



Métodos no invasivos de oxigenación en pacientes con COVID-19. Revisión descriptiva

Non-invasive methods of oxygenation in patients with COVID-19. Descriptive review

Métodos não invasivos de oxigenação em pacientes com COVID-19. Revisão descritiva

Edgar Xavier Martínez Guerrero,* Giovanni Morales Sánchez,* Luis Eduardo Segura Medina,* Antonio De la Cruz Velázquez*

RESUMEN

En diciembre de 2019 varias personas con neumonía de causa desconocida se vincularon a un mercado de mariscos en Wuhan, China, descubriéndose así un nuevo tipo de coronavirus que dio inicio a la pandemia por COVID-19. La sintomatología más común que manifiestan los pacientes consiste en un síndrome gripal, la enfermedad severa ocurre generalmente una semana después del inicio de los síntomas. La severidad del cuadro se caracteriza por disnea, taquipnea, saturación de oxígeno disminuida. En México se ha presentado aproximadamente un total de 3'684,242 casos y 279,104 defunciones por COVID-19 hasta la semana epidemiológica número 40, siendo uno de los países a nivel internacional con más mortalidad. De 5 a 10% de los pacientes infectados por el virus SARS-CoV-2 requerirán manejo en la unidad de cuidados intensivos con necesidad de oxígeno suplementario. La mortalidad hospitalaria en México ha llegado hasta 73.7%. Los límites de la hipoxemia que indican la necesidad de oxigenoterapia son una presión parcial arterial de oxígeno (PaO_2) inferior a 60 mmHg. Es preciso para el especialista en pacientes críticos conocer las diferentes interfaces y modos de administración de oxígeno, la administración de oxígeno en los pacientes con COVID-19 e insuficiencia respiratoria hipoxémica debe ser apropiada y pertinente.

Palabras clave: oxigenoterapia no invasiva, falla respiratoria, COVID-19.

ABSTRACT

In December 2019, several people with pneumonia of unknown cause were linked to a seafood market in Wuhan, China. With the discovery of a new type of coronavirus and the initiation of the COVID-19 pandemic, the most common symptoms manifested by patients consists of a flu syndrome, the severe illness generally occurs one week after the onset of symptoms. The severity of the picture is characterized by dyspnea, tachypnea and decreased oxygen saturation. In Mexico there have been approximately 3'684,242 total cases and 279,104 total deaths from COVID-19, up to epidemiological week number 40, being one of the countries with the highest mortality at the international level, 5-10% of patients infected by SARS-CoV-2 virus will require management in the intensive care unit, with the need for supplemental oxygen, hospital mortality in Mexico has reached 73.7%. The limits of hypoxemia that indicate the need for oxygen therapy are an arterial partial pressure of oxygen (PaO_2) less than 60 mmHg. It is necessary for the specialist in critical patients to know the different interfaces and modes of oxygen administration, the administration of oxygen in patients with COVID-19 and hypoxemic respiratory failure must be appropriate and pertinent.

Keywords: non-invasive oxygen therapy, respiratory failure, COVID-19.

RESUMO

Em dezembro de 2019, várias pessoas com pneumonia de causa desconhecida foram ligadas a um mercado de frutos do mar em Wuhan, China. Com a descoberta de um novo tipo de coronavírus e o início da pandemia de COVID-19, a sintomatologia mais comum manifestada pelos pacientes consiste em uma síndrome gripal, com doença grave geralmente ocorrendo uma semana após o início dos sintomas. A gravidade da condição é caracterizada por dispnéia, taquipnéia, diminuição da saturação de oxigênio. No México, houve aproximadamente 3'684.242 casos totais e 279,104 mortes totais por COVID-19, até a semana epidemiológica número

40, sendo um dos países com maior mortalidade internacional, 5-10% dos pacientes infectados com o vírus SARS-CoV-2 exigirá manejo na unidade de terapia intensiva, com a necessidade de oxigênio suplementar, a mortalidade hospitalar no México atingiu 73.7%. Os limites de hipoxemia que indicam a necessidade de oxigenoterapia são uma pressão parcial arterial de oxigênio (PaO_2) inferior a 60 mmHg. É necessário que o especialista em pacientes críticos conheça as diferentes interfaces e modos de administração de oxigênio, a administração de oxigênio em pacientes com COVID-19 e insuficiência respiratória hipoxêmica deve ser adequada e pertinente.

Palavras-chave: oxigenoterapia não invasiva, insuficiência respiratória, COVID-19.

INTRODUCCIÓN

Los efectos beneficiosos de la oxigenoterapia fueron seriamente debatidos en la bibliografía médica durante más de 100 años, pese al hecho de que el oxígeno continúa siendo el tratamiento más comúnmente indicado a pacientes en medio hospitalario con insuficiencia respiratoria. Ya en la década de 1950 era una práctica habitual colocar a los pacientes en tiendas de oxígeno para enfriarlos en días cálidos o aplicar una máscara de oxígeno para aliviar el estrés emocional. Desafortunadamente, muchos médicos continuaron creyendo que éstas eran las únicas ventajas de la administración de oxígeno. En la década de 1960 el desarrollo de analizadores de gases sanguíneos clínicamente funcionales permitió la determinación de la hipoxemia arterial y brindó un medio de cuantificar los efectos fisiológicos de la administración de oxígeno. Esta capacidad de medición clínica fue seguida con rapidez del desarrollo de técnicas de terapia respiratoria que posibilitaban la administración regular y confiable de oxígeno para tratar la hipoxemia arterial y sus síntomas. El oxígeno debe administrarse con el mismo grado de conocimiento y comprensión que acompaña a la aplicación clínica de cualquier fármaco.¹

En diciembre del año 2019 varios pacientes presentaron neumonía de origen indeterminado y se asoció como la fuente de esa infección a un mercado de mariscos en Wuhan, China, éste fue el inicio de la pandemia por el virus SARS-CoV-2, que si bien su mortalidad a nivel internacional es de 2%, en todo el territorio de «Las Américas», ha sido una lucha sin cuartel por parte del sistema sanitario de cada país por falta de insumos como el oxígeno de grado médico suplementario, los países en desarrollo son los más afectados por su

* Hospital General «Las Américas», Unidad de Cuidados Intensivos y Neurointensivos, Instituto de Salud del Estado de México.

Recibido: 18/10/2021. Aceptado: 04/03/2022.

Citar como: Martínez GEX, Morales SG, Segura MLE, De la Cruz VA. Métodos no invasivos de oxigenación en pacientes con COVID-19. Revisión descriptiva. Med Crit. 2022;36(6):378-386. <https://dx.doi.org/10.35366/107461>

población con comorbilidades agregadas como sobrepeso, diabetes e hipertensión arterial que han causado un gran daño al disrumpir los sistemas sanitarios por el aumento de la morbilidad agregada a la infección por el virus, siendo México uno de los países más afectados a nivel mundial por la pandemia COVID-19.²⁻⁵

El sistema de salud en México ha sufrido los estragos de una gran e imparable batalla contra la infección por el virus SARS-CoV-2, con más de 3.5 millones de casos totales y cerca de 280,000 defunciones totales hasta el mes de octubre de 2021. El uso adecuado y diligente de la oxigenoterapia son las mejores herramientas que han demostrado disminución sobre la morbilidad en el tratamiento de la falla respiratoria por la COVID-19.^{4,5}

INFECCIÓN POR SARS-CoV-2

En diciembre de 2019 varias personas con neumonía de causa desconocida se vincularon a un mercado de mariscos en Wuhan, China. Se descubrió así un nuevo tipo de coronavirus diferente de ambos MERS-CoV y SARS-CoV, el llamado en un inicio 2019-nCoV es el séptimo miembro de la familia de coronavirus que infectan a los humanos; cuatro virus: 229E, OC43, NL63 y HKU1 son virus que causan síntomas de resfriado común en personas inmunocompetentes; dos virus: el síndrome respiratorio agudo severo «SARS-CoV» (SARS, por sus siglas en inglés) y el síndrome respiratorio del Oriente Medio «MERS-CoV» (MERS, por sus siglas en inglés) están ligados a enfermedad severa en ocasiones con desenlace fatal.² La condición clínica que está asociada a la infección por SARS-CoV-2 se llama COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*).¹ Los síntomas más comunes de la enfermedad son: fiebre, tos, fatiga, anorexia, mialgias y diarrea. Se ha descrito un concepto llamado «hipoxemia feliz» por presentar hipoxemia con evidente disminución de la saturación de oxígeno del paciente de forma asintomática, éste clínicamente pareciera adaptarse a la enfermedad. La enfermedad severa ocurre generalmente una semana después del inicio de los síntomas. Una característica llamativa es una progresión acelerada de la falla respiratoria poco después del comienzo de la disnea e hipoxemia.³

COVID-19 SEVERO

La severidad del cuadro se caracteriza por disnea, frecuencia respiratoria de 30 por minuto o más, una saturación de oxígeno sanguínea de 93% o menos, una relación de presión parcial de oxígeno arterial con fracción de oxígeno inspirado de menos de 300 mmHg ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ o PaFi), o infiltrados en más de 50% de los campos pulmonares dentro de 24 a 48 horas del inicio de los síntomas.²

En México se han presentado aproximadamente 3,684,242 casos totales y 279,104 defunciones totales

por COVID-19 hasta la semana epidemiológica número 40 (octubre 2021),^{4,5} siendo uno de los países a nivel internacional con más mortalidad. Está descrito que cerca de 5-10% de los pacientes infectados por el virus SARS-CoV-2 presentarán COVID-19 severo, los cuales requerirán uso de oxígeno suplementario debido a la falla respiratoria, y serán tratados en una unidad de cuidados intensivos (UCI) o en área común para COVID-19, según sea el caso.⁶ La mortalidad hospitalaria en México ha llegado hasta 73.7%, una mortalidad muy elevada comparada con países como Alemania o el Reino Unido, además de la comparación en el medio institucional federal versus hospitales privados, donde la mortalidad disminuye hasta 50% o menos. El uso apropiado y pertinente del oxígeno suplementario disminuye la morbilidad de la enfermedad.^{4,5}

FALLA RESPIRATORIA AGUDA

La insuficiencia respiratoria (IR) es una situación clínica en la cual el sistema respiratorio se muestra incapaz de oxigenar de forma adecuada a la sangre venosa que llega al pulmón y a veces también, aunque no siempre, es incapaz de eliminar de forma correcta el anhídrido carbónico (CO_2) que llega en esa misma sangre venosa. La insuficiencia respiratoria aguda es la disfunción del sistema respiratorio que altera el intercambio gaseoso normal y es potencialmente mortal. El término «aguda» implica un inicio relativamente brusco (de horas o días) y un cambio del estado basal del paciente. La disfunción de las vías respiratorias señala que el intercambio anormal de gases puede ser causado por entidades pulmonares o extrapulmonares que repercuten, directa o indirectamente, en el funcionamiento normal del sistema en mención. Es difícil establecer la definición de manera operativa, clásicamente se ha definido la insuficiencia respiratoria como la situación en la que la presión arterial de O_2 (PaO_2) es inferior a 60 mmHg en un individuo en reposo y respirando aire ambiente (valores normales entre 80 y 100 mmHg). A veces también la presión arterial de CO_2 (PaCO_2) es mayor de 45 mmHg (valores normales entre 35 y 45 mmHg). La clasificación de la insuficiencia respiratoria (IR) puede establecerse considerando los mecanismos clínico-evolutivos (aguda o crónica) o las características gasométricas (tipo I, hipoxémica o parcial, y tipo II, hipercápnica o global). La IR aguda suele presentarse generalmente de manera abrupta en pacientes previamente sanos, lo que es un ejemplo representativo de cómo se manifiesta el COVID-19 severo en esta pandemia.⁷

INDICACIONES DE OXIGENOTERAPIA

El oxígeno es un tratamiento para la hipoxemia, no para dificultad respiratoria. La hipoxemia y la hipoxia tisular son las indicaciones fundamentales de la oxigenoterapia.

pia en los procesos agudos. La definición de hipoxemia según la guía de la *British Thoracic Society* (BTS) para uso de oxígeno en adultos, se refiere a una PaO_2 disminuida $< 60\text{ mmHg}$ o 8 kPa o a una SaO_2 de $< 90\%$ pues arriba de estos niveles no hay lesión hipóxica tisular conocida. Es bueno señalar que en cualquier situación de falla respiratoria y más en situaciones como en esta pandemia por COVID-19 se debe siempre valorar en los pacientes el llamado «5to signo vital» la saturación de oxígeno por pulsioximetría (suplementado con una medición de gases sanguíneos cuando sea necesario o posible). La hipoxia ocurre cuando el suministro de oxígeno es insuficiente para alcanzar las demandas de oxígeno en un compartimiento particular (ejemplo: alvéolos o nivel tisular), la cual puede dividirse en cuatro causas principales: 1) hipoxémica, 2) anémica, 3) de flujo lento o «estancada» y 4) histotóxica.⁸

Los límites de la hipoxemia que indican la necesidad de administrar oxígeno son arbitrarios; sin embargo, se acepta que una presión parcial arterial de oxígeno (PaO_2) inferior a 50 mmHg en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y $< 60\text{ mmHg}$ en pacientes sin antecedentes previos es la indicación directa para el inicio de la oxigenoterapia (Tabla 1) dados los riesgos de daño tisular que implica.⁷

ADMINISTRACIÓN DE OXÍGENO

Tradicionalmente la oxigenoterapia se cuantifica como la fracción de gas inspirado que es oxígeno (FiO_2). Fuera del quirófano el oxígeno se administra por medio de sistemas sin recirculación de gas porque es un gas relativamente económico y no explosivo que además permite evitar con facilidad la recirculación de dióxido de carbono. Los sistemas de administración sin recirculación de oxígeno son de dos tipos: un sistema de alto flujo que predetermina las proporciones oxígeno/aire ambiente para alcanzar la FiO_2 deseada y un sistema de bajo flujo que variará las proporciones oxígeno/aire ambiente a medida que se modifique el patrón respiratorio del paciente. Es razonable comparar la administración de oxígeno con bajo flujo con la administración enteral o

Tabla 1: Indicaciones de oxigenoterapia.

Sin enfermedad pulmonar previa	Con enfermedad pulmonar previa o riesgo de hipercapnia
PO_2 $< 60\text{ mmHg}$ (8 kPa)	$< 50\text{ mmHg}$ (6.6 kPa) (con EPOC o alguna neumopatía crónica)
$\text{SpO}_2 < 90\%$ Reducción aguda de $> 3\%$ del objetivo de saturación de oxígeno por pulsioximetría Objetivo: 94-98%	Reducción aguda de $> 3\%$ de saturación de oxígeno por pulsioximetría Objetivo: 88-92%

EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Tabla 2: Objetivos de la saturación durante la oxigenoterapia.

Tipo de paciente	%
No crítico	94-98
Crítico sin riesgo de hipercapnia	94-98
Crítico con riesgo de hipercapnia	88-92
Síndrome de distrés respiratorio agudo	88-95
Con COVID-19 (Society Critical Care Medicine)	90-96

intramuscular de otros fármacos, mientras que la administración de oxígeno con alto flujo es comparable con la administración intravenosa de otros agentes.¹ Los principales requisitos de la administración de oxígeno son la regularidad y el control. La lógica dictamina que el enfoque más razonable consiste en definir la FiO_2 como la concentración mensurable o calculable de oxígeno administrada al paciente; es decir, si un volumen corriente (Vt) de 500 mL está compuesto de 250 mL de oxígeno, se considerará que el valor de la FiO_2 es de 0.50% (50% como concentración inspirada de oxígeno). En otras palabras, no nos preocuparemos por cómo se distribuyen los gases por todo el árbol traqueobronquial y el parénquima pulmonar, la preocupación será sólo que 50% de toda la atmósfera inspirada sea oxígeno. Esto nos aporta una terminología coherente, práctica y comprensible que se aplica con facilidad a cualquier método de oxigenoterapia. Aceptando esta definición arbitraria, la oxigenoterapia confiable se convierte en una cuestión de metodología y conocimiento acabado de los sistemas de administración de oxígeno. La determinación de la adecuación y la efectividad de la oxigenoterapia es una cuestión de evaluación clínica y medición de los gases sanguíneos –en tanto la administración de oxígeno sea regular y predecible–. Esto exige conocer los dispositivos y las técnicas de oxigenoterapia.¹

OBJETIVOS DE LA OXIGENOTERAPIA

Los efectos terapéuticos de respirar concentraciones de oxígeno superiores a 21% que queremos obtener son el posible aumento de las tensiones alveolares de oxígeno, la disminución del trabajo respiratorio así como la posible reducción del trabajo miocárdico. El impacto que buscamos lograr de esta terapia es tener una saturación de oxígeno que nos aporte el mayor beneficio con el menor efecto secundario. La información descrita en la Tabla 2 ha sido expuesta en guías de práctica internacionales como BTS o el ARDSnet. Los tres objetivos clínicos que pueden ser alcanzados con la oxigenoterapia apropiada son:

1. Tratar la hipoxemia. Cuando la hipoxemia arterial es una consecuencia de la disminución de las tensiones alveolares de oxígeno (V/Q baja).

2. Disminuir el trabajo respiratorio (TR). El aumento del trabajo respiratorio es una respuesta común a la hipoxemia y la hipoxia.
3. Disminuir el trabajo miocárdico. El aumento del volumen minuto cardíaco es un mecanismo común para compensar la disminución del contenido de oxígeno de la sangre asociado con hipoxemia o hipoxia.¹

SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE OXÍGENO

Los sistemas sin recirculación de gas están diseñados de tal modo que los gases espirados tienen mínimo contacto con los gases inspiratorios. Una ventaja fundamental de los sistemas sin recirculación de gas es que el dióxido de carbono espirado no participa en el sistema de gases inspiratorios. Sin embargo, debe suministrarse un flujo de gas suficiente para satisfacer los requerimientos de volumen minuto y flujo pico (cuatro veces). Esto por lo general se logra mediante un reservorio inspiratorio que permite disponer de un volumen adicional de gas durante los periodos transitorios en que las demandas inspiratorias superan las capacidades de las velocidades de flujo uniformes administradas por el aparato.

Un sistema sin recirculación de gas en el que el volumen minuto, las velocidades de flujo y el sistema de reservorio son adecuados para satisfacer las necesidades ventilatorias totales del paciente, recibe el nombre de sistema de alto flujo de rendimiento fijo. Siempre que deba ingresar aire ambiente en el sistema para satisfacer los requerimientos totales de gas, el sistema se considera un sistema de bajo flujo de rendimiento variable. En otras palabras, los sistemas de bajo flujo sin recirculación de gas no permiten determinar con precisión las mezclas de gas inspirado. Expresándolo de manera sólida, los sistemas sin recirculación de gas y de alto flujo son los más convenientes para el control preciso de las mezclas de gas inspirado.¹

OXIGENOTERAPIA DE ALTO Y BAJO FLUJO

El sistema de alto flujo se define como aquél en el que el flujo de gas del aparato es suficiente para satisfacer todos los requerimientos inspiratorios. Un sistema de bajo flujo es aquél en el que el flujo de gas del aparato no basta para satisfacer todos los requerimientos inspiratorios. Las técnicas con oxígeno en baja concentración fueron descritas en términos de velocidad de flujo de oxígeno a través de una cánula nasal. Esta administración de oxígeno a bajo flujo ha inducido a gran parte de la comunidad médica a creer que bajo flujo es sinónimo de baja concentración. Ya que lo importante es la fracción de oxígeno inspirado, el flujo de oxígeno sólo debe considerarse en relación con el flujo total de gas. La concentración de oxígeno administrado por una

velocidad de flujo de oxígeno está determinada únicamente por el aparato y el paciente. Aunque el reservorio del dispositivo es importante, la velocidad del flujo sin duda es el factor de mayor importancia. La FiO_2 se determina en el dispositivo modificando el tamaño de la entrada de arrastre, mientras que el flujo total de gas está determinado por el flujo de oxígeno hacia el dispositivo. Los sistemas de alto flujo tienen dos ventajas importantes: suministran niveles de FiO_2 constantes y predecibles, por lo que los cambios del patrón respiratorio del paciente no afectan la FiO_2 , y ya que aportan toda la atmósfera inspirada, es posible controlar la temperatura y la humedad del gas. El hecho de que la concentración de oxígeno pueda ser medida en un sistema de alto flujo es una ventaja significativa para los pacientes que se encuentran en estado crítico. De no ser por las desventajas del costo e incomodidad del paciente, los sistemas de alto flujo sin duda constituirían el método de elección para toda oxigenoterapia.¹

Sistema de bajo flujo. Un sistema de bajo flujo puede suministrar una concentración de oxígeno de 21 a 80% o más (Tabla 3). Las variables que controlan la FiO_2 son: 1) el tamaño del reservorio de oxígeno disponible, 2) el flujo de oxígeno litros por minuto (L/min) y 3) el patrón respiratorio del paciente. Estos sistemas se usan por tradición, familiaridad, comodidad del paciente, economía y disponibilidad —no debido a su precisión ni a su confiabilidad—.¹

PUNTAS NASALES EN COVID-19

En general, la presencia de insuficiencia respiratoria hipóxica entre los pacientes con COVID-19 se acerca

Tabla 3: Pautas para estimar la FiO_2 con dispositivos de oxígeno de bajo flujo.

Flujo de O_2 al 100% (L)	FiO_2
Cánula o catéter nasal	
1	0.24
2	0.28
3	0.32
4	0.36
5	0.40
6	0.44
Máscara de oxígeno	
5-6	0.40
6-7	0.50
7-8	0.60
Máscara con bolsa reservorio	
6	0.60
7	0.70
8	0.80
9	> 0.80
10	> 0.80

FiO_2 = fracción inspirada de oxígeno.

Nota: se supone un patrón respiratorio normal.

Tabla 4: Inicio de la oxigenoterapia.

Sin enfermedad pulmonar previa: Paciente crítico
O ₂ a 15 L/min en máscara reservorio
Sin enfermedad pulmonar previa: Paciente no crítico
O ₂ a 2 a 6 L/min o máscara simple a 5-10 L/min
Con enfermedad pulmonar previa o riesgo de hipercapnia
O ₂ a 2 L/min por puntas nasales mantener saturación por pulsioximetría entre 88 y 92%

a 20%. Los datos iniciales en China informaron que hasta 41% de todos los pacientes con COVID-19 requirieron oxigenoterapia, de 4 a 13% requirió ventilación no invasiva (VNI) y de 2.3 a 12% requirió intubación y ventilación mecánica. Las directrices de cómo iniciar la oxigenoterapia se describen en la [Tabla 4](#), las cuales tienen cierta heterogeneidad, esto debido al riesgo en el paciente de presentar hipercapnia por patología de fondo. Los factores de riesgo de desarrollar insuficiencia respiratoria aguda parecen incluir el sexo masculino; edad mayor de 60 años y comorbilidades que incluyen diabetes, cáncer activo y estados de inmunodepresión. Es por eso relevante mencionar que las cánulas nasales son el dispositivo más utilizado a nivel mundial, ya sea por su practicidad o disponibilidad. Es un dispositivo considerado de bajo flujo con el cual se cuenta en todas las unidades hospitalarias, que dependiendo de los litros indicados aportará un porcentaje de fracción de inspiración de oxígeno equivalente. De acuerdo a ello muchas guías recomiendan de forma inicial la administración de oxígeno en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica leve debida a COVID-19 en un paciente que presenta una saturación mediante oximetría de pulso menor de 90% con un objetivo de no superar 96%, según las recomendaciones de varias sociedades incluidas la Sociedad de Medicina de Cuidados Críticos (SCCM). El personal debe mantener una vigilancia estrecha evaluando el estado respiratorio del paciente, estado neurológico y esfuerzo respiratorio, principalmente la frecuencia respiratoria y el esfuerzo respiratorio en lugar de la saturación por sí sola. Una estrategia recomendada es que puede iniciarse a 5 L/min, en caso de que el paciente no mejore puede considerarse el uso de mascarilla sin recirculación.^{2,3,8-10}

MÁSCARA CON Y SIN RESERVORIO

Aproximadamente 14% de los pacientes diagnosticados de infección por COVID-19 desarrollan insuficiencia respiratoria hipóxica aguda, de estos pacientes con COVID-19 severo, 5% requerirán ingreso a la UCI, esta hipoxemia severa en estos pacientes puede atribuirse a un elevado espacio muerto fisiológico en comparación con series publicadas previamente de pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda no COVID-19. Como se ha mencionado con anterioridad, para la insu-

ficiencia hipoxémica aguda en estos casos se prefiere un dispositivo de oxigenoterapia de alto flujo para obtener una saturación de oxígeno (SaO₂) superior a 90%. La oxigenoterapia de alto flujo es una técnica bien conocida, el uso de cánula nasal de alto flujo que permite gas calentado y humidificado con un caudal máximo de 70 L/min y una fracción de oxígeno ajustable. Las máscaras sin recirculación tienen una válvula unidireccional adicional que evita el arrastre de aire de la habitación y la reinhalación de los gases exhalados. La máscara con reservorio sin recirculación puede administrar una FiO₂ por encima de 0.8, siempre que haya un buen ajuste de la mascarilla y el flujo de aire sea más de tres veces la ventilación por minuto.⁷ Por la celeridad de la escasez de otros sistemas de administración de oxígeno y porque muchas veces la máscara con reservorio no es suficiente, se ha propuesto el uso de oxigenoterapia adicional de bajo flujo a través de cánulas nasales (6 L/min) junto con una mascarilla sin recirculación en pacientes cuyo requerimiento de oxígeno no se satisface únicamente con la mascarilla sin recirculación. Esta técnica combina el principio de las cánulas nasales de alto flujo (HFNC) por flujo bajo de oxígeno a través de la cánula nasal y el oxígeno a través de la bolsa de reserva de la mascarilla sin recirculación. Ya que la pandemia ha consumido a nivel internacional los suministros de interfaces para administrar adecuadamente la oxigenoterapia, este tipo de propuestas ha tenido resultados aceptables.^{2,3,8-10}

VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA EN COVID-19

Actualmente las guías de práctica clínica no han podido sustentar recomendaciones absolutas de las estrategias de soporte respiratorio no invasivo; sin embargo, su uso se incrementó en la pandemia de COVID-19 generado por la insuficiente cantidad de equipos, ventiladores y personal de salud. Es por eso que se debe considerar la modalidad de ventilación no invasiva en el grupo de pacientes que cursan con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda en quienes se han incrementado los requerimientos de oxígeno con los sistemas de bajo flujo, por lo que se mantendrá esta modalidad hasta que los pacientes se recuperen o requieran ser intubados. El objetivo de utilizar estas modalidades es disminuir el riesgo de infecciones nosocomiales y mejorar la supervivencia al evitar la intubación orotraqueal y prolongar la estancia en la UCI.¹¹⁻¹³ Los beneficios de utilizar las modalidades no invasivas incluyen aminorar la carga de los músculos respiratorios al disminuir el trabajo respiratorio, esto a través de la reducción del esfuerzo inspiratorio y la frecuencia respiratoria a su vez que mejora la oxigenación. Al evitar la intubación orotraqueal se preservan los reflejos de protección de

las vías respiratorias, se previene la disfunción y atrofia diafragmática, se mantiene la precarga cardiaca y gasto cardiaco, y se facilita la aireación de la parte pulmonar dependiente.^{11,14} No se excluye que su uso puede ser perjudicial por el barotrauma ocasionado por el impulso respiratorio aumentado de los pacientes y la sincronización con la presión soporte, que sumados pueden resultar en volúmenes respiratorios elevados así como la mecánica respiratoria alterada e inflamación pulmonar no homogénea y lesión pulmonar autoinfligida por el paciente.^{11,12} Un gran porcentaje de los estudios donde se ha evaluado el uso de la ventilación no invasiva (VNI), se utiliza como un medio de presión positiva bifásica en las vías respiratorias, principalmente ventilación con presión soporte (PSV) que es el resultado de la suma de presión soporte (PS) más presión positiva al final de la espiración (PEEP) o presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), la diferencia entre ellas es que CPAP no proporciona ninguna presión inspiratoria de apoyo. Las interfaces más utilizadas son la mascarilla oronasal o de cara completa que incluso pueden intercambiarse entre ellas dependiendo de la disponibilidad, esto para optimizar la comodidad y tolerancia del paciente; la principal diferencia entre ellas es el espacio muerto interno, pero ello no modifica la reinhalación de dióxido de carbono, ventilación minuto, esfuerzo del paciente y resultado clínico.¹⁴ Se debe considerar iniciar CPAP si la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ es < 200 o $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg o frecuencia respiratoria > 30 respiraciones por minuto con uso de oxígeno suplementario, con los parámetros iniciales de $10 \text{ cmH}_2\text{O}$ no superando $12 \text{ cmH}_2\text{O}$ para evitar barotrauma, lesión pulmonar autoinfligida, alteraciones hemodinámicas así como fracción inspirada de oxígeno necesaria para mantener $\text{SpO}_2 > 93\%$ o $\text{PaO}_2 > 60$ mmHg. Se debe evaluar la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ en una hora, si hay mejoría de 15-30% se puede considerar como un pulmón reclutable y buena respuesta a la terapia. Se debe evaluar la progresión todos los días, el paciente no ha fracasado si se mantiene una frecuencia respiratoria < 25 respiraciones por minuto, $\text{SpO}_2 > 94\%$ con una $\text{FiO}_2 < 50\%$ y $\text{PEEP} < 5 \text{ cmH}_2\text{O}$.¹⁵ Para considerar iniciar VNI el paciente debe presentar relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100$, frecuencia respiratoria > 30 respiraciones y/o datos de dificultad respiratoria bajo CPAP, iniciando con los parámetros de PEEP entre 5 y $8 \text{ cmH}_2\text{O}$ y presión soporte entre 7 y $10 \text{ cmH}_2\text{O}$, FiO_2 objetivo para mantener una SpO_2 entre 90 y 95%, la presión soporte puede ajustarse de acuerdo a un objetivo de volumen tidal calculado entre 4 y 6 mL/kg de peso predicho. Se identifica fracaso a la VNI con la presencia de un criterio mayor o dos criterios menores que persisten más de una hora, referidos en la [Tabla 5](#).¹⁵

Cabe mencionar que aunado a la VNI se recomienda colocar al paciente en posición prono, con mejoría

sólida en los parámetros respiratorios en cualquier modalidad de oxigenoterapia en un entorno donde el paciente se encuentre con monitorización continua así como con personal de la salud capacitado; esto puede ser una herramienta útil en pacientes que cursan con insuficiencia respiratoria hipóxica aguda moderada.^{12,16} Se debe tener en cuenta que en el caso en el que se requiera intubación posterior a una prueba fallida de alguna modalidad no invasiva, se incrementa la mortalidad, esto debido a la exposición prolongada de los pulmones dañados y la lesión agregada por el aumento del esfuerzo respiratorio, por lo que al iniciar cualquier modalidad no invasiva se debe tener en estrecha vigilancia el esfuerzo inspiratorio persistente, la frecuencia respiratoria y el volumen corriente que se encuentran asociados con el fracaso del tratamiento y necesidad de intubación, por lo que previo a valorar iniciar esta terapia se deben evaluar y corregir factores no respiratorios como el dolor, acidosis metabólica y fiebre, entre algunos otros.^{11,14} Si bien estas modalidades mejoran la oxigenación y la disnea, en este momento no existen datos que demuestren de forma consistente la eficacia para prevenir la progresión de la intubación orotraqueal en casos de hipoxemia moderada a grave; sin embargo, se cuenta con tasas reducidas de ventilación mecánica en casos de hipoxemia leve.^{11,13,14}

CÁNULAS DE ALTO FLUJO EN PACIENTES CON COVID-19

El uso de la cánula nasal de alto flujo se prescribe en pacientes que presentan insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda de moderada a grave, ya que facilita la administración de oxígeno por medio de un mezclador de aire/oxígeno el cual permite que la FiO_2 varíe de 0.21 a 1.0. Asimismo, cuenta con un humidificador que facilita la entrega de gas calentado y humidificado a caudales de hasta 60 L/min a una temperatura de 37°C , por lo cual proporciona mayor concentración y flujo de oxígeno, lo que permite la reducción del espacio muerto anatómico, la reducción del trabajo respiratorio,

Tabla 5: Criterios de fracaso de la ventilación no invasiva.

Criterios mayores	Criterios menores
Paro cardiorrespiratorio	Disminución de 30% de la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ basal
Déficit neurológico con alteración respiratoria	Relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100$
Inestabilidad hemodinámica con presión arterial sistólica < 90 mmHg con reanimación hídrica adecuada	Aumento de 20% de la PaCO_2 si la PaCO_2 basal era > 40 mmHg
Intolerancia al dispositivo	Empeoramiento del estado de alerta
	Nueva aparición o dificultad respiratoria persistente
	$\text{SpO}_2 < 90\%$
	Agotamiento

adecuada humidificación así como la disminución de la demanda metabólica de la respiración y disminución en la cantidad de dióxido de carbono producido, con un mejor aclaramiento de secreciones, lo que disminuye el riesgo de atelectasia y optimiza la relación ventilación/perfusión. Todo lo anterior la convierte en el tratamiento de primera línea para evitar la intubación en pacientes con hipoxia así como en aquéllos con orden de no intubación.¹⁷ La cánula nasal de alto flujo se puede usar con éxito para brindar apoyo respiratorio en pacientes con infección por virus SARS-CoV-2 y falla respiratoria, ya que evita el uso de ventilación mecánica invasiva y la intensificación de la terapia, incluso en pacientes con hipoxemia severa. La biodispersión de aerosoles a través de la cánula de alto flujo se considera la principal preocupación en el entorno hospitalario debido a que es similar a lo que sucede con las máscaras de oxígeno estándar; sin embargo, el uso combinado de máscara de alto flujo con mascarilla quirúrgica disminuye la dispersión de aerosoles, sin suponer un riesgo en el personal de salud, el cual en todo momento debe usar mascarilla y equipo de protección personal.¹⁸ Con la finalidad de evitar fallas en el uso de la cánula nasal de alto flujo y permitir el retraso de intubación se deben seleccionar los pacientes adecuados así como la aplicación oportuna. Ante estos hechos cabe mencionar que los pacientes de edad avanzada son vulnerables a la falla de este método. Se debe seleccionar el tamaño adecuado del catéter nasal, ubicarlo en el lugar adecuado y confirmar que la vía respiratoria no se encuentre obstruida; el objetivo del tratamiento por medio de cánula nasal de alto flujo es mantener una saturación de oxígeno por encima de 95% en pacientes sin la presencia de enfermedad pulmonar crónica. La cánula nasal de alto flujo puede usarse en entornos dentro y fuera de la unidad de cuidados intensivos.¹⁹ Chandel A, y colaboradores realizaron un estudio en pacientes con insuficiencia respiratoria por COVID-19 en el cual aplicaron el índice ROX para predecir el éxito del uso de cánula nasal de alto flujo, encontrando que es una estrategia viable.²⁰ Un índice ROX menor a 4.94 puntos, así como la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ mmHg asociados a una frecuencia respiratoria mayor a 35 por minuto define el fracaso por cánula nasal de alto flujo. En un estudio unicéntrico, Garner y su equipo encontraron que los pacientes con COVID-19 con SOFA score elevado, niveles de ácido láctico elevados y al menos una comorbilidad o inmunosupresión no se benefician del uso de cánula nasal de alto flujo.^{20,21} Mellado y colegas realizaron un estudio multicéntrico en 36 unidades de cuidados intensivos de España y Andorra, donde se incluyeron 122 pacientes en los cuales se usó estrategia de ventilación temprana y cánula nasal de alto flujo; en los pacientes con cánula nasal de alto flujo se asoció la disminución de días con ventilación mecánica así como

la reducción de días en la UCI en comparación con el inicio temprano de ventilación mecánica invasiva.²² Simioli y colaboradores observaron que en pacientes con SARS-CoV-2 en estado crítico que desarrollaron neumomediastino o neumotórax y recibieron cánula nasal de alto flujo, se recuperaron 76% con una mediana de seguimiento de cinco días. En los casos de pacientes graves con síndrome de dificultad respiratoria aguda la tasa de recuperación de neumotórax o neuromediastino fue de 70% y tan sólo de 10% en aquéllos con ventilación mecánica invasiva.²³

USO DE CASCO PARA VENTILACIÓN NO INVASIVA EN COVID-19

El casco cefálico es un dispositivo de oxigenoterapia para ventilación mecánica no invasiva (NIV), ha sido estudiado en la población con COVID-19 como una alternativa a la terapia respiratoria brindada. En el estudio HENIVOT se concluyó que los pacientes con COVID-19 e hipoxemia moderada a grave el tratamiento con ventilación no invasiva con casco, en comparación con oxígeno nasal de alto flujo, no produjo diferencias significativas en el número de días sin asistencia respiratoria en 28 días. El volumen promedio de la capucha varía de 12 a 15 L.²⁴⁻²⁶ La prevalencia de comorbilidades pulmonares crónicas en pacientes con COVID-19 informada hasta ahora en la literatura fue baja (EPOC que varía de 1.1 a 10%), dejando la necesidad de VNI a un número limitado de pacientes.²⁷ Se ha señalado que en comparación con la máscara, el casco facilita la reinspiración de CO_2 , la reinhalación de CO_2 depende principalmente de dos factores: el gas fresco que pasa a través del casco y la cantidad de CO_2 producida por el paciente.²⁸⁻³⁰

AEROLIZACIÓN

Los trabajadores de la salud (TS) que atienden a la población con COVID-19 tienen un alto riesgo de contraer infección por el virus SARS-CoV-2 a través de gotas grandes de Flügge, secreciones respiratorias y contacto con superficies contaminadas. El manejo de las vías respiratorias tiene un riesgo particularmente alto porque implica procedimientos de generación de aerosoles. Los proveedores de emergencias deben estar preparados para tratar a los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda debido al SARS-CoV-2. Un flujo de oxígeno de 6 L/min o más se considera oxígeno de alto flujo y puede causar la aerosolización de patógenos virales, aunque esto es controvertido. El riesgo de infección por aerolización a trabajadores de la salud ha sido un tema de debate desde el inicio de la pandemia, buscar la interfaz con menor riesgo de transmisión es una tarea difícil, si bien la transmisión bacteriana con HFNC es baja, el riesgo de transmisión de patógenos virales respirato-

rios sigue sin estar claro. Basado en la evidencia actualmente disponible, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que los sistemas HFNC y NIV con una buena interfaz ajustada no crean una dispersión generalizada del aire exhalado y por lo tanto, deben estar asociados con un bajo riesgo de transmisión aérea. El soporte respiratorio de los pacientes con SARS-CoV-2 requiere modificaciones para minimizar la propagación viral. Por ejemplo, se debe usar una máscara quirúrgica estándar sobre las cánulas nasales, sin recirculación o Venturi para reducir el riesgo de propagación de gotitas de Flügge. Para los pacientes que requieran mayor suministro de oxígeno mediante el uso de una mascarilla facial simple o un respirador, se puede colocar un filtro de exhalación; sin embargo, esta estrategia no se ha evaluado a fondo en términos de transmisión viral.^{2,3,9,10}

CONCLUSIONES

El uso de la oxigenoterapia para los pacientes con falla respiratoria debido a COVID-19 debe ser eficiente y oportuno. Ofrecer un soporte respiratorio adecuado ayudará a disminuir la morbilidad y mortalidad de la enfermedad aunado a un tratamiento adecuado. Como se ha comentado, el oxígeno es un medicamento y debe utilizarse como tal, el personal de salud que lo prescribe debe tener conocimiento a fondo de su uso y de las interfaces existentes para su administración. Las indicaciones del inicio de oxigenoterapia así como los objetivos de saturación durante el tratamiento tienen cierta heterogeneidad, esto por particularidades en los pacientes a tratar como la predisposición a la hipercapnia. La administración de la oxigenoterapia por alto flujo ha demostrado ser la mejor opción como tratamiento para la falla respiratoria por COVID-19, las cánulas nasales de alto flujo parecen ser la opción más sólida en esta pandemia, aun comparándolas con VNI, pues han demostrado que disminuyen la necesidad de ventilación mecánica en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda y potencialmente disminuye la mortalidad a 90 días, al parecer también disminuye la aerolización comparada con pacientes con cánula nasal estándar. La mayoría de las guías de referencia internacionales como la Sociedad de Cuidados Intensivos de Australia y Nueva Zelanda (ANZICS), la OMS y la Campaña para Sobrevivir a la Sepsis recomiendan el uso de HFNC en pacientes con COVID-19 que presentan insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda que no responden a la oxigenoterapia convencional. La VNI puede ser más eficaz para la insuficiencia respiratoria hipercápnica. Los pacientes con falla respiratoria que no responden a oxigenoterapia no invasiva o presentan una trayectoria clínica que sugiera que la ventilación mecánica es inevitable, deben ser evaluados rápidamente para cambio a VMI. Esta valoración debe ser

oportuna, ya que retardarla aumenta la mortalidad del paciente con COVID-19.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro maestro el Dr. Felipe de Jesús Montelongo así como a nuestro profesor y coordinador académico el Dr. Jonathan Galindo Ayala por el apoyo y orientación para realizar este trabajo.

REFERENCIAS

- Shapiro B, Peruzzi W, Kozlowski R. Manejo Clínico de los gases sanguíneos. Capítulo 11, paginas. Editorial Médica Panamericana. 5ª ed, 2004, pp. 109-136.
- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*. *N Engl J Med*. 2020;382(8):727-733.
- Berlin DA, Gulick RM, Martinez FJ. Severe Covid-19. *N Engl J Med*. 2020;383(25):2451-2460.
- Informe técnico diario COVID-19 México. 04/10/2021. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/671496/Comunicado_Tecnico_Diario_COVID-19_2021.10.04.pdf
- Ñamendys-Silva S, Gutiérrez A, Romero J. Hospital mortality in mechanically ventilated COVID-19 patients in México. *Intensive Care Med*. 2020;46(11):2086-2088.
- Joly BS, Siguret V, Veyradier A. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med*. 2020;46:1603-1606.
- Álvarez-Sala W. Neumología Clínica. Capítulo 93. Oxigenoterapia en la insuficiencia respiratoria. 2010, pp. 776-783.
- O'Driscoll BR, Howard LS, Earis J, Mak V. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *Thorax*. 2017;72:i1-i90. doi: 10.1136/thoraxjnl-2016-209729.
- Montrief T, Ramzy M, Long B, Gottlieb M, Hercz D. COVID-19 respiratory support in the emergency department setting. *Am J Emerg Med*. 2020 Oct;38 (10):2160-2168.
- Kumar A, Sinha C, Kumar A, Kumari P, Kumar N, Kumar A, et al. Lowflow nasal oxygen supplementation in addition to nonrebreathing mask: An alternative to highflow nasal cannula oxygenation for acute hypoxemic COVID-19 patients in resource limited settings. *Trends in Anaesthesia & Critical Care*. 2021;38:24-25.
- Grieco DL, Maggiore SM, Roca O, Spinelli E, Patel BK, Thille AW, et al. Non-invasive ventilatory support and high-flow nasal oxygen as first-line treatment of acute hypoxemic respiratory failure and ARDS. *Intensive Care Med*. 2021;47(8):851-866.
- Winck JC, Ambrosino N. COVID-19 pandemic and non invasive respiratory management: Every Goliath needs a David. An evidence based evaluation of problems. *Pulmonology*. 2020;26(4):213-220.
- Cinesi GC, Peñuelas RÓ, Luján TM, Egea SC, Masa JJF, García FJ, et al. Clinical consensus recommendations regarding non-invasive respiratory support in the adult patient with acute respiratory failure secondary to SARS-CoV-2 infection. *Med Intensiva*. 2020;44(7):429-438.
- Wang Z, Wang Y, Yang Z, Wu H, Liang J, Liang H, et al. The use of non-invasive ventilation in COVID-19: a systematic review. *Int J Infect Dis*. 2021;106:254-261.
- Winck JC, Scala R. Non-invasive respiratory support paths in hospitalized patients with COVID-19: proposal of an algorithm. *Pulmonology*. 2021;27(4):305-312.
- Burton-Papp HC, Jackson AIR, Beecham R, Ferrari M, Nasim-Mohi M, Grocott MPW, et al. Conscious prone positioning during non-invasive ventilation in COVID-19 patients: experience from a single centre. *F1000Research*. 2020; 9: 859.
- Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *J Intensive Care*. 2015;3(1):15.

18. Li J, Fink JB, Ehrmann S. High-flow nasal cannula for COVID-19 patients: low risk of bio-aerosol dispersion. *Eur Respir J*. 2020;55(5):2000892.
19. He G, Han Y, Fang Q, Zhou J, Shen J, Li T, et al. Clinical experience of high-flow nasal cannula oxygen therapy in severe COVID-19 patients. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2020;49(2):232-239. Chinese.
20. Chandel A, Patolia S, Brown AW, Collins AC, Sahjwani D, Khangoora V, et al. High-flow nasal cannula therapy in COVID-19: using the ROX index to predict success. *Respir Care*. 2021;66(6):909-919.
21. Garner O, Dongarwar D, Salihu HM, Barrantes Perez JH, Abraham J, et al. Predictors of failure of high flow nasal cannula failure in acute hypoxemic respiratory failure due to COVID-19. *Respir Med*. 2021;185:106474.
22. Mellado-Artigas R, Ferreyro BL, Angriman F, Hernández-Sanz M, Arruti E, Torres A, et al. High-flow nasal oxygen in patients with COVID-19-associated acute respiratory failure. *Crit Care*. 2021;25(1):58.
23. Simioli F, Annunziata A, Polistina GE, Coppola A, Di Spirito V, Fiorentino G. The role of high flow nasal cannula in COVID-19 associated pneumomediastinum and pneumothorax. *Healthcare (Basel)*. 2021;9(6):620.
24. Grieco DL, Menga LS, Cesarano M, Rosà T, Spadaro S, Bitondo MM, et al. Effect of helmet noninvasive ventilation vs high-flow nasal oxygen on days free of respiratory support in patients with COVID-19 and moderate to severe hypoxemic respiratory failure. *JAMA*. 2021;325(17):1731-1743.
25. Navalesi P, Maggiore SM. *Positive end-expiratory pressure*. In: Tobin MJ. Principles and practice of mechanical ventilation, 3rd ed.; Tobin, M.J., Ed.; McGraw Hill Medical: New York, NY, USA, 2013; pp. 253-302.
26. Crimi C, Noto A, Princi P, Esquinas A, Nava S. A European survey of noninvasive ventilation practices. *Eur Respir J*. 2010;36:362-369.
27. Liu W, Tao ZW, Wang L, Yuan ML, Liu K, Zhou L, et al. Analysis of factors associated with disease outcomes in hospitalized patients with 2019 novel coronavirus disease. *Chin Med J (Engl)*. 2020;133(9):1032-1038.
28. Patroniti N, Foti G, Manfio A, Coppo A, Bellani G, et al. Head helmet versus face mask for non-invasive continuous positive airway pressure: a physiological study. *Int Care Med*. 2003;29:1680-1687.
29. Esquinas RAM, Papadakis PJ, Carron M, Cosentini R, Chiumello D. Clinical review: Helmet and non-invasive mechanical ventilation in critically ill patients. *Crit Care*. 2013;17(2):223.
30. Taccone P, Hess D, Caironi P, Bigatello LM. Continuous positive airway pressure delivered with a "helmet": effects on carbon dioxide rebreathing. *Crit Care Med*. 2004;32(10):2090-2096.

Correspondencia:

Edgar Xavier Martínez Guerrero

E-mail: drexmartinez@hotmail.com