una serie de casos de China, sugirió que el HFNC se asoció con tasas de supervivencia más altas que la ventilación no invasiva o invasiva en los pacientes COVID menos enfermos<sup>5</sup>. Además requiere menos mantenimiento que la ventilación mecánica invasiva y no invasiva. Por ejemplo, un paciente que está en CNAFO tranquilo y sin toser debido a una correcta humidificación del aire inspirado puede tener menos probabilidades de propagar el virus en comparación con un paciente despierto intubado que requiere aspiraciones frecuentes<sup>6</sup>. Este tipo de soporte no invasivo, es reconocido por la OMS para el tratamiento de pacientes con COVID-19, para la pre oxigenación antes de la intubación o para el apoyo ventilatorio no invasivo con un seguimiento estrecho del deterioro clínico en pacientes seleccionados con insuficiencia respiratoria hipoxémica.





Si bien faltan estudios, la sugerencia ESICM es que algunos pacientes que fallan a la oxigenoterapia estándar podrían beneficiarse con un trial de CNAFO.

### 5.B.a.ii Implementación para minimizar el riesgo de aerosolización de partículas

Debido a la incertidumbre en torno a la posibilidad de aerosolización, la CNAFO debe utilizarse con precaución para prevenir la transmisión de partículas en el aire.

Por ahora las pruebas existentes, no respaldan el concepto de que el CNAFO aumenta sustancialmente la dispersión de los patógenos. La dispersión máxima es de  $17,2 \pm 3$  cm. Comparándola con una cánula nasal, con una máscara simple o con máscaras Venturi o de reservorio, la HFNC con un flujo de 60 l/min no incrementó la distancia de dispersión exhalada de partículas.

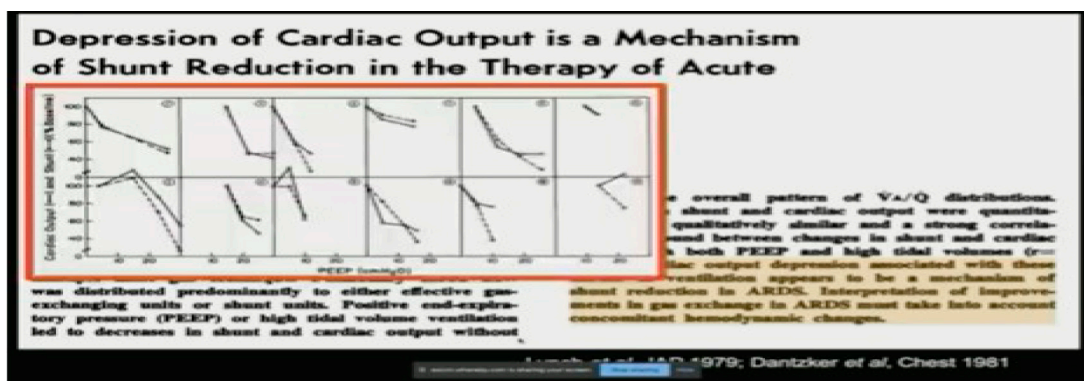
En caso de tener mal posicionada la cánula nasal, las pérdidas laterales pueden llegar incluso hasta 62 cm. Por lo tanto, en estos casos, destacan la importancia de la correcta posición de las cánulas nasales de alto flujo. La cánula nasal tiene que ser del tamaño adecuado al tamaño de las narinas del paciente, tiene que estar completamente insertada en los orificios, el elástico debe estar bien asegurado entorno a la cabeza y la tubuladura debe estar próxima a la interfaz sin tironear hacia abajo. Estas cuatro pequeñas precauciones nos permiten evitar aquellas fugas laterales de hasta 60 cm de dispersión horizontal del aire exhalado del paciente. Además se aconseja en estas guías colocar por encima de la cánula un barbijo quirúrgico en caso que el paciente tenga tos, monitoreando siempre que no genere dificultad respiratoria<sup>7-9</sup>.

### 5.B.b CPAP

(implementado a través de equipos de flujo continuo, dispositivos de pared o válvulas de Boussignac)

#### 5.B.b.i Justificación para el uso terapéutico

La PEEP mejora la oxigenación y reclutamiento alveolar por contrarrestar el shunt y así disminuye la hipoxemia. Según las guías mundiales, el CPAP sería un modo recomendado de soporte no invasiva para pacientes con COVID-19 hipoxémico.



Tener en cuenta que por efecto de la PEEP, disminuye el gasto cardíaco con la consiguiente disminución de la fracción de shunt, aumentando así la  $PaFiO_2$ . Sin embargo el CPAP solo no aporta soporte inspiratorio, como sí lo hace la aplicación de una presión inspiratoria a través de VNI.

### 5.B.b.ii Implementación para minimizar el riesgo de aerosolización de partículas

Hay reportes que estudian el CPAP con diferentes tipos de interfaces. Se encontró que el aire exhalado con la máscara oronasal se dispersa uniformemente en todas las direcciones a través de los puertos exhalatorios<sup>10, 11</sup>. Idealmente los Helmets, son las interfaces con menor riesgo de dispersión pero debido a la falta de esta interfaz, este tratamiento puede realizarse con máscaras oronasales convencionales con codo azul para disminuir la dispersión de las partículas. (Ver Material Suplementario 2. Como armar circuitos de CPAP/VNI).

### 5.B.b.ii Implementación de CPAP. (Ver Material Suplementario 2. Como armar circuitos de CPAP/VNI).

Idealmente en muchos países de Europa utilizan helmets o cascos. Aquí, la primera opción es una máscara oronasal sin puertos exhalatorios (máscara no ventilada con codo azul) con filtro viral; un buen sellado de la máscara es importante para minimizar la dispersión de las gotas y maximizar la eficacia del tratamiento, con equipos de pared o de flujo continuo. Otra opción, es a través equipos de flujo continuo que acepten un circuito no ventilado. Como última opción, se pueden emplear equipos de flujo continuo con circuito simple con puertos exhalatorio, enfatizando aquí el uso de filtros HEPA.

Considerar hacer CPAP en equipo doble rama, para menor riesgo de dispersión.

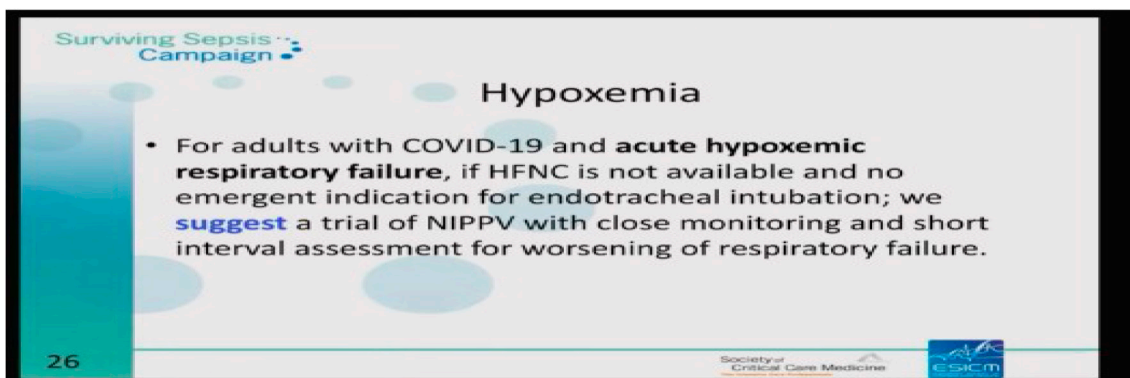
### 5.B.c. VNI

Indicado en pacientes sin indicación inminente de IOT, o sin disponibilidad para ofrecerle un tratamiento invasivo.

#### 5.B.c.i Justificación para el uso terapéutico

Se puede ofrecer una prueba de VNI a un paciente con insuficiencia respiratoria hipoxémica o SDRA leve si está siendo tratado por un equipo clínico experimentado, es seleccionado cuidadosamente (sin contraindicaciones como presencia de deterioro de sensorio, shock o fallo sistema multiorgánico), debe ser vigilado de cerca en la UTI o en la UTI, y reevaluado tempranamente después de iniciar la VNI e intubado rápidamente si no mejora.

Según las guías ERS/ATS<sup>12</sup>, se puede realizar una prueba corta de VNI en pacientes con falla hipoxémica de novo, por personal experimentado y por personal que puede garantizar un manejo invasivo de la vía aérea en el caso de falla.



Según la ESICM, en adultos con COVID-19 y falla respiratoria aguda hipoxémica, y en los casos en que no haya CNAFO, o no hay indicación de intubación orotraqueal, se sugiere una prueba de corta de VNI con estricto monitoreo e intervención precoz si aparecen síntomas de empeoramiento de la falla respiratoria.

#### 5.B.c.ii Implementación para minimizar el riesgo de aerosolización de partículas:

(Ver Material Suplementario 2. Como armar circuitos de CPAP/VNI).

En infecciones virales, no existen a la fecha pruebas de propagación del virus al personal que tomo las precauciones adecuadas. Más recientemente, la VNI también se usó en pacientes con falla hipoxémica aguda debido a la infección de la gripe A H1N1, con tasas de fracaso que oscilan entre el 13% y el 77%. Sin embargo, ningún ensayo clínico controlado ha evaluado la eficacia de la VNI en estas pandemias.

La VNI con máscara tipo Total Face con un circuito simple ventilado con una IPAP a 10 cmH<sub>2</sub>O / EPAP 5 cmH<sub>2</sub>O la dispersión de las partículas aerosolizadas llega a 60 cm. Cuando el IPAP se incrementa a 18 cmH<sub>2</sub>O se llega a una distancia de dispersión de 81 cm.

Es ideal realizar VNI con equipos que permitan conexión a circuito doble rama, que son circuitos cerrados sin puertos exhalatorios y máscaras con codo azul (tipo total face). (idealmente interfaces tipo helmets<sup>13</sup>).

*Si solo hay equipos que funcionen con circuito simple ventilado, usar máscaras con codo azul y puerto exhalatorio en la tubuladura, entre la máscara no ventilada y el puerto exhalatorio se debe colocar un filtro HEPA. (Ver Material Suplementario 2. Cómo armar circuitos de CPAP/VNI).*

En todos los casos se deberá colocar un filtro HEPA en la rama inspiratoria y un filtro en la rama espiratoria, y en el caso de que exista, también en la rama espiratoria. Sabemos que los filtros aumentan enormemente la resistencia del circuito, pero no podemos hacer otra cosa en una emergencia de este tipo, por lo que debemos configurar el ventilador de forma que se supere este pequeño problema. Monitorear también la resistencia espiratoria a través de la parte espiratoria de la curva flujo/tiempo.

Asegurar un adecuado sellamiento de la interfaz para evitar fugas no intencionales con riesgo a aerosolizar las partículas.

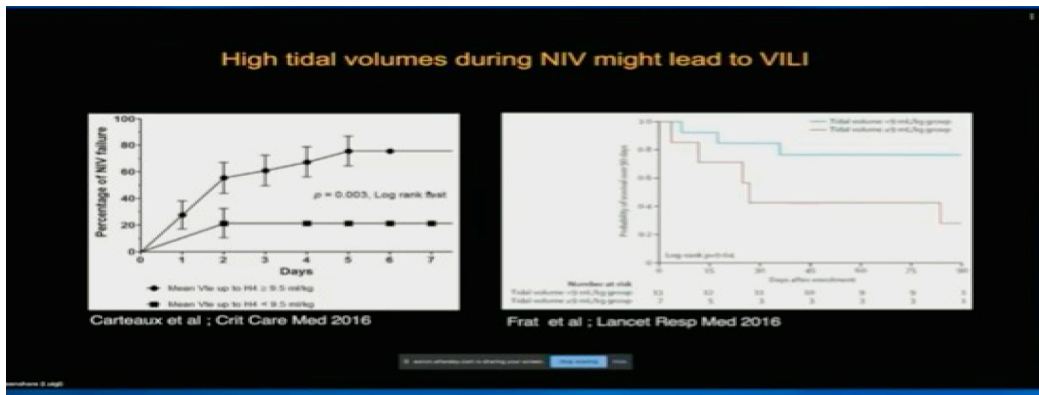
#### 5.B.d. Implementación general de sistemas de soporte no invasivo

Cuando se opte por CNFO/VNI/Sistemas de CPAP:

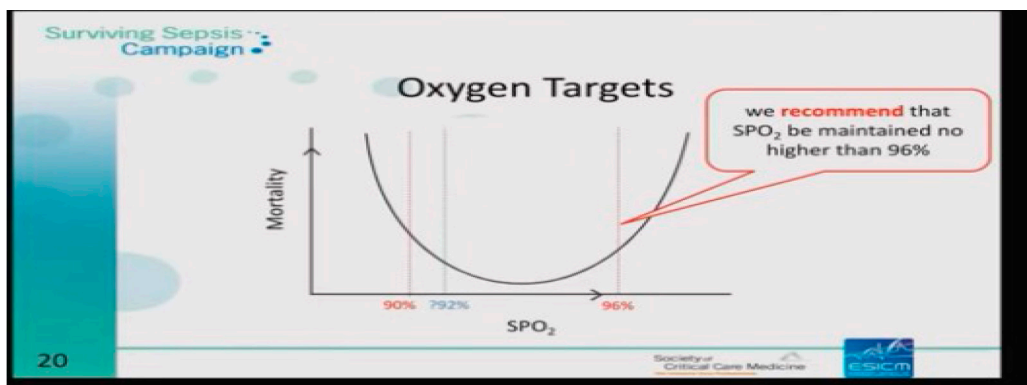
- Si se usa CNAFO implementar con altos flujos >30 a 40 l/min. Realizar pruebas aumentando los litros de flujo de gas hasta 60 l/min y valorando la tolerancia del paciente. Tener en cuenta de supervisar la *disponibilidad de oxígeno de la institución* dado que estos sistemas entregan alta tasa de aire por minuto con el agregado de oxígeno suplementario que también está siendo entregado a altos flujos.
- En sistemas de CPAP, comenzar con PEEP/EPAP entre 10-14 cmH<sub>2</sub>O. Los ajustes iniciales sugeridos son 10 cmH<sub>2</sub>O + 60% de oxígeno. Considere la posibilidad de aumentar el apoyo a la CPAP: es decir, CPAP 12-15 cmH<sub>2</sub>O + 60% a 100% de oxígeno si es necesario.
- Si se necesita emplear VNI, titular la PS valorando el VT para evitar sobredistensión pulmonar y lesión inducida por ventilación mecánica. (Objetivo de Vt exhalado < 9 ml/kg). No emplear valores superiores a 5 cmH<sub>2</sub>O de PS como norma general. Tener en cuenta también si se emplean equipos de flujo continuo, el poder de la turbina que debería lograr un pico flujo inspiratorio mayor a 80l/m, para un paciente con alta demanda. Otra cosa a tener en cuenta si se emplean equipos de flujo continuo, es que proveen una *FiO<sub>2</sub> variable* que difícilmente llegue a valores > 60% (con O<sub>2</sub> de 15 l/m por flujímetro), dependiendo de los niveles de IPAP, del volumen minuto del paciente y de las fugas

presentes. Solo los equipos de flujo continuo con doble tubuladura son capaces de proporcionar  $FiO_2 > 80\%$

La persistencia de altos volúmenes corrientes en un paciente ventilando con VNI también podría producir injuria pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI × VNI).



- Colocar la máscara y luego encender el equipo, lo mismo para retirar la máscara. Primero apagar el equipo y luego desconectar la interfaz (no retirar el Filtro de la interfaz en caso de recambio o apertura del circuito).
- Titular siempre la  $FiO_2$  necesaria para una  $SpO_2$  mayor o igual a 94-96% o de 88% a 92% para pacientes con insuficiencia respiratoria crónica de tipo II (hipercapnia crónica).



La ESICM, recomienda fuertemente no sostener una  $SpO_2 > 96\%$  cuando se emplee oxígeno suplementario.

*Nota: estas recomendaciones NO aplican a pacientes EPOC, o hipoxemia crónica (pacientes con oxigenoterapia crónica domiciliaria). La oxigenación debe dirigirse a una  $SpO_2$  del 94% al 96% y del 88% al 92% para los pacientes con insuficiencia respiratoria crónica o aguda de tipo II.*

- Tener en cuenta que cuanto mayor sea la separación entre  $SpO_2$  y el método de tratamiento utilizado, mas aumenta la posibilidad de muerte<sup>14</sup>, y es un indicador de mala respuesta al tratamiento.

### 5.B.e. Pautas de monitoreo general de pacientes en tratamiento con sistemas de soporte no invasivo

A los 30-60 minutos (o con mayor frecuencia, cuando esté clínicamente indicado) de la implementación de alguno de estos soportes ventilatorios (CNAFO, CPAP o VNI), es necesario REEVALUAR al paciente con el fin de NO DEMORAR la IOT<sup>15, 16</sup>.

Algunos expertos consideran que el trial de soporte no invasivo puede no puede extenderse más de 6 hs (ver algoritmo 2 y 3).

La frecuencia de la evaluación puede reducirse si el paciente permanece estable.

Si el paciente responde, se debe continuar con la observación y el monitoreo cercano durante seis horas más para asegurar que no se produzca ningún deterioro de su condición clínica, continuando con un monitoreo aún más cuidadoso a partir de entonces. Se puede considerar un ensayo de destete de CPAP/NIV a la terapia de oxígeno convencional cuando la  $FiO_2 < 40\%$ .

El monitoreo debe centrarse en la medición regular de la frecuencia respiratoria, el trabajo respiratorio, de la  $SpO_2$ , la frecuencia cardíaca, y del sensorio del paciente y la hemodinamia.

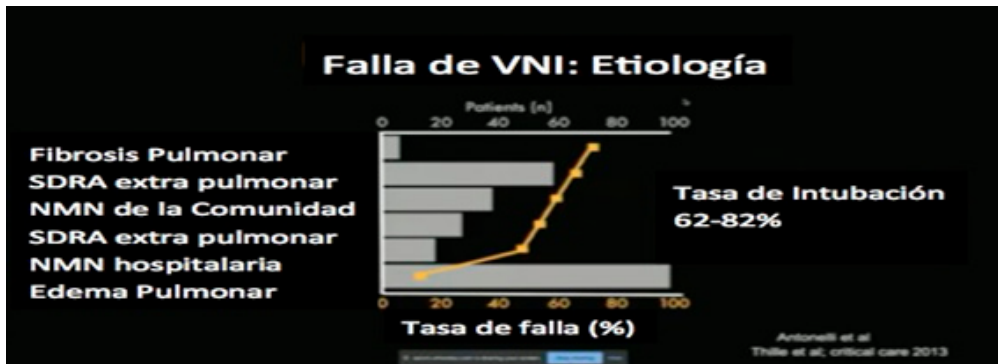
El uso de la *toma de muestras de gases en sangre arterial*, se evaluará de forma individual y según la disponibilidad del centro de atención y la demanda del laboratorio. Se recomienda de manera mandatoria al ingreso del paciente o en pacientes con patología respiratoria crónica tipo 2 agregada. En caso contrario, o para el seguimiento de pacientes estables, se recomienda el seguimiento a través de la  $SpO_2$ .

También para los pacientes estables, podría realizarse un monitoreo simple de  $SpO_2$  durante la marcha, como control evolutivo y predictor de empeoramiento de la enfermedad. Este simple procedimiento puede ser realizado por cualquier personal con menos experiencia o por el propio paciente, dado que en esta categoría de pacientes no reviste riesgos y no es necesario acercarse al paciente infectado.

*A tener en cuenta:* en un documento chino publicado en febrero 2020, titulado “Soporte Respiratorio No Invasivo en casos de neumonía por Coronavirus”<sup>17</sup>, se informa una tasa de éxito de la NIV del 54%. También recomiendan evitar la transición de CNAFO hacia VNI, pero SI de CNAFO a IOT, dado que de otra la manera se postergaría innecesariamente la IOT, empeorando el pronóstico del paciente.

*Tener en cuenta los predictores de falla de la NIV:* que están relacionados con menores valores de  $PaFiO_2$  y según la etiología de la hipoxemia (por ejemplo, pacientes NO EPOC con hipoxemia tienen más probabilidad de falla):

La mortalidad en pacientes con hipoxemia de novo está directamente relacionado con el retraso en la IOT<sup>18</sup>.



Recordar siempre la clave del éxito del uso de la CPAP/VNI es la tolerancia del paciente predominantemente determinada por el confort con la interfaz utilizada. Se puede considerar la posibilidad de utilizar pequeñas dosis de benzodiazepinas u opiáceos para facilitarlos. Recordar en el caso de muchas horas de uso de la máscara, la estrategia de rotación de la interfaz o deben considerarse como una modalidad para dar breves descansos a los pacientes de la CPAP, el uso de CNAFO.

Considerar que todas *estas formas de soporte no invasivo*, pueden ser realizadas con el paciente en posición prono. Algunos pacientes en el periodo muy temprano del COVID comienzan con el desarrollo de atelectasias malignas generando un círculo vicioso de mayores zonas de colapso, mayor hipoxemia y mayor trabajo muscular. Desde el inicio, se puede prevenir que estos pacientes entren dicho círculo vicioso colocándoles rápidamente algún tipo de soporte no invasivo en posición prono.

Si la condición permanece estable o está mejorando, continúe con la CPAP/NIV con una evaluación clínica regular.

Por el contrario: Debe procederse a la IOT en el caso de (predictores de falla del soporte no invasivo):

- Empeoramiento de la Saturación o EAB,
- Continua con uso de músculos accesorios,
- Volumen tidal espirado mayor a 9,5 ml/kg<sup>19</sup>, (podría generar VILI en el caso de uso de VNI)<sup>20</sup>,
- Deterioro de sensorio.

## 6. Estrategias ventilatorias invasivas según fenotipo de presentación

Antes de optar por una estrategia en ventilación mecánica invasiva, recordar:

*Primero* evaluar la severidad de la hipoxemia y la fracción de shunt, luego el riesgo de injuria pulmonar autoinducida que pudo haber experimentado el paciente dado un posible retraso en la atención, con la progresión posible de fenotipo de L a H. Si el trabajo muscular del paciente ventilando espontáneamente es alto deben ser tratados más agresivamente.



Los pacientes de tipo L y tipo H se identifican mejor mediante una TAC y se ven afectados por diferentes mecanismos fisiopatológicos. Si no se dispone de ellos, los signos que están implícitos en la definición de los tipos L y H, podrían utilizarse como sustitutos: la elastancia del sistema respiratorio y la capacidad de reclutamiento. La comprensión de la fisiopatología correcta es crucial para establecer las bases de un tratamiento adecuado. El Fenotipo L son aquellos con alta Crs con neumonía viral con alteración de la vasoconstricción hipóxica, que es lo que justifica la hipoxemia severa cuando hay buena Crs. Entonces en estos casos usar PEEP baja porque sus pulmones ya están llenos de aire, el problema es la PERFUSION. *La PEEP alta y la pronación en estos pacientes solo parecen mejorar la oxigenación aparente o transitoriamente, pero en realidad no reclutan, simplemente cambian la perfusión pulmonar.* En la TAC, estos pacientes no tienen tejido para reclutar (o poco tejido), pero tienen un alto porcentaje de fracción de shunt. Es importante aquí elegir la PEEP más baja posible, un VT no estrictamente (o “paranoicamente”) limitado y una FR no mayor de 20, y valorar el uso de BNM para que el paciente este lo más tranquilo posible. Además, hay que tener en cuenta que la PEEP alta compromete el corazón derecho y requieren líquido en alta cantidad. Todos sabemos que con ventilación mecánica simplemente ganamos tiempo. Es crucial no agregar daños en una enfermedad, que ya es potencialmente mortal en sí misma, aun si es en una fracción reducida de pacientes.

Por otro lado, está el paciente que se presenta con Fenotipo H. Estos pacientes tienen un comportamiento mas similar al SDRA real con bajas Crs, más edema en la TAC o Rx similares al SDRA severo. Quizá por que estuvieron varios días con un aumento del trabajo respiratorio (lesión pulmonar autoinducida) o con aumento del trabajo respiratorio bajo alguna forma de presión positiva no invasiva sostenida en el tiempo y en exceso (VILI). Por eso siempre hay que evitar retrasar a la IOT en un pte en VNI con alta demanda ventilatoria (para ello monitorear FR, Tiraje y VT exhalado no > a 9,5 ml/PBW, independientemente de la PS elegida). Estos pacientes son los que realmente se benefician con el PRONO y PEEP ligeramente más altas, pero siempre hay que monitorear SpO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub>.

Tener en cuenta también: que una PaCO<sub>2</sub> por encima de 50 mmHg, indicativamente, indica hipoventilación severa por una estrategia de VMP, pero podría suceder también en casos de atelectasias por reabsorción.

## 6. A Estrategia de Ventilación<sup>21, 22</sup> según fenotipo (Ver algoritmos 4 y 5)

Primero evaluar el Strain Pulmonar a traves se la medicion del Driving Pressure (DP) en modalidad VCV. Ahí evaluar Crs. Si buena Crs:

- Si  $DP < 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ : Crs normal: No usar VT estrictamente bajos para no subventilarlos. Se puede usar 8 ml/PBW. Recordar que el volumen pulmonar de estos pacientes es casi normal.
- Si  $DP > 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ : Crs Baja, claramente el tejido pulmonar aireado es menor.

Entonces hay que optar por VT bajo < 4 a 6 ml/PBW, para disminuir el Strain pulmonar. En estos pacientes, se debe titular la PEEP pero no en valores mayores a 15 cmH<sub>2</sub>O (es necesario primero determinar el fenotipo hasta que podamos optimizar el ventilador). Seguir midiendo así la Crs (con VT bajo y PEEP < 15 cmH<sub>2</sub>O) por unas horas. si la Crs sigue < 40 ml/ cmH<sub>2</sub>O o > a 40 ml/ cmH<sub>2</sub>O

Para saber cómo va a responder el paciente a la estrategia ventilatoria invasiva (y ver si tiene posibilidad de reclutamiento o no), evaluar:

- Si Crs > o igual a 40 ml/cmH<sub>2</sub>O: estamos en un fenotipo L, con baja elastancia (Alta Crs), respuesta limitada al reclutamiento y con respuesta a vasodilatadores pulmonares. Como tienen baja respuesta al reclutamiento, no usar estrategias para titular PEEP altas, usar PEEP bajas ni usar Vt estrictamente

bajos). NO ES UN SDRA COMUN. El pronó debería utilizarse sólo como una maniobra de rescate, ya que las condiciones pulmonares son “demasiado buenas” para la eficacia de esta maniobra, y debe evaluarse el costo-beneficio de esta estrategia (costo efectos adversos de la maniobra y exposición del personal). La PEEP debería reducirse a 8-10 cmH<sub>2</sub>O, dado que la capacidad de reclutamiento es baja y el riesgo de fallo hemodinámico aumenta a niveles más altos de PEEP.

- Si tiene Crs < 40 ml/cmH<sub>2</sub>O es un fenotipo H similar a un SDRA común, con baja Crs con alta respuesta al reclutamiento y respuesta al pronó. En estos casos se debe optar por la estrategia de VMP. Los pacientes de tipo H, deben ser tratados como SDRA grave, incluyendo una mayor PEEP y pronó, si es compatible con la hemodinamia del paciente, y eventualmente posibilidad el soporte extracorpóreo en pacientes que aún siguen con hipoxemia refractaria a pesar de la optimización de la estrategia ventilatoria, y en centros experimentados para ello. En este caso la estrategia ventilatoria debe estar orientada a:
  - o 4-6 ml/PBW
  - o Intentar una DP < 15 cmH<sub>2</sub>O
  - o Titulación de PEEP por tabla PaFiO<sub>2</sub> (es lo recomendado en 1ra línea, sino), Manometría esofágica (no hay registros sobre el uso en COVID, pero fisiológicamente es quizá lo más apropiado para titular Presión transpulmonar espiratoria 0-5 cmH<sub>2</sub>O, presión transpulmonar inspiratoria < 15 cmH<sub>2</sub>O, y delta de presión transpulmonar menor a 10-15 cmH<sub>2</sub>O bajo Strain pulmonar,)
  - o PRONO PRECOZ (y prolongado > 16 hs). Evaluar punto de corte en PaFiO<sub>2</sub> <150 o si se hace directamente luego de IOT para exponer menos al personal.
  - o Evitar Maniobras de Reclutamiento. Evaluar si es necesario utilizar maniobras de reclutamiento a pesar de optimizar la titulación de PEEP y luego del pronó.
  - o Tolerar hipercapnia permisiva (pH > 7.30)
  - o Si a pesar del pronó y la estrategia de VMP con PEEP alta para reclutar, continua la hipoxemia refractaria, puede discutirse la posibilidad y disponibilidad de soporte extracorpóreo (ECMO).

## 6. B Implementación para minimizar el riesgo de aerosolización de partículas:

*Manejo de los circuitos de Ventilación Mecánica:* Deben evitarse las técnicas que generan riesgo de aerosolización durante la presión positiva, como las desconexiones del circuito, el uso de broncodilatadores en forma de NBZ. Existe un estudio de banco publicado, que utilizó un nebulizador a 6 l/m y un simulador que emulaba la respiración de un paciente con diferentes escenarios; de un pulmón sano, la del pulmón con daños leves y la del parénquima pulmonar gravemente dañado. Los resultados fueron, que en el caso del pulmón sano la distancia de propagación del aerosol es de 45 cm y aumenta gradualmente hasta 80 cm en el caso de daños graves. Claramente esto es porque al reducir el volumen corriente del sujeto (del simulador propiamente dicho), la cantidad de aerosol que se nebuliza en el aire es obviamente mayor. Por este motivo recomienda de la administración de medicamentos es a través de inhaladores de dosis medida, en vez de a través de NBZ, dado que la NBZ dispersa en el aire las partículas exhaladas del paciente<sup>23</sup>. Se desaconseja el uso de humidificación activa por transformar el circuito en un sistema húmedo que predispone a la aerosolización de partículas. Para la humidificación es recomendado el uso de HMEF o HME.

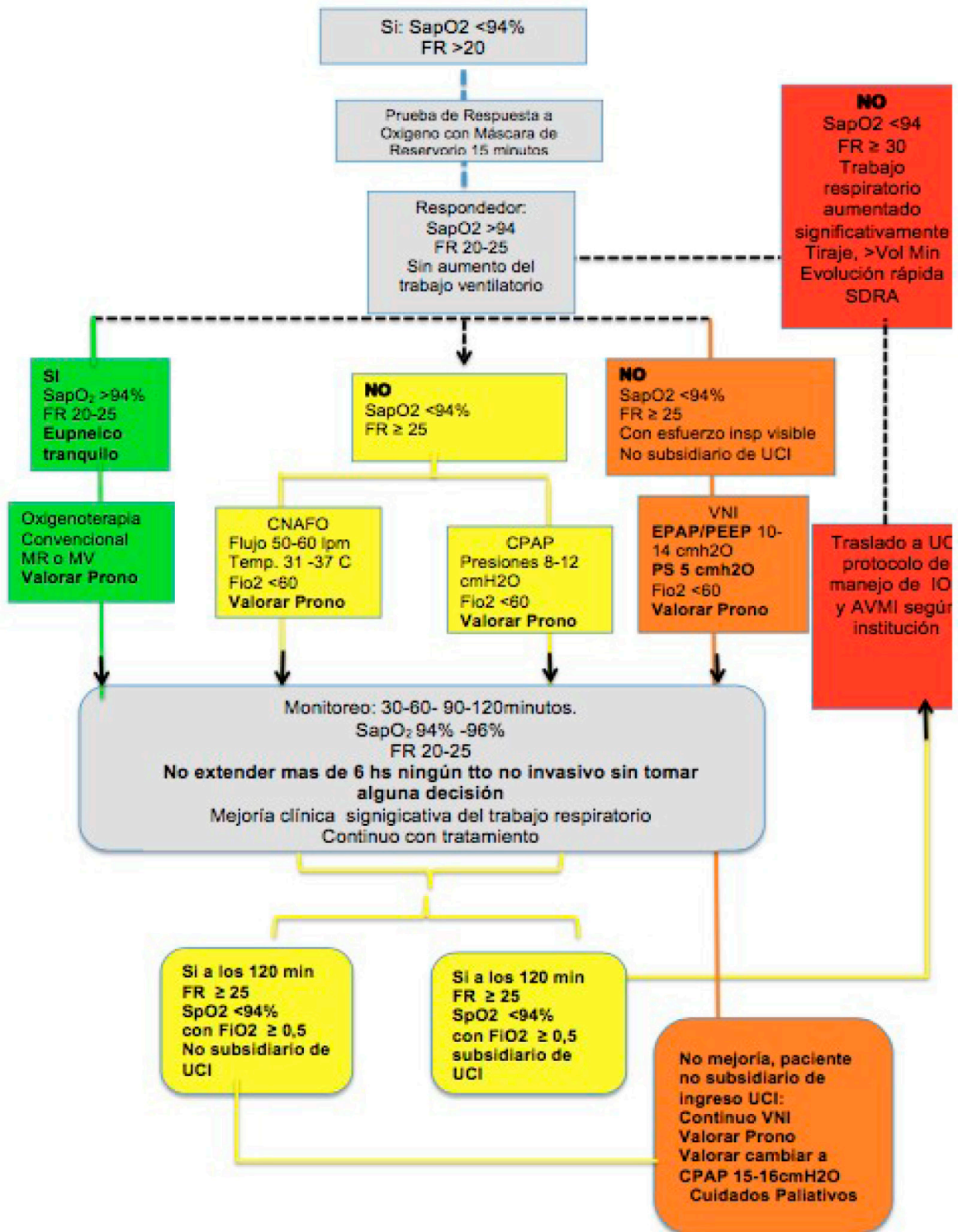
Se deben usar filtros de aire de partículas de alta eficiencia (Filtro HEPA) en el la rama espiratoria e idealmente también en la rama inspiratoria, así como también el uso de HMEF en el conector en Y que se conecta al TET.

Para la aspiración de secreciones, es aconsejable utilizar un Circuito Cerrado de Aspiración para evitar la aerosolización y el riesgo de contaminación durante el procedimiento.

## 7. Conclusiones

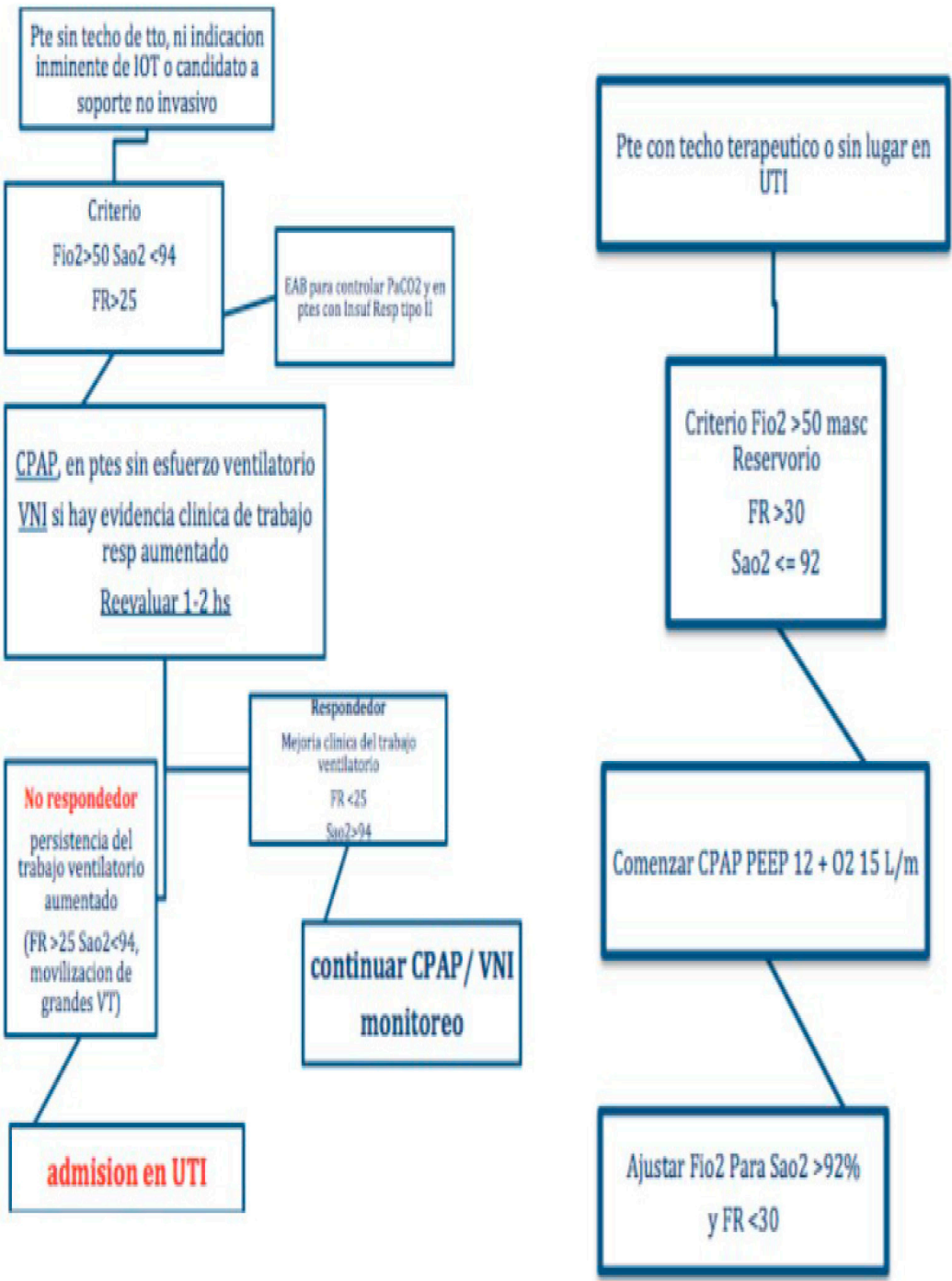
La pandemia del COVID está demostrando que existe elevada cantidad de pacientes que requieren VMI. Esto puso en evidencia que no hay cantidad de equipamiento para ventilar invasivamente a todos. Consideramos de fundamental importancia incluir en el tratamiento de los pacientes todas las medidas de soporte ventilatorio, con el objetivo que ningún paciente quede sin asistencia, enfatizando en la importancia de las medidas de protección personal según el nivel de atención y la medida de soporte ventilatoria implementada. La Elección del tipo de soporte invasivo o no invasivo, deberá centrarse en la fisiopatología del COVID, el curso evolutivo pero también según la experiencia del personal y la institución, considerando disminuir el riesgo de dispersión de partículas aerosolizadas, a través del uso de EPP, el tipo de soporte que realmente necesita el paciente en términos de su trabajo respiratorio y su hipoxemia, la tolerancia al tratamiento, los predictores de falla y el monitoreo indirecto de la presión transpulmonar a través de la mecánica ventilatoria del paciente, la duración y el curso de la enfermedad y los recursos humanos institucionales y tecnológicos.

### 8. Algoritmos

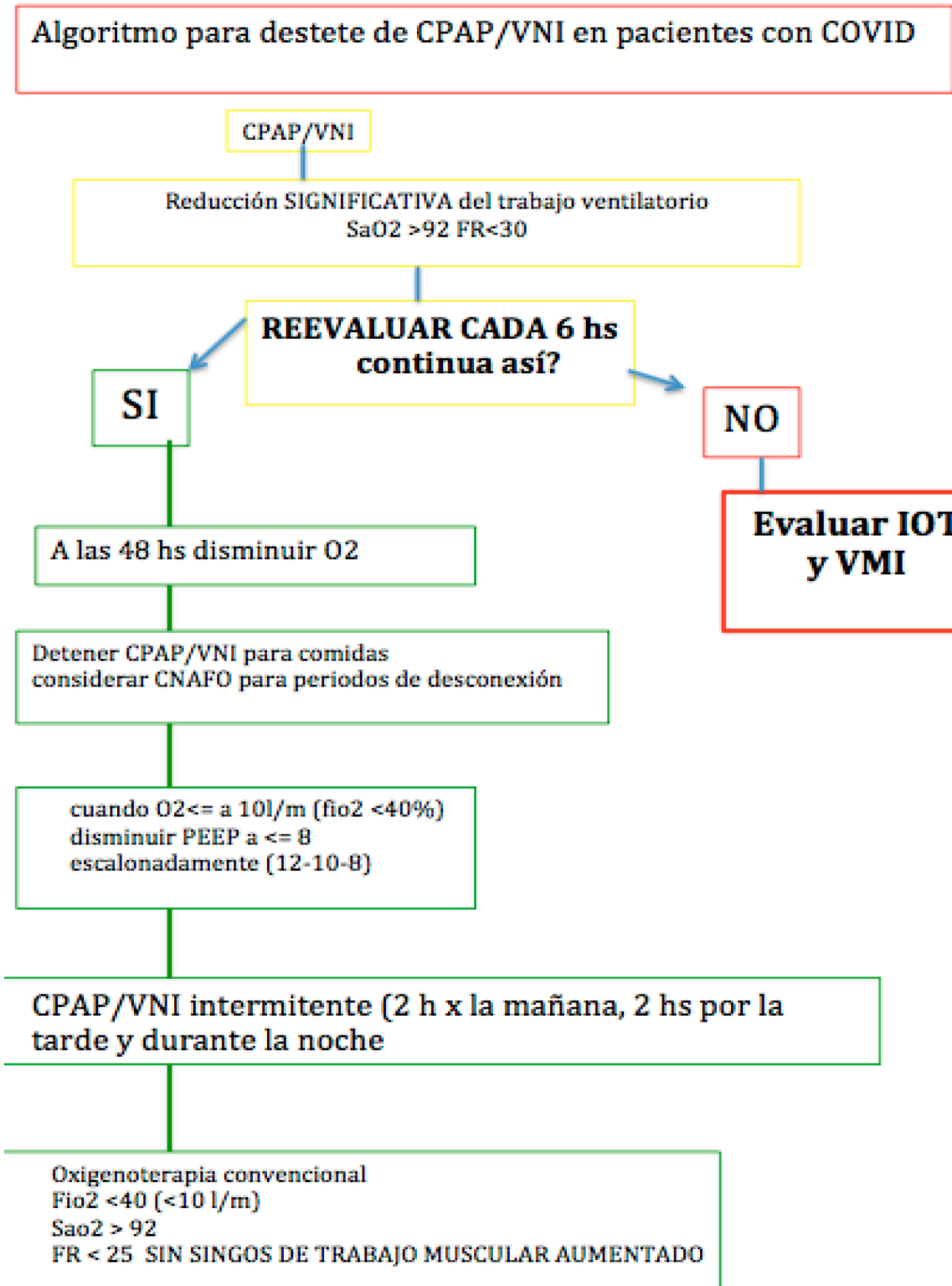


Algoritmo 1. Manejo general del paciente con IRA

# Algoritmo para tratamiento con CPAP/VNI en pacientes con COVID

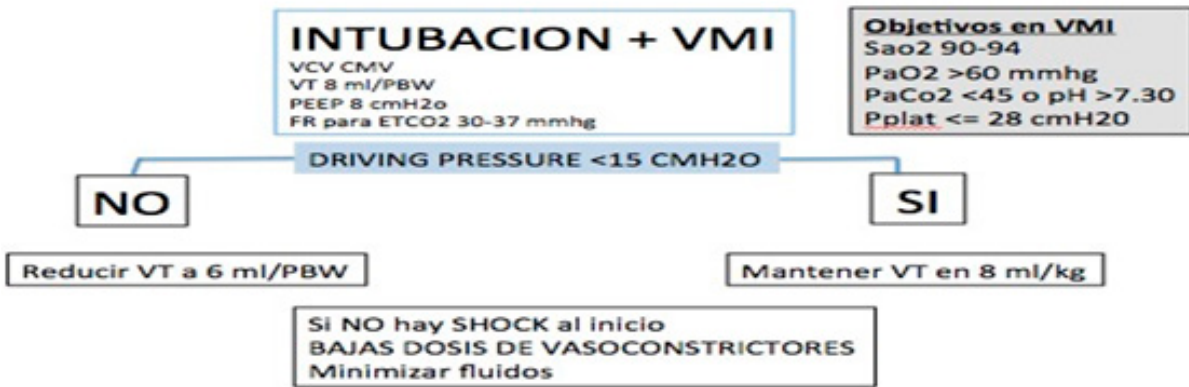


Algoritmo 2. Manejo de Pacientes con soporte no invasivo

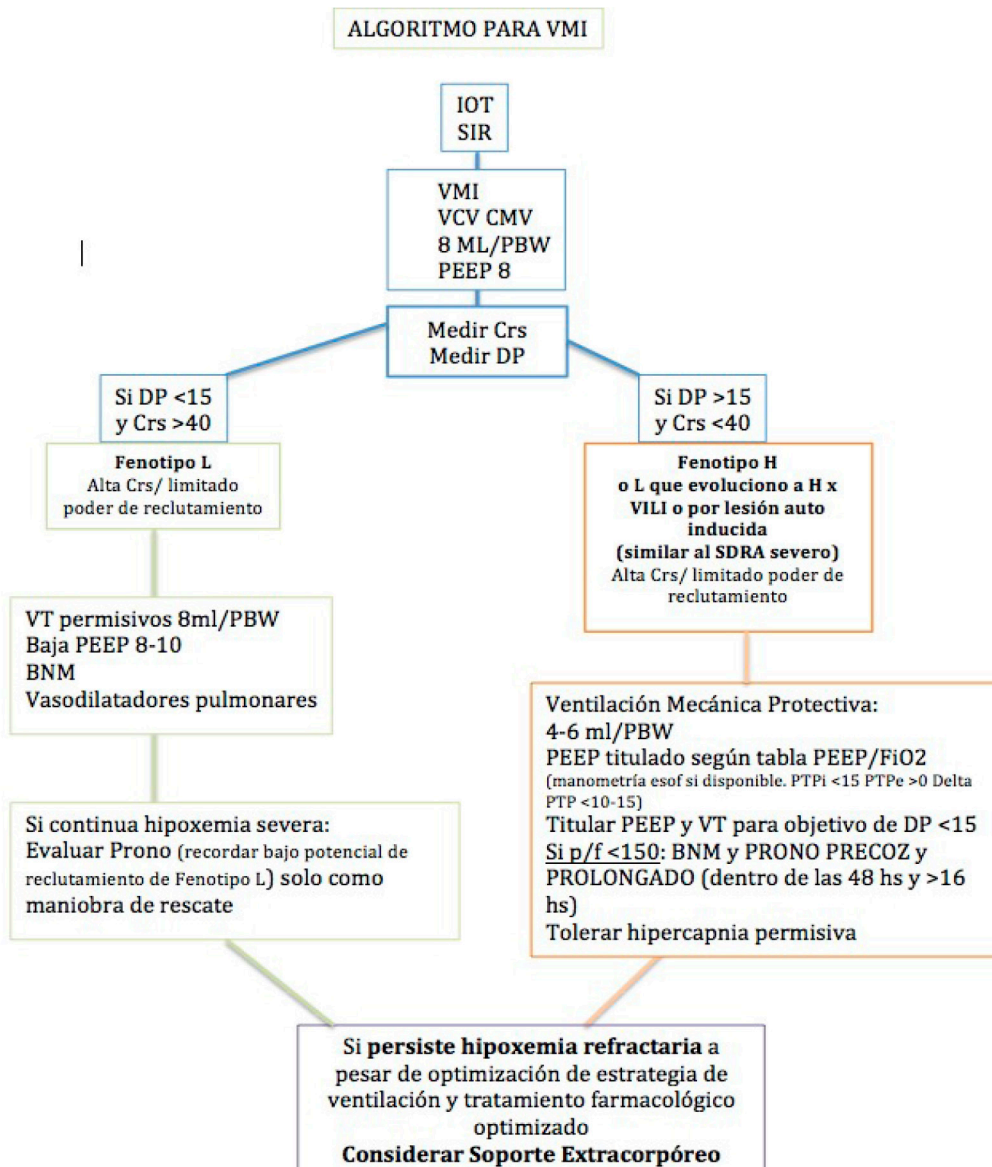


Algoritmo 3. Manejo de seguimiento y destete de paciente con soporte no invasivo





Algoritmo 4. Reconocimiento del fenotipo en VMI



Algoritmo 5 . Estrategias ventilatorias de VMI según fenotipos

## 9. Material Suplementario

### 9.1. Salas de aislamiento con presión negativa y habitaciones con recambio de aire

Los coronavirus son virus de ARN de cadena simple envueltos que son de naturaleza zoonótica y causan síntomas que van desde los similares al resfriado común hasta síntomas respiratorios, entéricos, hepáticos y neurológicos más graves<sup>24, 25</sup>. Aparte del SARS-CoV-2, hay seis coronavirus conocidos en los seres humanos: HCoV-229E, HCoV-OC43, SARS-CoV, HCoV-NL63, HCoV-HKU1, y MERS-CoV. El Coronavirus ha causado dos pandemias a gran escala en las últimas dos décadas: SARS y MERS<sup>26</sup>.

Se considera que, en general, los coronavirus animales no se propagan entre los seres humanos. Sin embargo, hay excepciones, como el SARS y el MERS, que se propagan principalmente a través de un contacto cercano con personas infectadas por medio de gotas respiratorias o fomites. Con respecto a COVID-19, las primeras infecciones se debieron a la transmisión de animal a persona. Sin embargo, se notificaron casos posteriores entre el personal médico y otras personas sin antecedentes de exposición a ese factor o de visita en Wuhan, lo que se tomó como una indicación de transmisión entre humanos<sup>27</sup>.

Las últimas directrices de las autoridades sanitarias chinas<sup>28, 29</sup> describieron tres rutas principales de transmisión para el COVID-19: transmisión por gotas, transmisión por contacto, y transmisión por aerosol. Aunque por el momento, esta última forma de transmisión inhalatoria no están clara.

*Transmisión por gotas/fomites:* Algunas enfermedades pueden ser transferidas por gotas infectadas que entran en contacto con superficies del ojo, la nariz o la boca. Esto se conoce como transmisión por contacto. Las gotas que contienen microorganismos se generan cuando una persona infectada tose, estornuda o habla. Las gotas también pueden generarse durante ciertos procedimientos médicos, como la broncoscopia y procedimientos invasivos. Como las gotas son demasiado grandes para ser transportadas por el aire durante largos períodos en el aire, se asientan rápidamente.

Este tipo de transmisión puede reducirse con el uso de barreras de protección personal, como máscaras y gafas protectoras. El sarampión y el SARS son ejemplos de enfermedades capaces de transmitirse por contacto con las gotas.

*Transmisión por contacto* puede ocurrir cuando un sujeto toca una superficie u objeto contaminado con el virus y posteriormente se toca la boca, la nariz o los ojos.

*Transmisión inhalatoria:* La transmisión aérea se refiere a situaciones en las que residuos de gotas evaporadas o las partículas de polvo que contienen microorganismos, pueden permanecer suspendidos en el aire durante largos períodos de tiempo. La transmisión inhalatoria, permite que

los organismos entren en las vías respiratorias del ser humano expuesto. Hasta ahora sólo un número limitado de enfermedades son capaces de transmitirse por el aire. Las enfermedades capaces de transmitirse por el aire de manera inhalatoria, incluyen:

- Tuberculosis, con un tamaño de las partículas de entre 0,5 a 5  $\mu\text{m}$  (micrómetros), pudiéndose producir alrededor de 400 000 con un solo estornudo,
- Varicela, que mide de 150 a 200 nm de diámetro,
- Sarampión, de 125 a 250

El tamaño de las partículas de COVID es esférico con algo de pleomorfismo. El diámetro varía de unos 60 a 140 nm<sup>30</sup>. Hay reportes que informan que la transmisión inhalatoria podría ocurrir cuando las gotitas respiratorias se mezclan con el aire, formando aerosoles y pueden causar infección cuando se inhalan altas dosis de aerosoles en los pulmones en un ambiente relativamente cerrado<sup>31, 32</sup>.

Las salas de presión negativa también pueden ser conocidas como “de aislamiento respiratorio” (Clase N) son indicadas en los casos de pacientes con enfermedades de contagio a través del aire. El objetivo de colocar a los pacientes en las salas de presión negativa es reducir el riesgo de infección por transmisión aérea a otras personas. Por el contrario las salas de aislamiento de presión positiva, se utilizan para aislar a los pacientes inmunocomprometidos, con la intención de reducir el riesgo de infección a pacientes susceptibles.

Como recomendación general las instituciones hospitalarias deben proporcionar al menos una sala de aislamiento de “presión negativa de clase N” por cada 100 camas para pacientes estándar durante la noche. Según el perfil de la institución hospitalaria, se pueden requerir salas de aislamiento adicionales de “Clase N de presión negativa”, ejemplo en instituciones que tratan específicamente enfermedades infecto-contagiosas. Deben estar situadas en la entrada de institución, de modo que el paciente que requiera aislamiento no tenga que pasar por otras áreas de pacientes para acceder a la zona destinada para su tratamiento.

Si bien las guías de las circulares de los países de equipos de protección personal recomiendan una barbijo de alto poder de filtrado (N95-FFP2,3), guantes dobles no estériles, bata desechable impermeable y protección facial para todo el personal sanitario que participa en la atención directa al paciente COVID-19, la OMS publicó recientemente unas guías acerca del “uso racional de los equipos de protección personal en las emergencias COVID-19”. Anticipándose al temprano faltante de los equipos de protección personal, ellos recomiendan la protección mínima necesaria. De esta manera, la OMS sugiere el uso de barbijo quirúrgico en lugar de los barbijos de alta protección, que en cambio se deberían reservar para los procedimientos de generación de aerosoles. Con respecto a las habitaciones o a la zona de internación, ellos recomiendan salas de aislamiento bien ventiladas para pacientes con sospecha o confirmación de la enfermedad COVID-19.

El recambio de aire de las habitaciones es una medida fundamental para la atención de pacientes con COVID. Como regla general, una tasa de ventilación natural impulsada por viento a través de una habitación con dos aberturas opuestas (ejemplo una ventana y una puerta) puede calcularse de la siguiente manera<sup>33</sup>:

$$\text{RAH} = \frac{0,65 \times \text{velocidad del viento (m/s)} \times \text{área de la apertura más pequeña (m}^2\text{)} \times 3600 \text{ (s/h)}}{\text{Volumen de la habitación (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Tasa de ventilación (l/s)} = \frac{0,65 \times \text{velocidad del viento (m/s)} \times \text{área de la apertura más pequeña (m}^2\text{)} \times 1000 \text{ l/m}^3}{\text{Volumen de la habitación (m}^3\text{)}}$$

(RAH: recambio de aire por hora)

En la tabla siguiente se da un RAH y la tasa de ventilación por exclusivamente por viento, con una velocidad del viento de 1 m/s, asumiendo un ambiente de 7m (largo) × 6 m (ancho) × 3 m (alto), con una ventana de 1.5 × 2 m<sup>2</sup> y una puerta de 1 m<sup>2</sup> × 2 m<sup>2</sup> (apertura más pequeña):

Aperturas	RAH	Tasa de ventilación (l/s)
Ventana abierta (100%) + puerta abierta	37	1300
Ventana abierta (50%) + puerta abierta	28	975
Ventana abierta (100%) + puerta cerrada	4.2	150

Por el momento, las recomendaciones de expertos que están en la atención de la pandemia del COVID-19 recomiendan habitaciones con al menos una tasa de ventilación de al menos 150 l/s.

## Discusión

La ruta de transmisión del COVID-19 comprobada es por contacto y por gota debido al gran peso de la partícula. La hipótesis de la transmisión inhalatoria por el momento no está comprobada, y podría sostenerse cuando se inhalan altas dosis de aerosoles en un ambiente relativamente cerrado. Como es de saber esta pandemia ha generado que colapsen los sistemas de salud a nivel mundial, con un gran porcentaje del personal de salud contagiado. La posibilidad de tener camas de aislamiento con presión negativa para satisfacer la gran cantidad de pacientes atendidos por día, en el mundo, y con una estadía media de aproximadamente 10 días, es fehacientemente imposible y utópico. Por otra parte, en ausencia de evidencia contundente hasta la fecha de transmisión inhalatoria, la justificación real de tenerlas de manera mandatoria para el definir la elección de cualquier tipo de soporte ventilatorio es inconsistente. Las medidas para disminuir el contagio del personal de salud deben ser destinadas enfatizando el uso del equipo de protección personal, y la metodología de vestido y desvestido así como también de la limpieza frecuente de las instalaciones y de los materiales para la atención del paciente y sobre todo la atención de los pacientes en salas bien ventiladas.

## 9.2 Material suplementario 2. Guía de Armado de circuitos de soporte no invasivo para pacientes con COVID

¿Cómo armar un CPAP/VNI para pacientes con COVID con equipos de flujo continuo, rama única y circuitos ventilados?

*Respetar este orden*

1. Chequear que esté el filtro de grandes partículas en el equipo de flujo continuo (ubicado dentro del el equipo, en la toma de aire de la turbina)
2. Equipo de flujo continuo convencional CPAP o binivelado
3. Conector para colocar el O<sub>2</sub> suplementario a la salida del equipo
4. Filtro HEPA
5. Tubuladura descartable
6. Puerto exhalatorio conectado en el circuito, con orificio de 2 mm diametro
7. Colocar otro filtro HEPA
8. Máscara con codo azul (máscara Sin whisper o puerto de fuga)

Nota: Tener en cuenta q todo el sistema quede herméticamente cerrado SIN fugas accidentales que tenga riesgo de dispersión del aire.

*¿Qué es un puerto exhalatorio?*

En circuitos de rama única es mandatorio tener puertos para la salida del aire exhalado. Generalmente pueden estar en las máscaras o en las tubuladuras. **EN ESTE CASO, NO PUEDEN ESTAR PRESENTES EN LAS MÁSCARAS DEBIENDO SI O SI MANDATORIAMENTE ESTAR PRESENTES EN LINEA EN LA TUBULADURA ANTES DEL FITRO HEPA** (ver orden de armado de circuito anteriormente mencionado)

*Los puertos exhalatorios conectados línea en circuito pueden ser:*

- originales (ResMed Philips o genéricos)
- armados artesanalmente haciendo un orificio de 2 mm aproximadamente en un conector
- armando con una jeringa de 20 cm<sup>3</sup>, cortando ambos extremos para que quede una pieza tubular que conecte en el circuito y fabricando el orificio de 2 mm.

Colocar la máscara y luego encender el equipo, lo mismo para retirar la máscara. Primero apagar el equipo y luego desconectar la interfaz. (no retirar el Filtro de la interfaz en caso de recambio o apertura del circuito)

Como armar una VNI para pacientes con COVID  
con equipos convencionales de UTI o equipos de flujo continuo con rama doble

Son pocos los equipos de flujo continuo que dan la posibilidad de funcionamiento a doble tubuladura (con rama Inspiratoria y rama espiratoria): ASTRAL 150. PB 560, Monnal T60

Los equipos convencionales de UTI funcionan a rama doble para hacer ventilación mecánica invasiva y también para hacer VNI

*Respetar este orden para el armado*

1. Chequear que esté el filtro de grandes partículas en el caso que usemos un equipo de VNI (ubicado dentro del el equipo, en la toma de aire de la turbina). Si usamos equipo convencional de UTI, no se necesita chequearlo porque usa aire a alta presión, con conexión a la pared filtrado dentro del respirador
2. Equipo de VNI con doble tubo, o respirador convencional de UTI
3. Filtro HEPA en rama inspiratoria
4. Filtro HEPA en rama espiratoria
5. HMEF en el “conector en Y” que une las dos ramas. (humidificador con poder de filtrado. *O en su defecto solo Filtro HEPA.* Priorizar siempre el filtrado
6. Máscara con codo azul (máscara Sin whisper o puerto de fuga)

*NOTA DEL PUNTO 3 y 4: uso racional de los filtros HEPA:* en el caso de depleción de insumos, tener en cuenta la RECOMENDACIÓN MINIMA de colocar el filtro HEPA a la salida de la rama exhalatoria, dado que en la “conexión en Y” ya tenemos el filtrado a través de un HMEF o un filtro HEPA.

Nota: Tener en cuenta q todo el sistema quede herméticamente cerrado SIN fugas accidentales que tenga riesgo de dispersión del aire.

Colocar la máscara y luego encender el equipo, lo mismo para retirar la máscara. Primero apagar el equipo y luego desconectar la interfaz. (no retirar el Filtro de la interfaz en caso de recambio o apertura del circuito

Como armar una VNI para pacientes con COVID  
con equipos de flujo continuo binivelados con rama única y circuitos NO ventilados?

Los circuitos no ventilados, son circuitos que no tienen presente puertos exhalatorios en el circuito, ni tampoco en las máscaras. Por eso se llaman circuitos simples cerrados, no ventilados. El aire exhalado del paciente se hace a través de una válvula activa presente en la tubuladura.

*Tipos de circuitos únicos no ventilados:* Según los fabricantes el circuito único con válvula activa pueden:

- A. Ser una rama única con la válvula activa presente en línea en el circuito. El FILTRO HEPA DEBE SER COLOCADO EN LINEA EN LA TUBULADURA ENTRE LA MASCARA Y LA VALVULA ACTIVA PARA QUE FILTRE EL AIRE EXHALADO.
- B. O pueden ser una rama inspiratoria, conectada a un “conector en Y” y luego una rama corta que posee la válvula exhalatoria. El conector en Y se conecta a la máscara codo azul y la rama corta es la que tiene la válvula activa, por donde sale el aire exhalado. EN ESA RAMA CORTA HAY QUE COLOCAR UN FILTRO HEPA, QUE FILTRA EL AIRE EXHALADO DEL PTE, JUSTO ANTES DE LA VALVULA ACTIVA



*Respetar este orden para el armado*

1. chequear que esté el filtro de grandes partículas en el equipo de VNI (ubicado dentro del equipo, en la toma de aire de la turbina)
2. equipo de flujo continuo convencional binivelado
3. conector para colocar el O2 suplementario a la salida del equipo
4. Filtro HEPA
5. Tubuladura descartable, con válvula activa presente en la tubuladura.
6. Colocar otro filtro HEPA entre la máscara codo azul y la válvula activa.
7. Conexión de las guías presentes en la tubuladura que censan presión y flujo en el lugar correspondiente del equipo.
8. Máscara con codo azul (mascara Sin whisper o puerto de fuga)

*Nota del punto 5:* Si la tubuladura es una tubuladura es como la descrita en el punto **B** seguir los mismos pasos PERO colocar el filtro HEPA en la rama corta, antes de la válvula activa para que filtre el aire exhalado.

Nota: Tener en cuenta q todo el sistema quede herméticamente cerrado SIN fugas accidentales que tenga riesgo de dispersión del aire.

Colocar la máscara y luego encender el equipo, lo mismo para retirar la máscara. Primero apagar el equipo y luego desconectar la interfaz. (no retirar el Filtro de la interfaz en caso de recambio o apertura del circuito)

## 10. Referencias bibliográficas

1. Hui DS, Hall SD, Chan MT, et al. Exhaled air dispersion and removal is influenced by isolation room size and ventilation settings during oxygen delivery via nasal cannula *Respirology* 2011; 16: 1005-1013
2. Hui DS, Chan MT, Chow BK. Aerosol dispersion during various respiratory therapies: a risk assessment model of nosocomial infection to health care. *Hong Kong Med J* 2014;20(Suppl 4):S9-13
3. Hui DS, Ip M, Tang JW et al. Airflows around oxygen masks: a potential source of infection? *Chest* 2006; 130: 822-6.
4. Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. FLORALI Study Group; REVA Network. *N Engl J Med* 2015; 372: 2185-96.
5. Yang X, Yu Y, Xu J, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med* 2020; published online Feb 24. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30079-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30079-5).
6. Bouadma L, Lescure FX, Lucet JC, et al. Severe SARS-CoV-2 infections: practical considerations and management strategy for intensivists. *Intensive care medicine*. 2020; 46: 579-82.
7. Hui DS, Chow BK, Lo T, et al. Exhaled air dispersion during high flow nasal cannula therapy versus CPAP via different masks. *Eur Respir J* 2019; 53 (4) 1802339.
8. Leung C.C.H, Joynt GM, Gomersall C.D. et al Comparison of high-flow nasal cannula versus oxygen face mask for environmental bacterial contamination in critically ill pneumonia patients: a randomized controlled crossover trial. *J Hosp Infect*. 2019; 101 (1): 84-87
9. Kotoda M, Hishiyama S, Mitsui K, et al. Assessment of the potential for pathogen dispersal during high-flow nasal therapy. *Journal of Hospital Infection* <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2019.11.010>
10. Hui DS, Chow BK, Lo T, et al. Exhaled air dispersion during high flow nasal cannula therapy versus CPAP via different masks. *Eur Respir J* 2019; 53 (4) 1802339.
11. Leung CC, Joynt GM, Gomersall CD, et al. Comparison of high-flow nasal cannula versus oxygen face mask for environmental bacterial contamination in critically ill pneumonia patients: a randomized controlled crossover trial. *J Hosp Infect*. 2019; 101 (1): 84-7.
12. Rochwerg B, Brochard L, Elliott M, et al Official ERS/ATS clinical practice guidelines: non-invasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Resp J*, Agosto de 2017, 50 (2) 1602426.
13. Hui DS, Chow BK, Lo T, et al. Exhaled Air Dispersion During Noninvasive Ventilation via Helmets and a Total Facemask. *Chest* 2015; 147: 133643.
14. Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2018; 391 (10131): 1693-705.
15. Kang BJ, Kon Y, Lim CM, et al Failure of high low nasal cannula therapy may delay intubation and increase mortality *Intensive Care Med*. 2015; 41 (4): 623-32.
16. Brochard L, Lefebvre JC, Cordioli RL, et al. Noninvasive ventilation for patients with hypoxemic acute respiratory failure. *Semin Respir Crit Care Med* 2014; 35: 492-500.
17. Pan C, Zhang W, Xia JA, et al Noninvasive Respiratory Support for Novel Coronavirus Pneumonia: Enough is Enough *Journal of Internal Medicine*, 2020,59: DOI: 10.3760 / cma.j.issn.0578 -1426.2020.0006
18. Ferrer M , Esquinas A , Arancibia F, et al Noninvasive Ventilation during Persistent Weaning Failure A Randomized Controlled Trial *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 70-6 .
19. Carteaux G, Millán-Guilarte T, De Prost N, et al. Failure of Noninvasive Ventilation for De Novo Acute Hypoxemic Respiratory Failure: Role of Tidal Volume. *Crit Care Med*. 2016; 44 (2): 282-90.
20. Mancebo J. Noninvasive Ventilation in Acute Hypoxemic Respiratory Failure: Songs of Love and Hate. *Cri Care Med* 2016;44(2): 444-6.
21. Gattinoni L. et al. COVID-19 pneumonia: different respiratory treatment for different phenotypes? (2020) *Intensive Care Medicine*; DOI: 10.1007/s00134-020-06033-2
22. Chiumello D, Cressoni D, Gattinoni L. Covid-19 does not lead to a “typical” Acute Respiratory Distress Syndrome
23. Hui DS, Chow BK, Chu LCY, et al Exhaled air and aerosolized droplet dispersion during application of a jet nebulizer. *Chest*. 2009 Mar;135(3): 648-54. 19981998
24. CDC. 2019 Novel coronavirus, Wuhan, China. 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-nCoV/summary.html>. Accessed 1 Feb 2020.
25. Liu T, Hu J, Kang M, Lin L, Zhong H, Xiao J, et al. Transmission dynamics of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Bio Rxiv* 2020; 01.25.919787
26. Fehr AR, Channappanavar R, Perlman S. Middle East. Respiratory syndrome: emergence of a pathogenic human coronavirus. *Annu Rev Med*. 2017;68: 387-99.
27. Li Q, Guan X, Wu P, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *N Engl J Med*. 2020; 382: 1199-207.
28. National Health Commission of People’s Republic of China. Prevent guideline of 2019-nCoV. 2020. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqfkdt/202001/bc661e49b5bc487dba182f5c49ac445b.shtml>. Accessed 1 Feb 2020.
29. Xu X, Chen P, Wang J, et al. Evolution of the novel coronavirus from the on going Wuhan outbreak and modelling of its spike protein for risk of human transmission. *Sci. China Life Sci*. 2020; 63: 457-60.

30. National Health Commission of People's Republic of China. Prevent guideline of 2019-nCoV. 2020. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqfkdt/202001/bc661e49b5bc487dba182f5c49ac445b.shtml>. Accessed 1 Feb 2020.
31. National Health Commission of People's Republic of China. Pneumonia diagnosis and treatment of 2019-nCoV infection from Chinese NHC and CDC 2020. 2020. Accessed 1 Feb 2020. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/zhengewj/202001/4294563ed35b43209b31739bd0785e67/files/7a9309111267475a99d4306962c8bf78.pdf>.
32. Atkinson J, Chartier Y, Pessoa-Silva C, et al Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings Edited. WHO Publication/Guidelines World Health Organization 2009
33. Natural ventilation for infection control in health care settings, WHO 2009