

TEMA 8.

SRI. VAD. VMNI.

CAPNOGRAFÍA

SECUENCIA RÁPIDA DE INTUBACIÓN. ANALGESIA, SEDACIÓN Y RELAJACIÓN MUSCULAR.

La anticipación del evento disminuye el margen de error en la práctica clínica; la inducción de secuencia rápida para intubación orotraqueal permite realizar de manera ordenada una adecuada intubación orotraqueal, minimizar los errores y disminuir las consecuencias de una vía aérea mal manejada en el servicio de urgencias.

La SRI debe seguir un orden preciso, estructurado y racional, que haga del procedimiento una herramienta rápida, eficaz y segura que brinde, además, la capacidad de prever dificultades e implementar alternativas de manejo exitoso en situaciones que se ha agrupado dentro del manejo de la vía aérea difícil.

El objetivo de la SRI es conseguir el aislamiento de la vía aérea y el acceso a la vía aérea inferior con la mayor celeridad posible y con el mínimo riesgo de complicaciones (hipoxia, acidosis, aspiración, hipotensión, hipertensión, aumento en la presión intracraneal, arritmias...). La técnica de la SRI considera los siguientes objetivos intermedios:

1. Mantener la oxigenación arterial y la ventilación alveolar, con la preoxigenación y el mínimo tiempo posible de apnea.
2. Anular las respuestas voluntarias y reflejas producidas al estimular la vía aérea durante la laringoscopia y la introducción del tubo mediante la administración de premedicación y fármacos inductores.
3. Evitar el vómito y la regurgitación de contenido gástrico, mediante la maniobra de Sellick y la evitación de la ventilación manual.

INDICACIONES SRI:

1. Glasgow \leq 8.
2. Ausencia reflejos protectores de la vía aérea.
3. Quemaduras y lesiones de la vía aérea.
4. Hematoma sofocante en cuello.
5. Obstrucción vía aérea.
6. Paciente agitado que requiere sedación.

7. Tórax inestable con fallo respiratorio e imposibilidad para intubar por persistencia de reflejo nauseoso.
8. Trauma raquímedular cervical.
9. Shock severo.
10. Imposibilidad de mantener $\text{SatO}_2 > 90\%$ en pacientes conscientes con TCE cerrado y trismus.
11. Estatus convulsivo refractario.

ETAPAS DE LA SECUENCIA RÁPIDA DE INTUBACIÓN:

PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN	5-10 min
PREOXIGENACIÓN	3-5 min
PREMEDICACIÓN	3 min
INDUCCIÓN y PARÁLISIS	0 min
PROTECCIÓN y POSICIONAMIENTO	20-30 seg
PROCEDIMIENTO INTUBACIÓN	1 min

1) **PLANIFICACIÓN y PREPARACIÓN PREVIA:**

En esta etapa se organiza el equipo de salud, se asignan las funciones específicas que desempeñará cada profesional, se preparan los equipos de monitorización y reanimación, y los medicamentos que se emplearán en el procedimiento. Involucra también la preparación para condiciones adversas. La preparación de una SRI incluye tener todo lo necesario en caso que se necesite un plan B de intubación. Se debe estar preparado para una situación de intubación y ventilación fallida, donde el acceso quirúrgico a la vía aérea o cualquier otra medida de urgencia pudiese ser necesaria, todo lo anterior debe ser presupuestado en esta etapa. Esto implica, el cuidado del paciente, evaluar su estado hemodinámico, definir el perfil de riesgo de vía aérea difícil, la monitorización del paciente y la elección de los fármacos que serán utilizados en el procedimiento.

El especialista que vaya a realizar el abordaje de la vía aérea deberá valorarla previamente, con el objetivo de detectar predictores de una posible vía aérea difícil. La Sociedad Americana de Anestesiología (ASA) definió vía aérea difícil como “la dificultad para la ventilación con mascarilla facial, dificultad para la intubación o ambas por personal experimentado”.

La nemotecnia “**SOFAME**” es una manera de recordar fácilmente y sistematizadamente los aspectos más relevantes de una preparación exitosa:

S. Succión: debe ser realizada por el operador que realiza la laringoscopia, por lo que el equipo de succión debe estar fácilmente accesible y disponible al lado derecho de éste.

O. Oxígeno: se refiere a la administración de oxígeno mediante mascarilla de alto flujo. Lo importante es contar con el recurso y asegurarnos que estará disponible en el momento de la intubación.

F. Fármacos: se deben preparar los fármacos que podrían ser empleados durante el procedimiento, incluidos los medicamentos para el pretratamiento, la inducción, parálisis, sedación y drogas vasoactivas en caso de requerirlas, etc...

A. Vía aérea: en esta etapa se recomienda evaluar la vía aérea, las necesidades de posicionamiento del paciente e intentar predecir el riesgo de una vía aérea difícil previo a la intubación.

M. Monitoreo: la monitorización básica durante el procedimiento incluye la medición de la frecuencia cardiaca, presión arterial, frecuencia respiratoria, SpO₂ mediante pulsioximetría, monitoreo de ritmo cardiaco mediante ECG e idealmente capnografía.

E. Equipo: se recomienda revisar y preparar el equipo necesario: laringoscopio, diferentes formas y tamaños de hojas, tubos traqueales de diferentes tamaños, dispositivos de preoxigenación, dispositivos de ventilación de emergencia (máscara facial, máscara laríngea), dispositivos de ayuda como el bougie o conductor en caso de requerirlo.

Aparte de tener en cuenta los anteriores aspectos, se realizará una **anamnesis** con la finalidad de conocer antecedentes de vía aérea difícil en cirugías previas, presencia de enfermedad que pueda afectar a la vía aérea (traumatismos craneofaciales, lesión de columna cervical, artritis reumatoide, síndrome de Down, acromegalia, esclerodermia, etc.); y una

exploración física, para detectar la presencia de predictores de ventilación o intubación difícil. La presencia de estos predictores deberá alertar al médico, que planificará el abordaje de la vía aérea con dispositivos de rescate, anteponiéndose a una situación de no ventilación y/o no intubación del paciente.

Existen test basados en la exploración física que ayudan a predecir una posible vía aérea difícil. La sensibilidad de estas pruebas es mayor cuando se realizan de forma conjunta. Aun así, nos ayudan para establecer un plan de actuación ante la probable vía aérea difícil, pero no establecen la dificultad de intubación.

- a) **Apertura bucal:** permite valorar la movilidad de la articulación temporomandibular. Una apertura normal debe permitir la introducción de tres traveses de dedo, esto permitirá una correcta realización de la laringoscopia.

APERTURA BUCAL

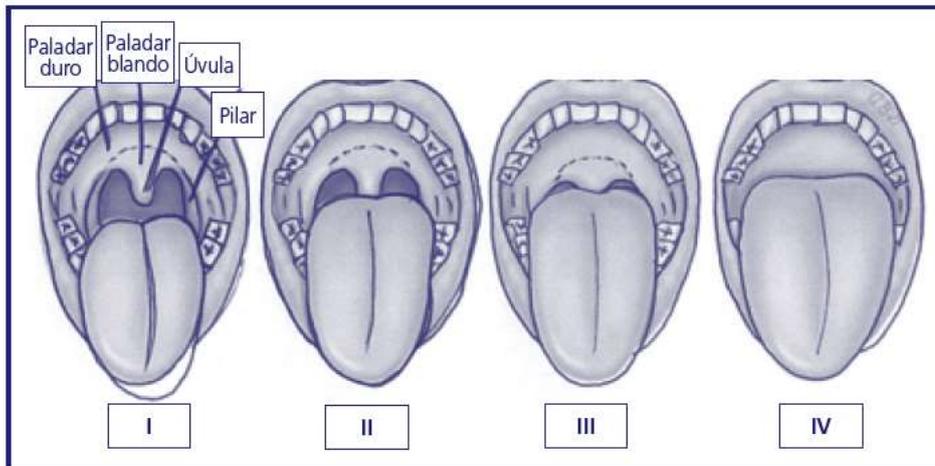
Con la boca abierta al máximo y ligera extensión cefálica se mide en la línea media la distancia interincisiva (o la distancia entre el borde de oclusión de las encías, en el paciente edentado).



Clase	Distancia
Clase I	Más de 3 cm
Clase II	2.6 a 3 cm
Clase III	De 2 a 2.5 cm
Clase IV	Menos de 2 cm

- b) **Test de Mallampati:** comprobar la viabilidad de las estructuras orofaríngeas con el paciente sentado, posición neutra, sacando la lengua y sin fonación. Distinguimos cuatro grados. Los grados I y II están

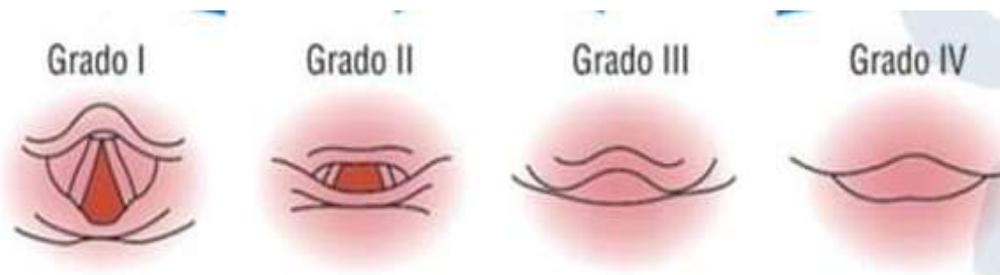
relacionados con facilidad en la laringoscopia, el grado III presdice dificultad y el grado IV indica extrema dificultad.



- Grado I: se visualiza faringe, úvula y paladar blando.
- Grado II: se visuliza úvula y paladar blando.
- Grado III: se visualiza base de la úvula y paladar blando. Predictor de posible intubación difícil.
- Grado IV: solo se visualiza paladar duro. Predictor de posible intubación difícil.

c) Test de comarck y Lehane:

Comarck y Lehane	
Grado 1	Glotis se observa por completo
Grado 2	Se visualiza la parte posterior de la glotis.
Grado 3	Sólo se visualiza la epiglotis.
Grado 4	Epiglotis no es visible.



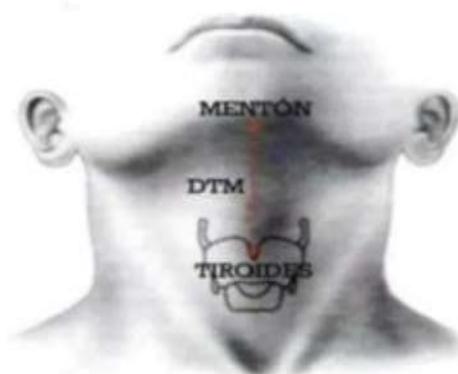
- d) **Test de la mordida de labio superior:** se examina la movilidad de la mandíbula por delante del maxilar superior, se solicita al paciente que se muerda el labio superior con los dientes de la arcada dentaria inferior. Se puede clasificar en tres grados:
- Grado I: el paciente es capaz de adelantar los incisivos inferiores respecto los superiores.
 - Grado II: los incisivos superiores e inferiores se encuentran al mismo nivel.
 - Grado III: los incisivos inferiores quedan por detrás de los superiores. Es indicativo de intubación difícil.
- e) **Distancia tiromentoniana o test de Patil:** se evalúa desde el borde superior del cartílago tiroides hasta el punto más saliente del mentón, con la cabeza extendida al máximo. Una distancia $< 6,5$ prevé ya una intubación con cierta dificultad porque se asocia a una laringe anterior y a un menor espacio en la cavidad oral para comprimir la lengua con la hoja del laringoscopio.

DISTANCIA TIROMENTONIANA

Escala de Patil Andreti

Grado I: $> 6.5\text{cm}$
 Grado II: $6.0 - 6.5\text{cm}$
 Grado III: $< 6.0\text{cm}$

•Grado I: Laringoscopia e intubación endotraqueal sin dificultad.
 •Grado II: Laringoscopia e intubación endotraqueal con cierta dificultad.
 •Grado III: Intubación endotraqueal muy difícil o imposible.



- f) **Distancia esternomentoniana:** distancia entre el mentón y la parte superior del esternón. La medición se realizará de la misma forma que el test de Patil. Una distancia menor de $12,5$ cm podría estar relacionado con una intubación difícil.

- g) **Perímetro cervical:** la medición del perímetro cervical se deberá realizar a la altura del cartílago tiroideos. Un perímetro cervical mayor de 42 cm es indicativo de intubación difícil.
- h) **Movilidad cervical:** el paciente deberá tocarse el tórax con la barbilla y extender posteriormente el cuello. Esta evaluación no deberá realizarse en aquellos pacientes con inestabilidad cervical.

Materiales necesarios para la intubación

Para la intubación se necesita¹³:

- Laringoscopio y juego de valvas (rectas o curvas) de diferentes tamaños.
- Tubos orotraqueales de diferentes diámetros. En mujeres adultas se recomienda un tubo orotraqueal del número 6,5 a 7,5 y de 7,5 a 8,5 en varones, teniendo en cuenta que estos valores se correlacionan en forma subjetiva con la estatura y la composición corporal del paciente.
- Guías semirrígidas.
- Cánulas orofaríngeas, nasofaríngeas y mascarillas faciales de diferentes tamaños.
- Dispositivo bolsa válvula máscara (BVM) conocido por su marca comercial como: «ambú».
- Fuente de oxígeno.
- Sistema y sondas de aspiración.
- Jeringa de 10 cm adaptada al tutor del neumotaponador del tubo.
- Fijador comercial del tubo o, en su defecto, microporo, fixumull o esparadrapo.
- Fármacos para facilitar la intubación.
- Carro de paro y carro de vía aérea difícil.
- Fonendoscopio.
- Analizador de gases respiratorios.

2) PREOXIGENACIÓN.

Este concepto hace referencia a la ventilación del paciente con FiO_2 de 100% antes de la inducción anestésica o la aportación de oxígeno a una FiO_2 superior al 21%. Existen varias modalidades para preoxigenar al paciente, aunque ninguna de ellas ha demostrado superioridad en diversos estudios. De manera que esta operación se puede realizar: solicitando al paciente que realice 3 inspiraciones máximas, respiraciones durante 3-5 minutos con FiO_2 de 100% con una mascarilla facial correctamente sellada u 8 respiraciones de capacidad vital en medio minuto. El objetivo de este procedimiento es retirar el nitrógeno (desnitrogenación pulmonar) de la capacidad funcional residual y sustituirlo por oxígeno. Esta reserva de oxígeno nos dará un mayor tiempo de apnea, hasta de cinco minutos en pacientes normoxémicos, para la intubación orotraqueal sin desaturarse el paciente. Las situaciones clínicas o fisiológicas que disminuyen la capacidad funcional residual, como ocurre en personas obesas y en mujeres embarazadas, tienden a disminuir la efectividad de la preoxigenación como medida de seguridad contra la hipoxemia durante la apnea.

La preoxigenación se debe realizar de rutina, ya que es una herramienta de seguridad. Aun así, está especialmente indicada en:

- Vía aérea difícil conocida o anticipada: antecedentes de ventilación y/o intubación difícil.
- Situaciones en las que la ventilación con presión positiva previa intubación pueda ser peligrosa (todas aquellas situaciones definidas como estómago lleno).
- Pacientes con disminución de la capacidad residual funcional (CRF), ya que la desaturación es más rápida: niños, ancianos, embarazados y obesos.
- Situaciones con consumo de O_2 aumentado: primera infancia, embarazo a término o hipertermia.
- Situaciones donde el mantenimiento de la $SatO_2$ es vital: sufrimiento fetal, cardiopatía isquémica, hipertensión intracraneal o anemia.

3) PREMEDICACIÓN.

Se han reportado efectos hemodinámicos potencialmente nocivos durante la laringoscopia directa, la inserción del tubo orotraqueal o la administración de los medicamentos necesarios para realizar estos procedimientos. Dentro de estos efectos se presentan principalmente bradicardia, taquicardia, hipertensión arterial, aumento de la presión intracraneal (PIC) con eventual disminución de la presión de perfusión cerebral, hipercalemia y broncoespasmo. La premedicación intenta atenuar o evitar los efectos hemodinámicos, respiratorios o metabólicos causen riesgo a la vida o empeoren las condiciones de salud de los individuos que van a ser llevados a una SRI.

Objetivo: reducir la respuesta refleja producida por la intubación:

- Simpática: aumento TA y FC.
- Aumento del metabolismo general y cerebral (↑ PIC y ocular).
- Parasimpática: en niños bradicardia y aumento secreciones. En adultos laringoespasmo y broncoespasmo

Para optimizar la eficacia de la premedicación, los medicamentos utilizados deben administrarse entre dos y tres minutos previos a la inducción; por ello, y en los casos indicados en los servicios de urgencias, se recomienda llevar a cabo esta fase de forma simultánea con la oxigenación.

a) Atropina: se recomienda su empleo para prevenir la bradicardia en la SRI en pacientes pediátricos. La evidencia existente es escasa, y no se sabe realmente si la bradicardia es debido a la manipulación de la vía aérea o la succinilcolina.

- Dosis: 0,02 mg/kg (máx 0,5 mg).
- Efecto anticolinérgico: disminuye las secreciones.
- Profilaxis de la bradicardia por laringoscopia o succinilcolina.
- Contraindicaciones: alergia y glaucoma.

b) Lidocaína: se indica en pacientes con hipertensión intracraneana o aumento de la reactividad bronquial, debido a que disminuye la respuesta a la manipulación de la vía aérea, el broncoespasmo y tos y laringoespasmo durante la manipulación instrumental de la vía aérea.

Si bien la evidencia que apoya esta recomendación es débil, su uso podría mitigar la elevación de la PIC en respuesta a la manipulación de la vía aérea. Además puede tener efecto atenuante de la respuesta hemodinámica a la intubación, efecto que se ha de tener en cuenta en pacientes con disección aórtica, isquemia miocárdica, ...

- Antiarrítmico clase Ib.
- Dosis: 1-2 mg/kg (1,5-2 ml) iv lenta (> 2min).
- Efecto: disminuye la resistencia de las vías respiratorias y la PIC.
- Ppales indicaciones: HIC, asma grave, hemorragia cerebral por rotura de aneurisma, disección aorta e isquemia miocárdica.
- Precauciones: epilepsia, bradicardia sinusal, insuficiencia cardiaca, hepática y renal.
- Contraindicaciones: alergia y BAV °II-III.

c) **Opioides (Fentanilo):** opioide de vida media corta (duración efecto 30-60 min) y de rápido inicio de acción (2-3 minutos) que disminuye de manera significativa la respuesta simpática (taquicardia e hipertensión arterial) durante la manipulación de la vía aérea. Puede causar rigidez de la pared torácica (tórax leñoso), que se produce después de la administración de grandes bolos y se trata de forma eficaz con relajantes musculares. No altera de forma importante la función cardiovascular, aunque pueden producir bradicardia y un leve descenso de la presión arterial. Adicionalmente, a nivel cerebral reduce el consumo de oxígeno, el flujo sanguíneo cerebral y la presión intracraneal. Además bloquea la liberación de las hormonas del estrés (catecolaminas, hormona antidiurética y cortisol), situación que puede beneficiar a los pacientes con enfermedades críticas. También atenúa la respuesta simpática inducida por el procedimiento de la laringoscopia. Pueden inducir depresión respiratoria, por lo que la preoxigenación es indispensable, teniendo en cuenta que el remifentanilo induce apnea con más frecuencia que el fentanilo. Pueden disminuir los requerimientos de los medicamentos inductores para lograr unas buenas condiciones para intubación traqueal.

Reflejos a causa de la laringoscopia y el TET:

- Tos, arcadas.
- Simpáticos: aumento FC, TA y PIC.
- Parasimpáticos: broncoespasmo.
- Aumento metabolismo.

FENTANILO:

- Disminuye respuesta simpática y fuerte analgésico.
- Depresión respiratoria e hipotensión (ojo en pacientes inestables).

ATROPINA:

- En niños disminuye la respuesta vagal.
- En adultos si existe bradicardia.

LIDOCAÍNA:

- Disminuye el aumento resistencia en vía aérea.
- Disminuye la PIC

4) INDUCCIÓN y PARÁLISIS.

Esta fase consiste en la administración secuencial rápida de una droga sedante en dosis de inducción que produce inconciencia y luego un relajante neuromuscular. Los objetivos son facilitar y optimizar las condiciones para la intubación traqueal y, además, disminuir el estrés que dicho procedimiento genera en el paciente que lo requiera.

La elección específica del tipo de inductor va a estar determinada por el escenario clínico (disponibilidad, diagnóstico del paciente, perfil hemodinámico, estado neurológico, comorbilidades y alergias).

Los agentes sedantes más comunes son:

- Barbitúricos: tiopental, pentobarbital.
- Opioides: fentanilo.
- Agentes disociativos: ketamina.
- Benzodiazepinas: midazolam.
- No barbitúricos: propofol, etomidato.

Agente	Dosis (mg/kg)	Inicio (seg)	Vida $\frac{1}{2}$ (min)	Duración (min)
Etomidato	0.3	15-45	2-4	3-12
Ketamina	0,5-2	45-60	11-17	10-20
Propofol	1-2	15-45	1-3	5-10
Midazolam	0,1-0,4	60-90	7-15	15-30

Entre los relajantes musculares existen dos categorías según su mecanismo de acción:

- **Agentes despolarizantes: succinilcolina.**
- **Agentes no despolarizantes: rocuronio, atracurio y cisatracurio.**

Los fármacos despolarizantes imitan la acción de la acetilcolina en el receptor nicotínico de la placa motora produciendo despolarización sostenida que impide la contracción muscular. Los agentes no despolarizantes actúan mediante inhibición competitiva de la acción de la ACh sobre su receptor nicotínico en la unión neuromuscular.

INDUCTORES

➤ **ETOMIDATO:**

- Dosis: 0,3 mg/kg.
- Tiempo inicio de efecto: 15-45 seg.
- V $\frac{1}{2}$: 2-4 min.
- Duración 3-12 min.

Es un derivado del imidazol, con efecto en el sistema nervioso central, refuerza el complejo GABA-receptor, inhibiendo así los estímulos excitatorios. Produce rápido despertar por efecto de la redistribución.

Su principal beneficio es la estabilidad hemodinámica debido a los mínimos cambios en el gasto cardiaco y resistencias vasculares. Reduce el flujo sanguíneo cerebral, disminuyendo la PIC, como consecuencia de 2 mecanismos: disminución del metabolismo cerebral en un 25-30%

y vasoconstricción cerebral directa. Produce menos depresión respiratoria que otros inductores.

Estas cualidades lo convierten en la droga de elección en pacientes con TEC asociado a hemorragia o shock. Su efecto en la supresión del cortisol por inhibición de la 11- β -hidroxilasa, enzima necesaria para la síntesis adrenal, puede impactar el pronóstico del paciente crítico en términos de mayor estancia hospitalaria y mayor tiempo en UCI, con el posible aumento del riesgo en el desarrollo de un síndrome de dificultad respiratoria aguda y un síndrome de disfunción multiorgánica. Cabe mencionar que la ketamina es el único fármaco comparable en estabilidad hemodinámica al etomidato.

- Indicaciones: hemodinámicamente inestables con aumento de la PIC. No tiene efecto hipotensor.
- Efectos adversos: mioclonias, trismus, náuseas y vómitos.
- Contraindicaciones: insuficiencia suprarrenal.

➤ **KETAMINA:**

- Dosis: 0,5-2 mg/kg. (0,5 mg/kg cuando se asocia a otros medicamentos como etomidato, tiopental o benzodiazepinas hasta 2 mg/kg cuando se usa como único inductor).
- Inicio efecto: 45-60 seg.
- V $\frac{1}{2}$: 11-17 min.
- Duración efecto: 10-20 min.

Derivado de la fenciclidina, produce anestesia disociativa por acción antagónica en el receptor NMDA, posee efectos analgésicos, favorece la estabilidad hemodinámica y tiene pocos efectos respiratorios. Único inductor que tiene efectos analgésicos. Por su acción central, causa estimulación simpaticomimética (hipertensión y taquicardia). Se ha asociado con aumento de la presión intracraneana, pero no hay una clara evidencia de este efecto y está en discusión si tal asociación es solo un mito que está quitando la posibilidad de uso a un medicamento útil con posible efecto neuroprotector, al mejorar la presión de perfusión cerebral. Es posiblemente de elección en pacientes con asma severa que requieran SRI por su efecto betaestimulante indirecto.

- Indicaciones: shock hipovolémico, broncoespasmo.
- Contraindicaciones: aumento de la PIC. Patología coronaria o vascular grave. Psiquiátrico.

➤ **PROPOFOL:**

- Dosis: 1-2mg/kg.
- Inicio efecto: 15-45 seg.
- V ½: 1-3 min.
- Duración efecto: 5-10 min.

Alcohol con propiedades hipnóticas, es extremadamente liposoluble y refuerza la unión GABA-receptor. Es un sedante-hipnótico de acción ultracorta, no tiene efecto analgésico y el efecto amnésico es variable de paciente a paciente. Su principal ventaja radica en el rápido inicio de acción y su corta duración, además tiene propiedades antieméticas, antipruríticas, anticonvulsivantes, neuroprotectoras (disminuye el metabolismo cerebral en un 50%, al igual que la presión intracerebral y el flujo sanguíneo cerebral). Es el inductor que más disminuye la PA, inotrópico negativo, produce bradicardia (en ocasiones asistolia), depresión respiratoria (apnea en el 25-35%), no afecta la función renal ni hepática, disminuye la presión intraocular y no afecta la coagulación.

Ante la presencia de pacientes hemodinámicamente inestables no se considera medicamento de primera elección. En caso de ser empleado en este grupo, su dosis debe disminuirse a la mitad.

- Indicaciones: TCE hemodinámicamente estable. Adaptación a la ventilación mecánica.
- Contraindicaciones: inestabilidad hemodinámica. Hipovolemia. Alergia al huevo.

➤ **MIDAZOLAM:**

- Dosis: 0,1-0,4 mg/kg.
- Inicio: 60-90 seg.
- V ½: 7- 15 min.
- Duración: 15-30 min.

La dosis es variada y se debe disminuir en casos de fallo renal avanzada, fallo hepático o fallo cardiaco severo. Tiene ventajas por su efecto hipnótico, amnésico y anticonvulsivante, que pueden ser aprovechadas en circunstancias clínicas durante la atención de urgencias tanto para inducción como para sedación, al igual que se ha considerado útil en pacientes con enfermedad coronaria, por su efecto ansiolítico. Los efectos adversos que deben tenerse en cuenta para su uso incluyen la agitación paradójica, especialmente en los pacientes geriátricos; el hipo y la tos en pacientes no relajados; la depresión respiratoria, y la asociación con hipotensión, especialmente en pacientes hipovolémicos. Es importante recordar que el midazolam puede inducir apnea sin pérdida de conciencia, lo cual dificulta el proceso de preoxigenación durante la SRI.

- Indicación: excelente hipnótico.
- Contraindicaciones: hipovolemia.

➤ **BARBITÚRICOS (TIOPENTAL):**

- Dosis: 3 mg/kg.
- Inicio acción: 30 seg.
- Duración: 5-10 min.

Derivado del ácido barbitúrico, actúa en el sistema nervioso central activando el receptor GABA.

Su efecto sistémico más relevante es en el cerebro: disminuye el metabolismo cerebral hasta en un 50, el flujo sanguíneo cerebral y la presión intracraneana. Otros mecanismos de neuroprotección son la reducción del influjo de calcio, el bloqueo de los canales de sodio, la inhibición de radicales libres y la inhibición del paso de glucosa a través de la barrera hematoencefálica. Efectos adversos: disminuye la presión arterial, causa depresión respiratoria, liberación de histamina y precipita crisis de porfiria.

RELAJANTES MUSCULARES

La finalidad del empleo de los relajantes musculares es la de lograr unas condiciones óptimas para la IOT disminuyendo el riesgo de intentos fallidos durante el procedimiento y mejor adaptación a la ventilación mecánica. Actualmente se emplean dos grupos de relajantes musculares que se denominan despolarizantes y no despolarizantes. El primer grupo se caracteriza por la acción directa del medicamento en el receptor nicotínico postsináptico de acetilcolina en la unión neuromuscular, que causa en este su activación prolongada. El segundo grupo corresponde a aquellas sustancias que se unen al mismo receptor, pero que causan la respuesta relajante del músculo por un mecanismo de bloqueo competitivo con al acetilcolina.

Como ya se ha dicho, hay disponibles dos familias de agentes paralizantes, despolarizantes y no despolarizantes. Un agente despolarizante como la succinilcolina es el agente preferido debido a su rapidez de acción y metabolización. A una dosis de 1-1.5 mg/kg (2 mg/kg en niños), se alcanzan condiciones de parálisis que permiten la intubación en un plazo de 90 segundos tras la administración, desapareciendo su efecto en el plazo de 5 minutos. Las contraindicaciones para el empleo de agentes despolarizantes son:

- Historia de hipertemia maligna.
- Quemaduras de más de 24h de evolución.
- Lesión por aplastamiento de al menos 48h de evolución.
- Ictus o lesión medular de > 7 días y < 6 meses de evolución.
- Sepsis los últimos 7 días.
- Miopatías y enfermedades neuromusculares.

Los agentes no despolarizantes tienen un inicio de acción más tardío y la parálisis es más prolongada. El agente con un inicio de acción más rápido es el rocuronio (0.5 mg/kg en adultos; 0.75 mg/kg en niños). El vecuronio 0.1 mg/kg puede emplearse para mantener la parálisis una vez que el paciente ya haya sido intubado.

➤ **DESPOLARIZANTES – SUCCINILCOLINA (SUXAMETONIO):**

- Dosis: 1,5 mg/kg.
- Inicio acción: 45 seg.
- Duración efecto: 6-10 min.

Su estructura química es similar a la ACh lo que le permite unirse al receptor de ACh en la placa motora, despolarizándola de manera continua. La parálisis muscular se mantiene hasta que la succinilcolina se separe del receptor de la ACh y vuelva a la circulación donde es hidrolizada rápidamente por la acetilcolinesterasa plasmática. No será posible una nueva contracción muscular hasta que la unión neuromuscular vuelva a su estado de reposo posdespolarización. Tiene rápido inicio de acción y corta duración, lo que lo convierte en el agente paralizante ideal; sin embargo, se han reportado múltiples efectos adversos descritos en la literatura:

- **Hiperkalemia:** aumenta la kalemia entre 0 y 0,5 mEq/l en sujetos sanos, sin embargo en ciertos pacientes puede aumentar entre 5-10 mEq/l, ocasionando arritmias o paro cardíaco por hiperkalemia. Este efecto adverso es mediado por dos mecanismos: a) sobrerregulación del receptor nicotínico y b) rhabdmiolisis. El aumento en el número de receptores colinérgicos ha sido descrito en diversas circunstancias clínicas: quemaduras, sepsis, denervación (infarto cerebral, sdr de Guillain Barré, lesiones medulares o miastenia gravis) y trauma severo, lo cual debe ser considerado al indicar este fármaco. Se debe evitar la succinilcolina en pacientes con miopatías como la distrofia muscular y en pacientes con hiperkalemia previa, donde si bien no existe evidencia clara, su uso es controvertido. El fallo renal sin hiperkalemia o al hiperkalemia sin cambios electrocardiográficos no constituirían contraindicaciones absolutas para el empleo de succinilcolina.
- **Aumento de la presión intracraneal o intraocular:** se ha descrito que este agente podría ocasionar aumento transitorio de la PIC y de la presión intraocular. Sin embargo, no existen evidencias de que este fármaco ocasione deterioro neurológico debido a aumento transitorio de la PIC.

- **Fasciculaciones:** ocurren al mismo tiempo que el aumento de la PIC y PIO, y se atribuyen a la estimulación del receptor nicotínico, las que sin embargo, no serían el resultado de esta actividad muscular.
- **Hipertermia maligna:** el antecedente familiar o personal de hipertermia maligna es una contraindicación absoluta para el uso de succinilcolina. La mortalidad asociada a esta condición bordea el 10% con el tratamiento apropiado.

➤ **NO DESPOLARIZANTES:**

- **ROCURONIO:**

- Dosis: 0,6 – 1,2 mg/kg.
- Inicio acción: 60-75 seg.
- Duración efecto: 40-60 min (dosis 0,6 mg/kg → 3-40 min; dosis 1 mg/kg → 60 min).

La principal ventaja de esta droga es la mayor seguridad y exceptuando la alergia, no tiene contraindicaciones (salvo insuficiencia hepática debido a su metabolismo hepático) a diferencia de al succinilcolina y además dispone de un antídoto Bridion® (sugammadex; dosis 4 mg/kg para reversión de rutina y 16mg/kg para reversión inmediata. No recomendado en niños < 2 años) (agente selectivo de unión a los relajantes musculares, lo que significa que se une a los relajantes musculares rocuronio y vecuronio para formar un complejo que inactiva y bloquea el efecto de los relajantes. Como resultado se revierte el efecto de bloqueo muscular y se recupera el funcionamiento normal de los músculos, entre ellos los que ayudan al paciente a respirar).

Situaciones especiales:

- Potencia ligeramente mayor en mujeres.
- Los niños necesitan más dosis (0.9-1,2 mg/kg) y la duración es menor.
- Neonatos y bebés hay que reducir la dosis a 0,45 mg/kg.

- **ATRACURIO:**

- Dosis: 0,5 mg/kg.
- Inicio acción: 2-3 min.
- Duración efecto: 15 – 30 min.

No tiene efectos cardiovasculares importantes, aunque puede liberar histamina en inyección rápida o con dosis altas.

Indicado en pacientes con insuficiencia hepática o renal.

- **CISATRACURIO:**

- Dosis: 0,15 - 0,2 mg/kg.
- Inicio acción: 3-4 min.
- Duración efecto: 40-50 min.

Se metaboliza mediante la reacción de Hofmann, esterasa inespecífica que se encuentra en el plasma y que no depende de la función renal ni hepática.

FÁRMACO	DOSIS	ACCIÓN	INDICACIONES	EF.2arios
Morfina	0,05-0,2 mg/kg			
Fentanilo	1-2 mcg/kg		Inestabilidad	Trismus Aumento PIC Menos depresión respiratoria.
Midazolam	0,1-0,4 mg/kg	Sedación Amnesia Anticonvulsivante HipoTA moderada	Convulsión Inestabilidad	Vasodilatación Depresión respiratoria
Propofol	1-2 mg/kg (1%)	Depresión CV y ↓ contractilidad miocárdica. ↓ PIC	Estabilidad HD TCE (↓PIC)	HipoTa Dolor local ↓ PIC
Etomidato	0,3 mg/kg	Disminuye síntesis cortisol. ↓ flujo cerebral y consumo oxígeno.	Inestabilidad TCE (↓PIC)	↓ PIC Insuf.SRR
Ketamina	0,5 - 2 mg/kg	Anestésico disociativo: pérdida conciencia, inmovilidad, amnesia y analgesia. Hipnosis disociativa, aumento PIC y ef.psiquiátricos que pueden reducirse con midazolam o propofol. + SN simpático: ↑ TA, ↑ FC y broncodilatación.	Broncoespasmo Inestabilidad HD. Analgesia No en TCE	↑ PIC. ↑ TA. ↑ FC BRONCODILAT.
Succ. Colina	1-1,5 mg/kg	Aumento presión intragástrica.	Contraindicaciones: Hipertermia maligna Enfermedad neuromuscular Ictus > 72h Rabdomiolisis Grandes quemados Hiperk+ severa	↑PIC. Fasciculac. ↑ TA ↑ K+
Rocuronio	0,6-1,2 mg/kg			
Bridion (Antídoto rocuronio)	4 mg/kg 16 mg/kg			
Cisatracurio	0,15 - 0,2 mg/kg			

	Dosis	PIC	Cardiovascular	Bronquial
Midazolam	0,1-0,2 mg/kg	↓	=	No efecto
Tiopental	3-5 mg/kg	↓	Disminuye	Broncoespasmo
Fentanilo	6-10 mcg/kg	↓	=	No efecto
Ketamina	1-2 mg/kg	Aumenta	Aumenta	Broncodilatación
Etomidato	0,2-0,4 mg/kg	↓	=	No efecto
Propofol	1-2,5 mg/kg	↓	Disminuye	No efecto

5) PROTECCIÓN y POSICIONAMIENTO.

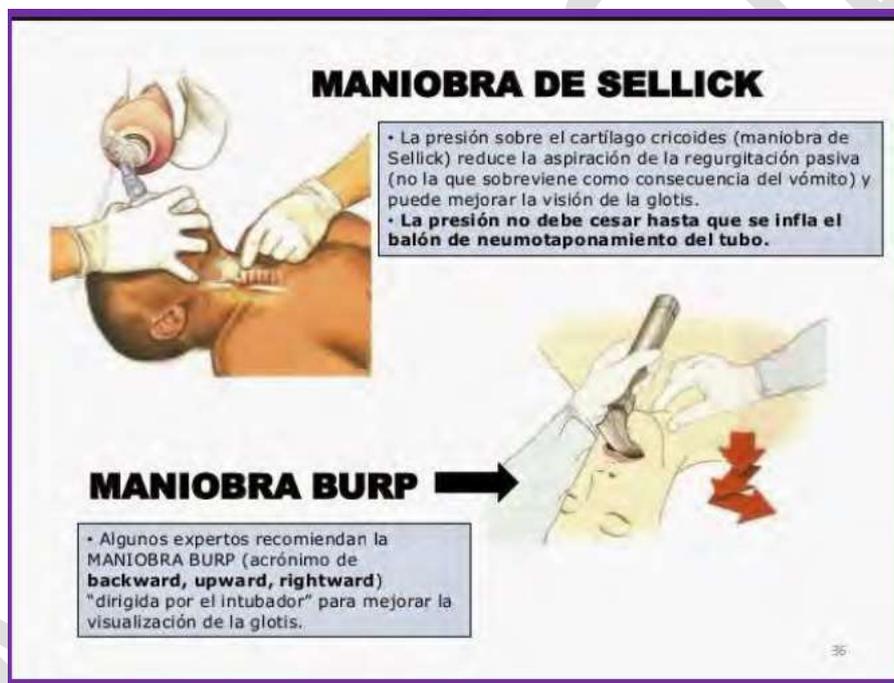
La correcta posición del paciente es fundamental para el éxito de la intubación, y es uno de los principales determinantes de la visibilidad de la glotis durante la laringoscopia. Se considera idónea la posición de olfateo: con la cabeza hiperextendida con respecto al cuello (excepto en casos de sospecha de traumatismo cervical) y el cuello flexionado con respecto al tronco, lo que se consigue habitualmente elevando ligeramente la cabecera de la cama o colocando bajo el occipucio una pequeña almohada.

Los enfermos con disnea toleran mal el decúbito, por lo que en muchos casos es necesario colocarlos en posición de sedestación durante la administración de los fármacos de la inducción y mantener dicha posición hasta que se inicia la hipnosis, inmediatamente antes de proceder a la laringoscopia.

La presión cricoidea (maniobra de Sellick) consiste en la aplicación de una presión firme sobre el cartílago cricoideo con los dedos pulgar e índice en sentido dorsal hacia la columna cervical, a fin de ocluir la luz esofágica y evitar la regurgitación de contenido gástrico. Al mismo tiempo, la presión cricoidea desplaza la glotis hacia abajo, lo que puede facilitar su visión laringoscópica. Si es necesaria la aplicación de ventilación manual, la presión cricoidea disminuye la entrada de aire en la vía digestiva. La presión cricoidea debe mantenerse desde el momento de producirse la hipnosis hasta completarse la intubación y comprobarse la correcta colocación del tubo en la tráquea.

Otros autores recomiendan la maniobra de BURP, que consiste en desplazar la vía aérea hacia atrás, hacia arriba y hacia la derecha, mediante una maniobra externa de movilización del cartílago tiroides.

	Sellick (presión cricoidea)	BURP (Back-Up-Right-Position)
Parte anatómica involucrada	Comprime cartilago cricoides	Posiciona cartilago tiroides o cricoides
Desplazamiento realizado	Posterior	Posterior, arriba y a la derecha
Objetivo	Impedir regurgitación	Mejorar visualización de glotis
Contraindicaciones	Vómito activo. Lesión de columna cervical	Trauma de cartilago tiroides



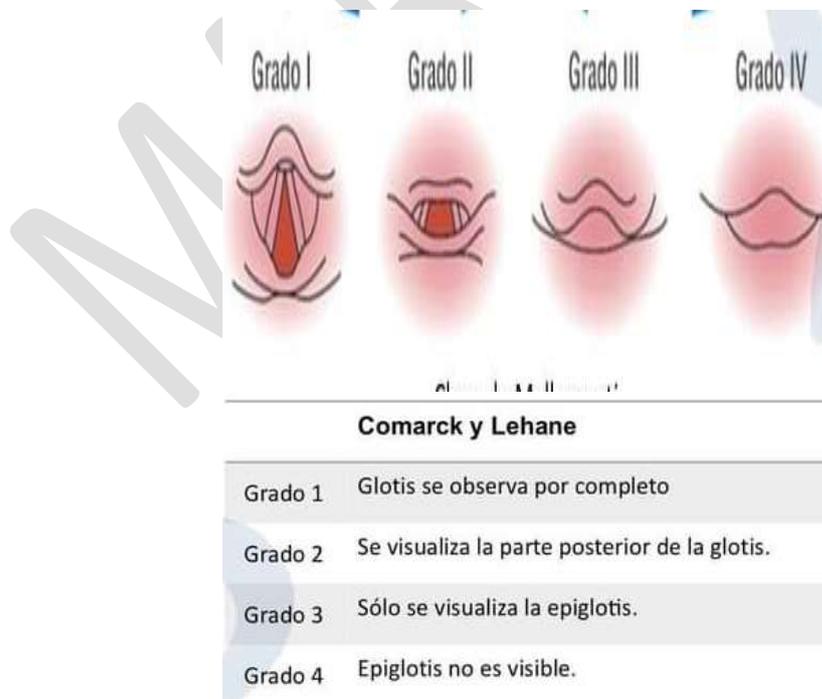
Contraindicaciones de las maniobras de Sellick y BURP:

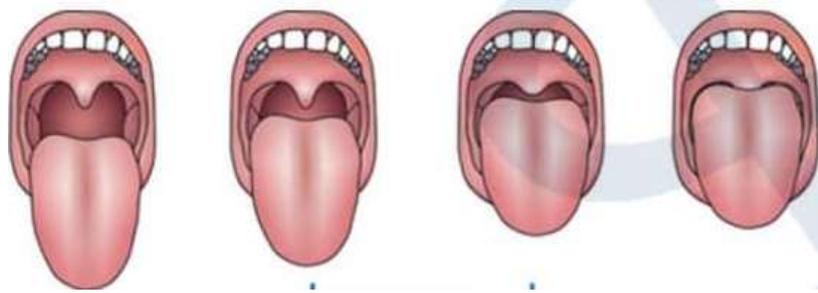
- Trauma de la vía aérea superior: unión cricotraqueal.
- Enfermedad de la columna cervical.
- Trauma.
- Artritis severa.
- Cuerpo extraño en la tráquea o en el esófago.
- Absceso retrofaríngeo.
- Divertículo esofágico superior.

6) PROCEDIMIENTO DE INTUBACIÓN.

La visualización incompleta de la glotis durante la laringoscopia se da en cerca del 10% de los casos en manos experimentadas, y en la mayoría de las ocasiones no impide finalmente la intubación, aunque puede retrasarla. En manos poco experimentadas, sin embargo, su incidencia es mucho más frecuente y obedece por lo general a una incorrecta técnica de intubación, bien por la colocación inadecuada del paciente o bien por una laringoscopia incorrecta. Se ha demostrado que no usar bloqueantes neuromusculares para la intubación se asocia a un mayor número de fracasos en la intubación.

La dificultad para la visualización de la glotis durante la laringoscopia se evalúa mediante los grados de Mallampati o Cormack y Lehane. En los grados I y II, la intubación no suele dar problemas; en los grados III y IV, la intubación puede presentar gran dificultad o resultar imposible; en este caso es imprescindible disponer de un fiador interno a través del tubo para poder dirigirlo al lugar deseado, y es útil la movilización de la glotis mediante la maniobra BURP.





Mallampati	
Clase 1	Se visualizan la úvula, los pilares, el paladar blando y la pared posterior de la faringe.
Clase 2	Se ven paladar blando, la úvula y la pared posterior de la faringe.
Clase 3	Son visibles el paladar blando y la base de la lengua.
Clase 4	Paladar blando no visible,

También podemos usar el acrónimo LEMON para la valoración rápida de pacientes en los que es urgente e imperativo establecer una VA definitiva; así los pacientes con un valor superior a 3 tienen alta incidencia de intubación difícil:

Look: examinar	Buscar lesión o trauma
Evaluar: regla 3:3:3	Distancia interincisivos (<3 traveses de dedo). Distancia mentohiodea (<3 traveses de dedo) Distancia cartílago tiroides-suelo boca (<3 traveses de dedo).
Mouth: apertura boca	Mallampati ≥ 3
Obstrucción	Presencia de epiglotitis o abscesos amigdalinos.
Neck: movilidad cuello	Presencia de collarín, imposibilidad extensión cuello.

7) POSTINTUBACIÓN.

El principal signo de una adecuada posición del tubo es haber visto pasar su punta a través de las cuerdas; luego, se verifica a través de la auscultación de abdomen y tórax y el uso de **capnografía**. Son signos de intubación esofágica: la auscultación de gorgoteo a nivel epigástrico, la emisión de sonidos articulados, la ausencia de ruidos ventilatorios en ambos hemitórax y la presencia progresiva de distensión abdominal. Ante la presencia del tubo en esófago, se debe retirar y desechar.

Tras la intubación se pueden administrar al paciente medicamentos sedantes y analgésicos, tal como la combinación de una benzodiacepina y de un opioide en forma de infusión continua, procedimiento que se realiza bajo constante vigilancia médica. El objetivo y grado de la sedación-analgésia está basado en el criterio médico, el cual se fundamenta en mantener a los pacientes sin dolor, orientados, tranquilos, cooperadores o dormidos que respondan órdenes, mas no conservarlos ansiosos, agitados, inquietos dormidos sin respuesta a estímulos.

Bibliografía:

- Manual Urgencias Toledo 2021. Capítulo 9.
- Secuencia Rápida Intubación. 2017. Milagros Lucas. Urgencias HIC.
- Inducción de Secuencia Rápida para intubación orotraqueal en Urgencias. Artículo Repertorio de Medicina y cirugía. Elsevier.es.
- Intubación del enfermo crítico. Med.Intensiva 2008:32 Supl1:3-11.
- Guía para la secuencia de inducción e intubación rápida en el servicio de emergencias. Univ.Méd.ISSN 0041-9095. Bogotá. (Colombia) 2013.

MANEJO EN URGENCIAS DE LA VÍA AÉREA DIFÍCIL

El manejo óptimo de la vía aérea y ventilación de pacientes críticos sigue siendo un pilar básico en la supervivencia, evolución y pronóstico; la intubación orotraqueal (IOT) es el gold standard en estas situaciones. Conocer la posición, las maniobras y el material “facilitador” de la IOT, así como realizar una oxigenación-ventilación previa y una sedorrelajación adecuadas, aumentará de forma significativa las posibilidades de éxito.

Hay ocasiones en las que, aun siendo ortodoxos en la realización de la técnica, no conseguimos el fin deseado (no intubación, no ventilación), definiéndose tal situación como vía aérea difícil (VAD).

La ventilación, y por tanto la permeabilización y el aislamiento de la vía aérea en el paciente portador de una emergencia vital, es uno de los retos a los que cotidianamente se deben enfrentar los médicos y enfermero/as dedicados a las urgencias y emergencias tanto prehospitalarias como hospitalarias. En apoyo a la ventilación se ha venido realizando mediante dos procedimientos principalmente, uno no invasivo como es la ventilación con presión positiva mediante mascarilla facial y balón de resucitación autohinchable, y otro invasivo como es la intubación naso y orotraqueal mediante laringoscopia directa. Igualmente, existen situaciones en las que estas técnicas no son fácilmente aplicables, debido al contexto donde las debemos realizar, así como a las alteraciones anatómicas y patológicas que presenta el paciente, encontrándonos con relativa frecuencia ante pacientes en los que la IOT es complicada o imposible, debiendo ser mantenidos ventilatoriamente mediante ventilación con balón resucitador. La situación se complica aún más cuando, ante la imposibilidad de aislar la VA mediante IOT, somos incapaces de mantener una saturación de oxígeno (SatO₂) > 90% mediante la ventilación con balón resucitador + bolsa reservorio conectada a oxígeno al 100% (15 litros de flujo). Esta situación de no intubación y no ventilación con balón resucitador es lo que define una VA difícil (VAD).

La definición de la VAD, varía en la literatura y no hay una definición universal. La Sociedad Americana de Anestesiología (ASA) la define *“como aquella vía aérea en la que un anestesista entrenado experimenta*

dificultad para la ventilación con mascarilla facial, dificultad para la IOT o ambas". La referencia de profesional convenientemente entrenado también es muy subjetiva, ya que con frecuencia ese profesional sólo descubre una VAD tras fallar en la IOT. La intubación difícil se define como la **necesidad de tres o más intentos para la intubación de la tráquea o más de 10 minutos para conseguirla**, situación que ocurre en 1,5 a 8% de los procedimientos con anestesia general.

Se han elaborado una serie de recomendaciones en base a las cuales podemos predecir y sospechar una VAD, siempre que dispongamos de tiempo para realizarlas. En la medicina de urgencias y emergencias habitualmente no disponemos de este tiempo, siendo durante el procedimiento de IOT y/o ventilación con balón resucitador cuando detectamos dicha dificultad, debiendo estar preparados mediante un conocimiento y formación previa adecuados en el manejo de técnicas y materiales alternativos a la IOT.

Definiciones:

La ventilación con balón resucitador y la IOT son los pilares fundamentales en el manejo de la VA de pacientes con fallo para mantener una adecuada permeabilidad de la misma y una óptima ventilación. Dependiendo de la dificultad que encontremos en la aplicación de estas técnicas podemos hablar de:

- Ventilación con mascarilla facial difícil: incapacidad de mantener una $\text{SatO}_2 > 90\%$ aplicando oxígeno al 100% un reanimador solo.
- Laringoscopia difícil: cuando no es posible visualizar ninguna porción de las cuerdas vocales mediante laringoscopia directa. Gracias a la aplicación de diferentes manobras se puede mejorar esta visualización o bien intentar IOT a ciegas.
- Intubación traqueal difícil: necesidad de más de tres intentos para realizar intubación traqueal ante una laringoscopia no difícil.
- VAD: es aquella situación clínica en la que nos encontramos ante una ventilación con mascarilla facial difícil más una intubación traqueal difícil, es decir, en la que personal experimentado en manejo de la VA tiene dificultad para mantener una SatO_2 del 90% ventilando

con ambú conectado a oxígeno al 100% y dificultad para la IOT tras tres intentos consecutivos.

PREDICCIÓN Y MANEJO VÍA ÁEREA DIFÍCIL.

Los factores que indican posibles dificultades en el manejo de la vía aérea son:

- a) Lesión columna cervical.
- b) Artritis severa columna cervical.
- c) Lesión maxilofacial significativa o trauma mandibular.
- d) Apertura bucal limitada.
- e) Obesidad.
- f) Variaciones anatómica (barbilla en retroceso, sobremordida, cuello corto, muscular...).
- g) Pacientes pediátricos.

Ventilación difícil con mascarilla facial:

Debemos asegurarnos de que se está realizando una adecuada apertura de la VA, la cual se facilitará con el empleo de cánulas orofaríngeas. Del mismo modo, la petición de ayuda y la ventilación con 2 reanimadores (uno fijaría con ambas manos la mascarilla a la cara del paciente, mientras que el otro comprime el balón autohinchable) mejoran los resultados de la ventilación, obteniéndose un mejor sellado de la mascarilla a la cara del paciente, con lo que evitamos fugas. Maniobra de compresión de cartílagos laríngeos (maniobra de Sellick) pueden ayudar en parte dicha ventilación, dificultando el paso de aire a la vía digestiva y, por tanto, facilitándolo hacia la VA.

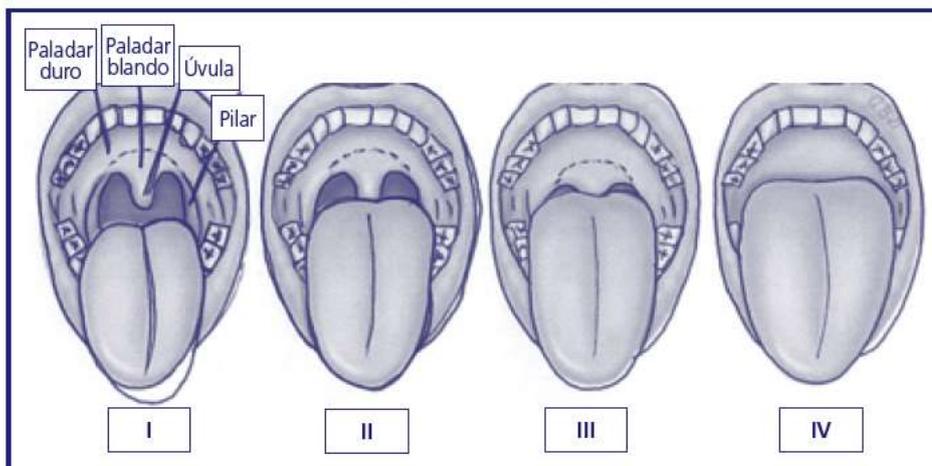
Para identificarla contamos con distintas mnemotecnias, a continuación revisaremos la mnemotecnica BONES:

- **B: Beard.** Es más complejo conseguir un adecuado sello de la máscara en pacientes con barba.

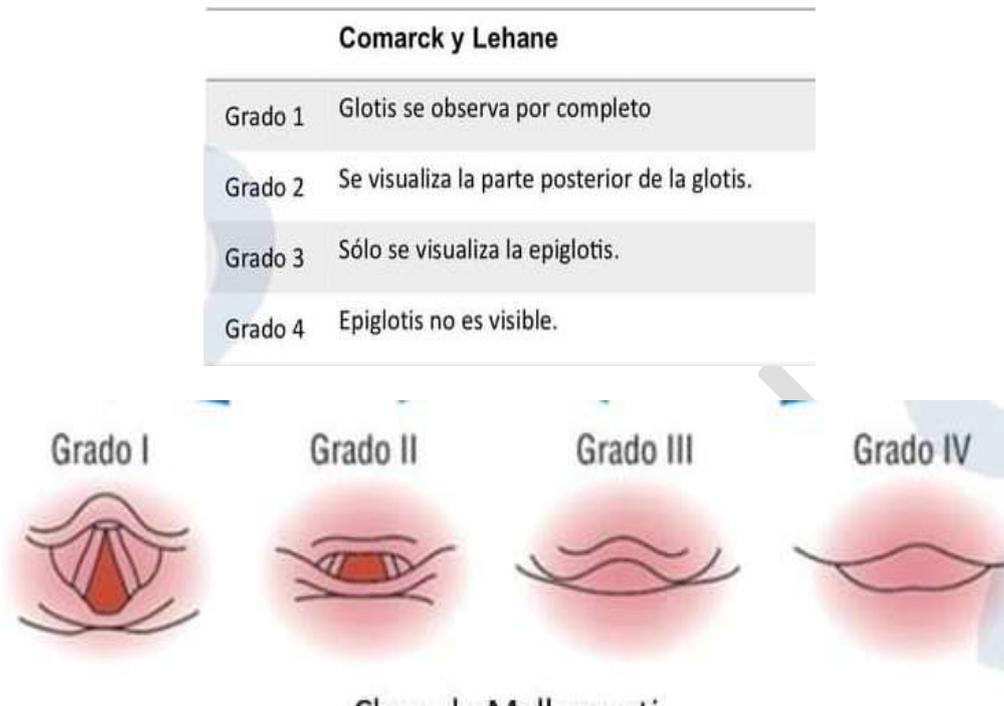
- **O: Obstruction/Obesity/Obstructive Sleep Apnea.** Similar a LEMON.
- **N: No teeth.** Más difícil en pacientes desdentados, ya que los dientes hacen de marco donde la máscara se ubica y luego se sella con las mejillas.
- **E: Elderly.** A mayor edad, mayor dificultad.
- **S: Sleep apnea/Snoring.** En general estos pacientes son más difíciles de ventilar.

Laringoscopia difícil:

Clasificaciones como la de **Mallampati** nos predicen y clasifican la dificultad de la visión glótica mediante laringoscopia. Ante esta situación debemos reubicar, en la medida de lo posible, la posición del paciente, teniendo en cuenta que cuando realicemos diferentes intentos de laringoscopia en cada uno de ellos debemos haber modificado algo.



- Grado I: se visualiza faringe, úvula y paladar blando.
- Grado II: se visualiza úvula y paladar blando.
- Grado III: se visualiza base de la úvula y paladar blando. Predictor de posible intubación difícil.
- Grado IV: solo se visualiza paladar duro. Predictor de posible intubación difícil.

Test de comarck y Lehane:

La realización de técnicas como la de **Sellick** (presión posterior sobre el cartílago cricoides para evitar la insuflación gástrica y vómitos) o la de **BURP** (presión hacia atrás, arriba y hacia la derecha del paciente) van a producir un desplazamiento dorsal de la glotis, permitiendo una mejor visualización de la misma.

Otra técnica de gran utilidad es colocar una manta doblada o almohada bajo la nuca, elevando la misma unos 10 cm sobre el plano dorsal, con lo que se alinearán los ejes faríngeo y laríngeo, facilitando la visualización de la glotis.

Intubación traqueal difícil:

Puede producirse por la visión parcial de la glotis o por dificultad en la progresión del tubo endotraqueal a través de la misma. Existen guías, tanto flexibles como semirrígidas, que sirven para que introducidas en la luz del TET le podamos dar forma y consistencia suficiente para llevar a cabo la IOT. Existen las guías flexibles, semiflexibles (palo de golf) y los estiletes luminosos con una luz fría en su extremo distal (**Técnica de intubación oral por transiluminación**), la cual mediante transiluminación

de los tejidos laríngeos nos permite conocer su situación en la luz laríngea y realizar la IOT a ciegas.

Técnica de intubación oral por transiluminación (Trachlight)

Con la cabeza del paciente en posición neutra, con la mano no dominante levantar la mandíbula. Sostener el TET/Estilete con la mano dominante e introducirlo perpendicularmente dentro de la boca del paciente. Rotar el TET/Estilete en posición media y avanzar sobre la base de la lengua hasta identificar la luz en la prominencia laríngea, se tracciona la mandíbula para facilitar el paso del tubo entre la epiglotis y pared posterior de la faringe. Identificándose una circunferencia bien definida en la parte anterior del cuello (Pre-traqueal). Llevar el TET con la mano dominante al final de la tráquea. Se retira el estilete quedando el tubo colocado en la tráquea. 4. Confirmar la intubación con los métodos utilizados rutinariamente (inspección, auscultación y EtCO₂)

Siempre que sospechemos que el aislamiento de la VA nos va a ocupar un tiempo prolongado (30-60 seg), debemos realizar una adecuada preoxigenación del paciente, ya que si no las complicaciones secundarias a la apnea prolongada van a ir apareciendo según el grado de hipoxia que se vaya alcanzando. Con esta preoxigenación lo que hacemos es aumentar la capacidad de oxígeno en el volumen residual funcional de los pulmones mediante desplazamiento del nitrógeno.



PACIENTES DE ESPECIAL RIESGO EN EL MANEJO DE LA VA:**El paciente obeso:**

La OMS define la obesidad con un IMC > 30 kg/m². Estos pacientes presentan bajo volumen residual, baja capacidad residual funcional y peor respuesta a la apnea. Los obesos presentan globalmente mayor riesgo de ID. Son factores de riesgo de ID: IMC > 30 kg/m² (especialmente obesidad central), la circunferencia del cuello superior a 42 cm, Mallampati elevado (III-IV) y la presencia de SAOS.

Los pacientes obesos se benefician de un plan anticipado de manejo de la VA, que incluya adecuada colocación en “posición de rampa” (que mejora la ventilación y facilita la intubación) y preoxigenación prolongada.

La paciente gestante:

Una mujer gestante tiene un riesgo ocho veces superior de ID que el resto de la población y se considera “estómago lleno” de por sí.

La paciente ostétrica presenta múltiples cambios anatómicos, como edema de la VA, aumento del consumo de oxígeno, y disminución de la capacidad residual funcional (CRF), que condicionan cambios en el abordaje de la VA; además durante la gestación el índice de Mallampati progresa, llegando a presentar Mallampati IV un 34% de las mujeres a término.

La paciente traumatizado:

Los pacientes traumatizados suelen presentar estómago lleno, es común el sangrado, la alteración del nivel de conciencia, intoxicaciones o la agitación; suelen precisar abordaje de la VA urgente. La presencia de collarín cervical limita la posibilidad de movilidad y optimización de la VA.

El acrónimo **LEMON** se recomienda en el manejo del politraumatizado como herramienta fácil para la valoración rápida de pacientes en los que es urgente e imperativo establecer una VA definitiva; así los pacientes con un valor superior a 3 tienen alta incidencia de ID:

Look: examinar	Buscar lesión o trauma
Evaluar: regla 3:3:3	Distancia interincisivos (<3 traveses de dedo). Distancia mentohiodesa (<3 traveses de dedo) Distancia cartílago tiroides-suelo boca (<3 traveses de dedo).
Mouth: apertura boca	Mallampati ≥ 3
Obstrucción	Presencia de epiglotitis o abscesos amigdalinos.
Neck: movilidad cuello	Presencia de collarín, imposibilidad extensión cuello.

El paciente crítico:

Estos pacientes presentan pobre tolerancia respiratoria, alteración del nivel de conciencia, aumento de secreciones y es frecuente manejar la VA de forma emergente. Las complicaciones son frecuentes y entre sus causas destaca equipo inadecuado, falta de capnografía y la falta de conciencia del riesgo del paciente.

Se ha propuesto una clasificación, MACOCHA SCORE con 7 variables para detectar pacientes difíciles de intubar. Una clasificación > 3 predice dificultad en el manejo de la VA con elevada sensibilidad y especificidad.

Mallampati III o IV	5
SAOS	2
Disminución movilidad cervical	1
Limitación apertura boca (<3 cm)	1
Coma (Glasgow < 8)	1
Hipoxia severa (SpO ₂ < 80%)	1
Personal no anestesista	1

PUNTUACIÓN MACOCHA PARA LA PREDICCIÓN DE VÍA AÉREA DIFÍCIL EN PACIENTES CRÍTICOS						
M	A	C	O	C	H	A
MALLAMPATI Pacientes con puntuación >3	APNEA OBSTRUCTIVA DEL SUEÑO - Ronquidos. - Pausas de apnea. - Cambios en la personalidad. - Somnolencia	CUELLO RÍGIDO Reducción completa a <23° del movimiento se considera límite para ID	OBTENCIÓN DE APERTURA BUCAL Limitación de la apertura bucal <3cm predice ID	COMA GLASGOW Una valoración de la escala de coma Glasgow >8 puntos	HIPOXIA SEVERA Hipoxia severa con un valor de SPO2 <80%	ATENCIÓN NO ESPECIALIZADA Que el personal encargado de la intubación es personal no anestesiólogo
+5	+2	+1	+1	+1	+1	+1

MACOCHA SCORE IDENTIFICA DIFICULTADES EN EL MANEJO DE LA VA EN EL PACIENTE CRÍTICO
Una clasificación > 3 predice dificultad en el manejo de la VA con elevada sensibilidad y especificidad

Ante un paciente crítico se debe optimizar la oxigenación, disponer de material de VA de rescate y solicitar la ayuda desde el primer momento.

Alternativas a la intubación orotraqueal ante una vía aérea difícil:

No siempre vamos a tener los conocimientos, el hábito o la posibilidad física o patológica de llevar a cabo una IOT, por lo que a lo largo de la historia se han ido desarrollando y perfeccionando un amplio arsenal de instrumentos para hacer frente a esta situación.

Indicaciones de IOT más frecuentes en urgencias y emergencias:

- Parada cardiorrespiratoria.
- Apnea.
- Obstrucción de la vía aérea.
- Hipoventilación.
- Deterioro del nivel de conciencia (Glasgow < 8).
- Shock hemorrágico grave.
- Protección de broncoaspiración de sangre o vómito en pacientes con reflejos laríngeos descendidos.

- Fracturas faciales o heridas que puedan poner en compromiso la vía aérea.
- Hematoma en cuello.
- Lesión traqueal o laríngea y estridor.
- Inhalación de humos, como prevención ante la existencia o sospecha de quemaduras químicas o físicas en vía aérea.
- Traumatismos torácicos cerrados importantes.
- En algunos casos de traumatismos torácicos abiertos.
- Necesidad de ventilar con presión positiva al paciente.
- TCE que requiere hiperventilación.
- Imposibilidad de mantener adecuada oxigenación con aporte de oxígeno suplementario a alta concentración (pulsioximetría < 90 en pacientes con oxigenoterapia con $FiO_2 > 05$).
- Signos de insuficiencia respiratoria grave: presencia de bradipnea (< 10 rpm) o taquipnea (> 30 rpm) que originen una ventilación ineficaz; trabajo respiratorio excesivo).

Como métodos alternativos a la IOT están:

- **Mascarilla laríngea.**
- **Combitubo.**
- **Gum Elastic Bougie**
- **Cricotiroidotomía.**

Ante la imposibilidad de realizar una IOT mediante laringoscopia directa, no debemos olvidar la gran eficacia de la ventilación con balón resucitador, que nos permite en multitud de ocasiones mantener una adecuada oxigenación del paciente mientras solicitamos ayuda o lo trasladamos a un centro hospitalario. Por tanto, ante intentos fallidos de IOT en pacientes que no presentan invasión de la VA por secreciones abundantes, sangre o vómitos, debemos iniciar ventilación manual. En estos casos está indicado la colocación de una sonda nasogástrica que permita la salida de aire del estómago, así como la compresión del cartílago cricotiroidoideo para evitar la hiperinsuflación gástrica.

Todos los elementos que vamos a citar a continuación son medidas y técnicas temporales y siempre como alternativa a la IOT, ya que no alcanzan un aislamiento de la VA como la IOT, existiendo el riesgo de paso de aire al estómago durante la ventilación y de regurgitación. Para

evitar esto, cuando estemos ventilando con estos dispositivos supraglóticos debemos reducir el volumen de aire que se mueve en cada respiración, conocido como volumen tidal; en el adulto en lugar de los 700-1.000 habituales aplicaremos 500.

Mascarilla laríngea:

Es un tubo de silicona similar a los TET, que presenta en su porción distal una mascarilla con un reborde neumático que una vez introducida en la VA superior se adapta y sella a nivel de la hipofaringe.

La porción distal de la mascarilla descansa en el esfínter esofágico superior, mientras que la porción proximal de la mascarilla se apoya en la epiglotis, de forma que el orificio de salida del tubo que se conecta a la mascarilla queda enfrente a la glotis.

Pueden permitir una ventilación adecuada en un paciente crítico, sedado y bloqueado. Es importante recordar que **no aseguran la vía aérea.**

Técnica de colocación:

Se procede a un vaciado total del manguito y lo lubricamos por la pared posterior. El reanimador se debe colocar a la cabeza del paciente, aunque se puede hacer mediante abordaje frontal. Con la mano no dominante realizaremos una extensión de la cabeza en pacientes no traumatizados. Ante sospecha o evidencia de trauma esta mano fijará la cabeza en posición neutra para evitar movimientos de cuello. Se coge con la mano dominante la ML a modo de lápiz, introduciendo el índice en el ángulo anterior existente entre el tubo y la dilatación piriforme. Se introduce la ML en la boca y se avanza realizando una discreta presión contra el paladar. Progresamos hasta donde nuestros dedos alcancen, dejando en ese lugar la ML y retirando la mano al tiempo que con la otra presionamos el tubo hacia abajo para que no se salga. Mediante la válvula que existe en el extremo proximal rellenamos de aire la estructura piriforme, notando como se produce una discreta elevación del tubo. La cantidad de aire depende del número de la mascarilla seleccionada.

Las ventajas que presenta la ML son las siguientes:

- No precisa laringoscopia directa.
- No precisa movilización cervical.
- Su entrenamiento y colocación son mucho más fáciles que la IOT por laringoscopia.
- Existe menos respuesta hemodinámica del paciente.
- Permite ventilaciones de pacientes a los que tenemos dificultad para acceder.

Una variante de la ML es la **Fastrach**, la cual viene montada en un tubo de acero que facilita su agarre e introducción. Permite que, debido al mayor diámetro y menor longitud de su tubo, podamos realizar a su través IOT, para lo que necesitamos un TET especial para Fastrach. No existen tamaños de Fastrach para niños de menos de 30 kg.

Para su introducción nos situamos a la cabeza del paciente y agarrando el mando metálico de la mascarilla, mediante un movimiento de basculación, la progresaremos hasta que quede insertada. Se infla la mascarilla al igual que la ML clásica y podemos ventilar. Una vez oxigenado el paciente podemos colocar a través de la Fastrach un TET diseñado para tal fin, siendo de longitud algo mayor y de punta roma y flexible evitando traumatismos. Una vez realizada la intubación procederemos a desinflar y retirar la ML, quedando el TET colocado.

Combitubo:

Es el resultado de la unión de un tubo esofágico (más largo) y un tubo traqueal (más corto). Ambos tubos tienen una apertura proximal universal de 15 mm (blanca el esofágico y azul el traqueal) y una apertura distal. Igualmente posee dos neumotaponamientos, uno distal (esofágico) y otro proximal (orofaríngeo). El tubo traqueal tiene su salida distal entre ambos neumos, mientras que el tubo esofágico lo tiene por debajo del neumo más distal.

Pueden permitir una ventilación adecuada en un paciente crítico, sedado y bloqueado. Es importante recordar que **no aseguran la vía aérea**

Su utilización se basa en que en un 95% de los casos, ante una intubación a ciegas nos introduciremos en vía digestiva donde quedará alojado el tubo esofágico, mientras que al ventilar por el tubo traqueal el

aire saldrá a nivel de la laringe, continuando hacia la tráquea, ya que la faringe y el esófago estarán bloqueados por los neumos.

Existen dos tamaños, útil para adultos pequeños y para adultos grandes, no existiendo tamaños pediátricos. Y aunque el fabricante dice que es de un solo uso, diferentes estudios han demostrado que la descontaminación y esterilización permite diferentes usos (la esterilización con óxido de etileno permite su uso hasta 20 veces).

Técnica de colocación:

El paciente debe tener abolidos los reflejos faríngeos y laríngeos. Se recomienda que el reanimador se sitúe a la cabeza del paciente o a la izquierda, aunque se puede insertar desde cualquier situación.

Con el pulgar de la mano no dominante realizaremos una depresión lingual al tiempo que con la otra mano iremos introduciendo el combitubo, con la curvatura hacia abajo, realizando una discreta compresión contra la lengua. Avanzaremos hasta que una señal existente en el tubo quede a la altura de los incisivos superiores. Procederemos a inflar ambos balones, comenzando por el azul (proximal) en el cual introduciremos 85 o 100 ml, dependiendo del tamaño elegido, y posteriormente inflaremos el blanco (distal) con 5-12 ml (según tamaño).

Iniciaremos la ventilación por el tubo azul al tiempo que auscultamos. Debemos notar la entrada de aire en los pulmones y observar la expansión de los mismos. Si esto no es así, quiere decir que el extremo distal se ha introducido en la tráquea, por lo que procederemos a ventilar por el tubo blanco y comprobar. Por el tubo esofágico podemos introducir una SNG.

Entre las ventajas que presenta el combitubo podemos enumerar las siguientes.

- No precisa laringoscopia directa.
- Permite su inserción con el paciente en posición neutra o discreta flexión cervical, siendo posible su colocación incluso en portadores de collarín cervical.
- Su entrenamiento y colocación es mucho más fácil que la IOT por laringoscopia.
- Permite su colocación desde diferentes posiciones.

- Existe menos respuesta hemodinámica del paciente.
- Permite ventilaciones de pacientes en los que tenemos dificultad para acceder y aislar VA o ventilar de alguna otra forma.
- Permite ventilaciones con presiones más altas que la ML.
- Protege algo más que la ML frente a regurgitaciones.

Como problemas tiene que no permite aspiración de zona laringotraqueal, pudiéndose acumular secreciones que dificulten la ventilación

Está formalmente contraindicada ante la ingesta de cáusticos.

Gum Elastic Bougie (FROVA)

Este dispositivo puede marcar toda la diferencia en el manejo de la vía aérea difícil. Si uno se ve enfrentado a un Cormack III (e incluso IV, según algunos autores), por ejemplo, esta es una excelente alternativa. Uno identifica la epiglotis (o parte de ella) e introduce el bougie *con la punta curva hacia adelante*. Cuando uno está en vía aérea, la sensación táctil de la punta del bougie al pasar por los anillos traqueales se transmitirá hacia nuestros dedos. Luego, con el bougie aún en la tráquea, un segundo operador enhebra el tubo por la punta libre del bougie y luego se intuba al paciente. También podría utilizarse con el tubo ya enhebrado, según la comodidad y conocimientos del operador.

Otras ventajas del gum elastic bougie son que el número necesario de intubaciones con bougie para obtener una adecuada curva de aprendizaje es 1, y los reutilizables son relativamente baratos.



Cricotiroidotomía:

Técnica consistente en la punción mediante un angiocatéter grueso (del nº 12 o 14) de la membrana cricotiroidea y conectar la cánula del angiocatéter a un “macarrón” conectado a oxígeno, o bien realizar un montaje con TET y así poder ventilar con balón de resucitación.

Técnica:

Procederemos a la desinfección y preparación del campo. Con el paciente en decúbito supino y el cuello en posición neutra localizaremos por palpación la membrana cricotiroidea. Con un angiocatéter grueso, montado en una jeringa con suero, realizaremos una punción sobre la membrana en sentido caudal, al tiempo que aspiramos con la jeringa. Una vez que hayamos penetrado en luz traqueal se nos llenará el suero de burbujas, en ese momento progresamos el catéter a la vez que retiramos la guía. Por el catéter podremos ventilar de diferentes formas:

- Mediante una cánula conectada a fuente de oxígeno a 15 litros por un extremo y por el otro a una llave de tres pasos. Cuando cerramos el orificio lateral se produce la insuflación, y cuando lo abrimos se permite la espiración.
- Uniendo al angiocatéter una jeringa a la cual añadiremos la conexión de un TET del 7,5 (la jeringa debe ser de 2cc), y en esta conexión podremos acoplar al balón resucitador y ventilar. O bien, mediante una jeringa de 5cc en la que retirado el émbolo podemos introducir en su interior un TET (si es pequeño, inflaremos el neumo), conectando el TET a un balón de resucitación y la jeringa al angiocatéter.

Inconvenientes: la ventilación que estamos realizando es a todas luces insuficiente, produciéndose hipercapnia y acidosis respiratoria, por lo que debemos variar la relación inspiración/espiración (I/E), prolongando la espiración (relación 1/3-6). Esto nos obligará a mantener frecuencias respiratorias algo más bajas (en torno a 10 rpm).

No debe existir obstrucción completa de la VA superior, ya que no se produciría una adecuada espiración. Es una contraindicación absoluta. Y

siempre debemos tener colocado un Guedel para evitar obstrucción de la VA superior por lengua.

Cricotiroidotomía incisión clásica: técnica Seldinger:

Con ella colocaremos un catéter en el espacio cricotiroidoideo, obteniendo un acceso a la VA de mayor diámetro que con la técnica anterior.

Técnica:

El paciente se colocará en decúbito supino con el cuello en posición neutra o ligera extensión. El reanimador se colocará a la izquierda del paciente. Existen equipos en el mercado con todo el material necesario para llevarla a cabo.

Realizaremos desinfección y localización del espacio cricotiroidoideo. Fijando con la mano no dominante la laringe realizaremos en la piel y el tejido celular subcutáneo una incisión transversal, con bisturí, de unos 2 cm, o vertical de unos 3 cm. Quedará a la vista la membrana cricotiroidoidea, la cual puncionaremos de la misma forma que hacíamos en la técnica por punción ya vista. Retiraremos la aguja y dejaremos el catéter, por el que introduciremos la guía, retirándolo cuando estemos con la guía en la luz traqueal.

Posteriormente montaremos la cánula sobre el dilatador y procederemos a introducirla sobre la guía, ampliando la incisión en caso de necesidad. Cuando hayamos introducido aproximadamente la mitad de la cánula procederemos a la retirada del dilatador, al tiempo que acabamos de introducir la cánula.

Fijaremos cánula al cuello y mediante la conexión a balón resucitador iniciaremos la ventilación

Una variación de esta técnica, cuando no disponemos de set comercializado, consiste en obtener un acceso por punción, tras al cual realizaremos una incisión en la piel y el tejido celular subcutáneo. Una vez tengamos visión de la membrana cricotiroidoidea haremos un corte transversal en la misma de 1-2 cm en la zona más próxima al cricoides. Con tijera

roma o mango de bisturí dilataremos la incisión realizada y por la vía obtenida podremos introducir un TET del 5-6, posteriormente inflaremos neumo y ventilaremos, comprobando mediante auscultación y visión directa el adecuado llenado pulmonar.

Cricotiroidotomía por técnica percutánea directa:

Para su realización debemos disponer de set comercializado, que incluye una cánula montada sobre un mandril metálico con bisel muy afilado.

El paciente lo colocaremos en decúbito supino en extensión de cuello. El acceso que se obtiene es del mismo calibre que con la técnica clásica, pero requiere menos tiempo para su realización.

Técnica: localización, desinfección y fijación de laringe igual que lo expuesto en las técnicas anteriores. Realizar una incisión mediante bisturí en la piel y el tejido celular subcutáneo (son estructuras de gran resistencia que van a dificultar la introducción del mandril). Con la cánula unida a la jeringa con suero procederemos a puncionar la membrana cricotiroides en sentido caudal con un ángulo de 45°, al tiempo que realizamos presión negativa en el émbolo de la jeringa. Cuando penetremos en la luz traqueal veremos burbujas de aire en suero de jeringa, momento en el que avanzaremos la cánula y retiraremos el mandril.

Fijaremos la cánula al cuello del paciente mediante unas correas que trae el set y procederemos a ventilar, comprobando la adecuada ventilación pulmonar.

Técnica de QUICKTRACH:

- Poner la cabeza del paciente en hiperextensión cervical.
 - Localizar la membrana cricotiroides entre los cartílagos tiroideos y cricoides. Estabilizar el punto de entrada con los dedos pulgar e índice.
 - Pinchar la membrana cricotiroides. La apertura se crea por dilatación. Esto evita el riesgo de sangrado.

- Avanzar el Quicktrach hasta el tope. El tope impide un avance muy profundo y así la perforación de la pared posterior. Para localizar la posición de la cánula aspirar aire con la jeringa. Si es posible la aspiración con aire, la aguja se encuentra en la tráquea.
- Retirar el tope de la cánula.
- Avanzar solamente la cánula de plástico sobre la aguja hasta que ésta quede firme al cuello. La aguja sirve en este caso de guía y no puede ser introducida más a fondo. Ahora retiramos la aguja.
- Fijar la cánula con la cinta de fijación. Ventilar al paciente a través del conector estándar de 15 mm.

Indicaciones de la cricotirotomía:

1. Hemorragia de la vía aérea superior.
2. Fracturas faciales.
3. Alteración anatómica facial: congénita o adquirida.
4. Trauma de la vía aérea: térmica o inhalatoria, cuerpo extraño, disrupción laríngea.
5. Edema de vía aérea.
6. Masa (tumor, hematoma o absceso)
7. Supraglotitis.

Contraindicaciones relativas de la cricotirotomía:

1. Edad < 10 años; en menores de 5 años totalmente contraindicada.
2. Patología laríngea preexistente: epiglotitis, inflamación crónica o cáncer.
3. Barreras anatómicas: heridas incisivas, hematomas.
4. Coagulopatía.

Complicaciones inmediatas:

1. Hemorragia vasos cervicales.
2. Localización errónea.
3. Lesión- fístula bronquial o esofágica.
4. Lesión del tiroides.
5. Lesión cuerdas vocales o laringe.
6. Enfisema.

Complicaciones tardías:

1. Estenosis traqueal o traquomalacia.
2. Sangrado.
3. Infección ó mediastinitis.
4. Fístulas.
5. Pérdida inadvertida.

MARTAGIL

Bibliografía:

- Manual de Urgencias. Toledo 2021.
- ITLS 3ª edición.
- ATLS 10ª edición.
- Manejo de una vía aérea difícil en el medio extrahospitalario. Semergen 2008; 34 (6)

VMI y VMNI

VMNI:

La VMNI es una modalidad de apoyo a la ventilación espontánea del paciente o soporte ventilatorio que no precisa técnicas invasivas de intubación orotraqueal, ni ningún otro dispositivo que cree una vía artificial (mascarilla laríngea, combitubo, etc) para ventilar al paciente, sino que lo hace a través de un dispositivo externo o interfase (mascarilla nasal, facial, casco...). En el pasado la única posibilidad de tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda resistente al tratamiento convencional era la IOT, que somete al enfermo a ventilación mecánica de forma invasiva, pero estas técnicas se encuentran relacionadas con numerosas y graves complicaciones, que pueden llegar a suponer un riesgo para la vida.

Los objetivos principales de la ventilación mecánica son:

- Disminución del trabajo respiratorio.
- Disminución de la disnea.
- Optimizar el estado de oxigenación del paciente (hipoxemia).
- Mejorar la ventilación alveolar (acidosis respiratoria).

Ventajas de la VMNI frente a la VMI:

1. Preservar el mecanismo de la tos.
2. Permite al paciente comunicarse y alimentarse.
3. Evita la sedación profunda.
4. Disminuye la morbimortalidad (siempre que no se retrase la IOT cuando esté indicado).
5. Preserva los mecanismos de defensa de la vía aérea.

Inconvenientes:

- a) Necesidad de colaboración del paciente.
- b) Falta de aislamiento de la vía aérea.
- c) Mayor requerimiento de monitorización.
- d) Trabajo inicial para conseguir una buena adaptación del paciente al respirador.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la VMNI corrige la hipoxemia de forma más rápida que con la oxigenoterapia convencional y mejora la ventilación, al aumentar la presión media de la vía aérea. Disminuye el efecto shunt al reclutar unidades alveolares y aumenta el volumen tidal y la capacidad residual funcional de forma similar a la PEEP en pacientes sometidos a VMI. Además, mejora la relación ventilación/perfusión y la complianza.

Es importante entender los efectos hemodinámicos de la VMNI: el aumento de presión en la vía aérea hace aumentar la presión intratorácica, disminuyendo el retorno venoso y la precarga de ambos ventrículos. Todo ello contribuye a disminuir el gasto cardiaco y la FEVI en un corazón sano, ya que es precarga dependiente. En un corazón con disfunción sistólica del VI, la disminución de la precarga puede aumentar el gasto cardiaco, puesto que el miocardio insuficiente es postcarga dependiente.

Conceptos básicos:

Trigger: podríamos definirlo como un “sensor” que tiene el respirador por el cual es capaz de saber cuándo el paciente desea inicial la inspiración, es decir, es capaz de detectar pequeños cambios en la presión o en el flujo (según sea trigger de presión o de flujo), realizados por los esfuerzos inspiratorios del paciente que señalan el momento en el que el respirador debe enviarle la embolada de aire. Cuanto mayor sea la presión o el flujo que el respirador tiene que detectar, menor será la sensibilidad del trigger y viceversa.

Un trigger poco sensible puede causar gran dificultad para ser activado; por el contrario, si el trigger es muy sensible puede dar lugar a fenómenos de autodisparo.

Existen dispositivos en los que se puede variar la sensibilidad del trigger externamente.

Ciclado: lo podríamos definir como otro trigger que determina el paso de la inspiración a la espiración, es decir, cuando el respirador debe cesar en la aplicación de la IPAP e iniciar la espiración, o la aplicación de la EPAP. El ciclado puede ser activado por flujo o por tiempo. En los modos limitados

por presión se cicla por flujo, es decir, se detecta la caída del flujo inspiratorio (que es desacelerante: a medida que se va alcanzando la presión programada el flujo va disminuyendo) a un punto que puede ser un porcentaje del pico de flujo máximo (12-25%) o a un valor absoluto previamente establecido, iniciándose la espiración. Por el contrario, en los modos limitados por volumen el ciclado se produce por tiempo, es decir, al terminar el tiempo programado para la inspiración de cada ciclo respiratorio.

IPAP: es el nivel de presión positiva programada que se va a alcanzar durante la fase inspiratoria de la respiración. Esta presión es la que realmente va a proporcionar el soporte ventilatorio.

EPAP: es el nivel de presión positiva programada durante la fase espiratoria de la respiración. Es de gran utilidad en los sistemas de tubuladura única para evitar la reinhalación de CO₂. Además aumenta la capacidad residual funcional, favoreciendo el intercambio gaseoso y por tanto mejorando la hipoxemia.

PEEP: es el nivel de presión positiva programada al final de la espiración. En los dispositivos de VNI este concepto suele ser equiparable a la EPAP.

Relación I/E: hace referencia al porcentaje de tiempo que dura la inspiración en relación a todo el ciclo respiratorio. En condiciones normales es $\frac{1}{2}$. En pacientes con obstrucción al flujo aéreo el tiempo espiratorio se alarga siendo aconsejable aumentar esta relación a $\frac{1}{3}$, mientras que en los restrictivos se utiliza con frecuencia una relación 1:1.

Pendiente, rampa o “rise time”: es la pendiente de la curva de presión. Podríamos definirla como la rapidez con que se alcanza la presión de IPAP programada. Cuanto mayor sea la pendiente, antes se alcanza el nivel de IPAP. Esto puede ser aconsejable para pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, que suele estar más taquipneicos y con necesidad de flujos altos, pero en otros puede ocasionar incomodidad y aumentar las fugas. No se debe confundir con la “rampa” que se utiliza en los aparatos de CPAP, en el SAOS, tiempo que tarda el dispositivo en alcanzar la presión fijada y que oscila entre 5 a 40 minutos.

Presión de soporte (PSV): la diferencia de presión entre la IPAP y la EPAP se considera la presión de soporte administrada. Este concepto es importante ya que si modificamos los niveles de EPAP o de IPAP (uno de ellos exclusivamente), estaremos modificando la presión de soporte que recibe el paciente. Existen dispositivos en los que se programa específicamente la PSV como soporte inspiratorio y la PEEP como espiratorio, de tal forma que los dos niveles de presión no son IPAP/EPAP, sino PSV/PEEP.

INTENCIÓN	PARAMETROS A MODIFICAR
QUEREMOS MEJORAR LA OXIGENACIÓN	FiO2. PEEP.
QUEREMOS MEJORAR LA VENTILACIÓN	VC. FR.

Formas de VNI

La asistencia ventilatoria no invasiva puede realizarse de dos formas:

- **VENTILACIÓN CON PRESIÓN NEGATIVA EXTENA:** Fue el inicio de la VMNI hasta los años 50 que empezaron a utilizarse los dispositivos con presión positiva. Basada en la aplicación de una presión subatmosférica intermitentemente sobre la pared torácica o el abdomen, con el objetivo de crear un gradiente de presión entre la boca y el alveolo que facilite el flujo de aire al interior. Una vez que cesa la aplicación de esta presión negativa, el vaciamiento pulmonar se produce de forma pasiva.

- **VENTILACIÓN NO INVASIVA CON PRESIÓN POSITIVA:** el gas es forzado al interior del pulmón al aplicar una presión positiva a la vía aérea durante la inspiración. De esta forma se incrementan las presiones en la vía aérea, alveolares, pleurales y, por tanto, la presión intratorácica. La espiración se produce de forma pasiva, terminando cuando se iguala la presión intratorácica con la atmosférica. Es la más utilizada actualmente, conocida con las siglas VNI o VMNI.

Respiradores:**Principios de funcionamiento de los respiradores de soporte de presión:**

El dispositivo capta el aire ambiental y a través de un filtro y una tubuladura lo presuriza para introducirlo en la vía aérea del paciente. El volumen de aire que entra (o flujo, que no es más que el volumen por unidad de tiempo) dependerá de la presión programada y de la mecánica pulmonar (resistencia y compliance o distensibilidad). Este flujo puede cambiar en función de la presión que se haya programado. Una de las características más importantes de la VNI es la de que se trata de una forma de ventilación en la que por definición existen “fugas” de aire, no es un sistema cerrado como la ventilación invasiva. Estas fugas, en función de su cuantía pueden comprometer la eficacia de la ventilación. Por lo tanto los respiradores de VNI deben estar diseñados para compensar estas pérdidas de aire. Los respiradores de VNI tienen dispositivos que detectan el nivel de fuga de forma automática y aumentan o disminuyen el flujo suministrado en función de esta pérdida de aire, compensándola, con el objeto de mantener en todo momento la presión programada.

Tipos de respiradores:**1. Respiradores limitados por presión:**

La variable independiente es la presión (programada externamente), mientras que el volumen de aire que vaya a recibir el paciente depende de dicha presión programada así como de la mecánica pulmonar (resistencia y distensibilidad).

Disponen de un único circuito espiratorio e inspiratorio, por lo que puede ocurrir el fenómeno de reinhalación de CO₂.

La mayoría de modelos tienen un trigger de flujo automático y, por lo tanto, no ajustable externamente.

2. Respiradores limitados por volumen:

La variable independiente es el volumen, mientras que la presión alcanzada va a depender del volumen programado y la mecánica pulmonar.

Puede tener circuito único o doble. Tienen un trigger de presión que es ajustable externamente. Difícil control de fugas.

Se usan para pacientes con enfermedades neuromusculares, toracógenos y traqueostomizados, fundamentalmente.

MODOS VENTILATORIOS:

Limitados por presión:

En la VNI limitada por presión, la variable independiente es la presión, mientras que el volumen depende de la presión programada y de la mecánica pulmonar (resistencia de la vía aérea y distensibilidad o compliance). En ventilación no invasiva con presión positiva estos modos se dividen básicamente en dos grupos: modo BiPAP y modo CPAP.

BiPAP:

Se aplica una presión en la vía aérea a dos niveles, uno inspiratorio y otro espiratorio, siendo la diferencia entre ambos la presión de soporte ventilatorio. Se divide, a su vez, en tres modos:

1. **Modo S (spontaneous):** la unidad cicla entre IPAP y EPAP siguiendo el ritmo respiratorio del paciente. Dicho de otra forma, el respirador le envía la embolada de aire sólo si el paciente es capaz de activar el trigger, de tal forma que es siempre el paciente el que marca la frecuencia respiratoria. Si el paciente no activa el trigger, el respirador no asegurará una frecuencia respiratoria mínima. Por tanto, la frecuencia respiratoria será siempre la del paciente. Los parámetros ajustables son la IPAP y la EPAP. Es un modo disparado por flujo, limitado por presión y ciclado por flujo.
2. **Modo S/T (spontaneous/timed):** la unidad cicla como el modo S pero, si el paciente es incapaz de iniciar una respiración en un tiempo predeterminado, la máquina ciclará a IPAP (iniciará una respiración). Por tanto, la frecuencia será la del paciente o la del respirador (si el paciente no llega a la frecuencia mínima de seguridad). Es el más usado por presentar la posibilidad de asegurar una frecuencia respiratoria

mínima de seguridad. Los parámetros ajustables son la IPAP, la EPAP y la frecuencia respiratoria (que no será la real sino la mínima de seguridad). Es un modo disparado por flujo o por tiempo, limitado por presión y ciclado por flujo.

3. **Modo T (timed)**: la unidad cicla entre IPAP y EPAP en base a la frecuencia respiratoria programada por el respirador y la proporción de tiempo inspiratorio seleccionado. Los parámetros ajustable son la IPAP, la EPAP, la frecuencia respiratoria (que será la real en este caso) y el porcentaje de tiempo inspiratorio y espiratorio (relación de I/E). Es un modo disparado por tiempo, limitado por presión y ciclado por tiempo. En este caso el volumen de aire que entra en la vía aérea también depende del tiempo inspiratorio programado, de tal forma, si éste es corto, puede no dar lugar a que se igualen las presiones programada en el respirador y la alcanzada a nivel alveolar y, por tanto, el volumen de aire administrado será menor, recordemos que el ciclado aquí se produce por tiempo y no por flujo.

CPAP “presión positiva continua en la vía aérea”:

En este caso se aplica una presión positiva en la vía aérea a un único nivel, es decir, presión continua que será la misma en inspiración y en espiración. La unidad mantiene un nivel de presión constante durante todo el ciclo respiratorio. Se caracteriza por:

- No es un modo de apoyo ventilatorio, por tanto no mejora la ventilación alveolar.
- Las respiraciones son espontáneas pero a un nivel de presión supraatmosférica. Por tanto, la frecuencia respiratoria será siempre la del paciente. Los parámetros ajustables son la IPAP y la EPAP, que en este caso serán iguales.
- Tiene la ventaja de la EPAP o PEEP extrínseca (aumenta la oxigenación en la IR hipoxémica y disminuye el trabajo respiratorio para activar el trigger en la IR hipercápnic a al contrabalancear la PEEP intrínseca), pero no tiene las ventajas de la IPAP (apoyo ventilatorio) ni sus desventajas (discomfort y riesgo de neumotórax).

Limitados por volumen:

En la VNI limitada por volumen, la variable independiente será el volumen (o **flujo, que no es más que el volumen por unidad de tiempo**), mientras que la presión dependerá del volumen programado y de la mecánica pulmonar (resistencia de la vía aérea y distensibilidad). Podemos dividirlo en modo controlado y asistido/controlado.

Modo controlado:

En este caso lo hace todo el respirador, es decir, vamos a programar un volumen tidal determinado que debe ser el adecuado para ventilar al paciente y compensar las fugas, por lo que habitualmente es algo superior (normalmente 10-12 ml/kg). También programamos la frecuencia respiratoria y el porcentaje I/E.

Es un modo disparado por tiempo, limitado por volumen (o por flujo) y ciclado por tiempo. El trigger debemos desactivarlo o ajustarlo a un nivel de manera que el paciente no sea capaz de activarlo, ya que entonces sería un modo asistido/controlado.

Modo asistido/controlado:

En este caso el paciente marca su propia frecuencia respiratoria activando el trigger, y programamos una frecuencia respiratoria de seguridad. Los parámetros que vamos a programar serán el volumen tidal, la frecuencia respiratoria (que no será la real, sino una frecuencia mínima de seguridad, de tal forma que, si el paciente no es capaz de mantener la frecuencia respiratoria por encima de la programada, el respirador le manda una embolada de aire según el volumen tidal programado), el porcentaje de tiempo inspiratorio/espíatorio y el trigger (en este caso de presión, normalmente entre -0,5 y -1 cmH₂O). Por tanto este modo, que es el más usado por permitir al paciente marcar su frecuencia respiratoria, será disparado por presión o por tiempo, limitado por volumen y ciclado por tiempo.

MASCARILLAS Y TUBULADURAS:

La elección de la vía de acceso a la vía aérea es de gran importancia para conseguir una buena tolerancia del paciente a la VNI. Seleccionar la interfase (parte del circuito que está en contacto con la cara del paciente) adecuada y que se adapte al enfermo de la forma más confortable posible, evitando las fugas y minimizando los efectos secundarios es un factor clave para el éxito del tratamiento. Las interfaces más utilizadas son las mascarillas nasales u oronasal y, con menor frecuencia, otras interfaces nasales, las piezas bucales y las que curen toda la cara o incluso la cabeza, como las faciales y el casco tipo Helmet.

Mascarillas:

Las mascarillas para la aplicación de la VNI constan de un cuerpo rígido transparente con un conector estándar para la tubuladura y los mecanismos de fijación al arnés. En algunas mascarillas nasales el orificio que actúa de válvula espiratoria se encuentra en la propia mascarilla, en otras hay que añadir la válvula espiratoria. La parte de esta estructura que está en contacto con la cara del paciente se compone de una silicona blanda que hace un efecto de sellado para evitar las fugas. En los últimos años las mascarillas comerciales han añadido una capa llena de gel que evita en gran parte las molestias derivadas de la presión sobre la piel.

En su elección es fundamental tener en cuenta los siguientes puntos:

- Debe ser lo más hermética posible para evitar las fugas aéreas y asegurar una ventilación adecuada.
- Ligera y transparente para evitar la sensación de claustrofobia.
- Confortable y estable, su uso durante 8 ó 9 horas seguidas no debe provocar molestias ó efectos secundarios.
- Lo más pequeña posible para minimizar el espacio muerto y optimizar la ventilación.
- Fácil de colocar y retirar para que el paciente pueda manejarla sin ayuda.
- De higiene y mantenimiento sencillo.
- Hecha de maerial biocompatible, estable e hipoalergénico.
- Dotada de válvula anti-asfíxia en las oronasales.

Mascarillas nasales:

De elección en los pacientes que van a precisar ventilación domiciliaria a largo plazo.

Se apoyan en el dorso de la nariz, en las mejillas y sobre el labio superior. Un error frecuente es elegir una mascarilla grande que en general aumenta las fugas lo que puede llevar a apretar en exceso el arnés con el consiguiente discomfort y efectos secundarios para el enfermo.

Las mascarillas nasales pueden moldearse a medida en silicona o con un material termosensible creando la impresión sobre la cara del paciente. El principal problema de la mascarilla nasal es la fuga aérea por la boca, inconveniente que se pone de manifiesto principalmente en el paciente en insuficiencia respiratoria aguda.

Mascarillas oronasales:

Las mascarillas oronasales se apoyan desde el dorso de la nariz y mejillas hasta la barbilla por debajo del labio inferior. Disponen además de válvula antiasfixia y anti-rebreathing que permiten al enfermo continuar respirando espontáneamente en caso de mal funcionamiento del respirador, así como sujeciones de liberación rápida para tener acceso inmediato a la vía aérea si se requiere. A pesar de ello, se debe monitorizar adecuadamente al paciente puesto que sigue siendo difícil controlar las fugas aéreas alrededor de la máscara. El hecho de que cubran nariz y boca ha favorecido su uso en los enfermos agudos que tienden a respirar por la boca.

Otras interfaces:

Las mascarillas de pequeño tamaño o minimasks consisten en una pieza de silicona que sella la parte inferior de la nariz mientras las olivas nasales o pillow consisten en dos pequeños tubos que se insertan en las fosas nasales. Ambas dejan libre el dorso de la nariz, lo que permite la alternancia entre diferentes modelos de mascarilla con distintos puntos de apoyo especialmente en pacientes con lesiones de decúbito. Permiten además utilizar gafas sin que sea preciso interrumpir la ventilación mecánica.

Otra alternativa es la utilización de piezas bucales. Estas boquillas o Pipetas Bucales, se utilizan fundamentalmente en pacientes neuromusculares con gran dependencia ventilatoria. La alternancia entre mascarilla nasal y pieza bucal permite mantener la VNI 24h al día en estos pacientes durante períodos prolongados, obviando o, al menos, retrasando el momento de la traqueostomía.

La mascarilla facial total es un sistema que ella la mascarilla alrededor del perímetro facial, lo que evita la presión directa de la misma sobre las estructuras anatómicas de la cara. Se ha propuesto también un sistema de casco transparente, denominado sistema Helmet, el cual podría aportar algunas ventajas respecto a la máscara facial. La tolerancia es aceptable y el sistema de fijación presenta escaso riesgo de lesiones cutáneas. Estos sistemas se utilizan preferentemente en cuidados intensivo y, siempre, en pacientes agudos.

INTERFASES	DESCRIPCIÓN	INDICACIONES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<p>Oronasal</p> 	Cubre boca y nariz	<ul style="list-style-type: none"> - De elección inicialmente en todos los pacientes con IRA 	<ul style="list-style-type: none"> - Respiración por boca y nariz - Buen número de tallas y modelos 	<ul style="list-style-type: none"> - Úlceras faciales - Mayores fugas perimascarilla - Mala tolerancia a largo plazo - Vómitos - Claustrofobia
<p>Facial total</p> 	Cubre boca, nariz y ojos	<ul style="list-style-type: none"> - Intolerancia y/o fugas no controladas con máscara oronasal - Úlceras por presión con oronasal - Tiempo prolongado de ventilación 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza fugas - Mejora tolerancia - No presiona áreas de contacto - Máscara oronasal - Pacientes edentados 	<ul style="list-style-type: none"> - Más pesadas - Menos modelos - Vómitos - Claustrofobia - No humidificación
<p>Helmet</p> 	Cubre totalmente la cabeza y parte del cuello, no hace contacto con la cara	<ul style="list-style-type: none"> - Intolerancia a otras interfases - Anomalías craneofaciales - Traumatismos-heridas faciales - Fugas elevadas con otras interfases - Tiempo prolongado de ventilación 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza fugas - No úlceras faciales - Pacientes edentados - Permite toser, hablar comer 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza fugas - No úlceras faciales - Pacientes edentados - Permite toser, hablar comer

Tubuladuras:

La tubuladura principal es flexible, anticolapsable y presenta una mínima resistencia al flujo por ser lisa en su interior, garantizando presiones estables y precisas, con un diámetro en adultos de 22 mm. La tubuladura ideal debe ser ligera, resistente a la oclusión, pero flexible, que no ofrezca resistencia al paso del aire, con conexiones seguras y reducido espacio muerto.

Las tubuladuras pueden tener válvulas espiratorias. Esto depende básicamente del modelo de ventilador. Esta válvula se acopla directamente con el conector rotatorio de la mascarilla. En esta válvula puede ir acoplada la toma de O₂ sobre todo en aquellos ventiladores que no lo incorporan, por lo que en este caso el oxígeno al no pasar por el circuito eléctrico del ventilador puede llevar humedad y no necesitaría humidificador. Las tubuladuras pueden tener uno o dos segmentos según modelos. En los circuitos de dos segmentos el aire inspirado le llega al paciente por un segmento y el aire espirado sale por otro segmento distinto de tal forma que el aire inspirado y el espirado no se mezclan. Las tubuladuras de un solo segmento son las más utilizadas en los VM específicos de VMNI.

MATERIAL AUXILIAR:**Arnés:**

Con este accesorio conseguimos mantener la interfase en su posición correcta. Pueden ser sistemas muy simples de cintas con Velcro®, más complejos y también existen los gorros. Algunas mascarillas actuales disponen de un sistema de clips que facilitan la colocación y la retirada rápida. La tensión del arnés debe ser la adecuada, pero no excesiva de forma que permita pasar 1-2 dedos entre el arnés y la piel. Si fuese necesario tensar mucho el arnés para evitar las fugas es probable que deba cambiarse la mascarilla a otra de menor tamaño.

Humidificador:

Puede consistir en una simple bandeja de agua que se coloca debajo del respirador o un calentador-humidificador que se intercala en el circuito. Se utiliza preferentemente en ámbito domiciliario en aquellos pacientes que

refieren sequedad de mucosas con mala respuesta al tratamiento con antiinflamatorios locales.

Es necesario utilizar los humidificadores ya que el flujo continuo de aire reseca la mucosa del paciente incrementando la resistencia de la vía aérea y causando liberación de los mediadores de la inflamación con aumento de la disnea, trabajo respiratorio, flujo turbulento e intolerancia a la máscara. La no humidificación en la VMNI es un factor etiológico reconocido de incremento de contaminación del circuito.

Deben usarse humidificadores de baja resistencia para que no varíen en exceso las presiones y usar “trampas” de agua para evitar complicaciones. El filtro antibacteriano hay que colocarlo precediendo al humidificador, ya que si se humedece el filtro, aumenta la presión y se dificulta la ventilación. Recordar que el humidificador debe instalarse a una altura inferior al ventilador y rellenar cada 24h con agua destilada hasta el nivel marcado por el fabricante.

Filtros:

Los sistemas mecánicos o filtros bacterianos intercalados en el circuito constituyen una barrera física y química que reduce la incidencia de infecciones nosocomiales en pacientes con ventilación mecánica. Todos los ventiladores llevan incorporados filtros anti-polvo pero entre el ventilador y la tubuladura debemos colocar un filtro antibacteriano, este debe ser de baja resistencia ajustando las presiones para suministrar el flujo de aire deseado.

Material almohadillado:

Las fuerzas físicas de tensión que resultan de la sujeción de la mascarilla ejercen sobre ciertos puntos de la piel un exceso de presión que pueden provocar, sobre el rostro del paciente, lesiones cutáneas. Se colapsa la perfusión capilar del tejido subcutáneo produciendo isquemia que puede llegar a producir escaras cutáneas. La prevención en los cuidados de la piel puede establecer la evolución de la patología y el éxito o fracaso de la VMNI.

El material a utilizar puede ser muy variado, recomendando por sus características apósitos hidrocoloides adherentes y adecuadamente

almohadillados. Este tipo de material, útil como prevención de escaras, también nos ayuda al ajuste de la mascarilla minimizando sus fugas.

MANTENIMIENTO DEL MATERIAL:

Como norma general no se pueden usar detergentes que contengan sustancias amoniacadas o cloradas. Se debe ser muy escrupuloso con ranuras y cavidades, comprobar las válvulas anti-asfixia y de seguridad, que no se encuentren obstruidas o disminuido en su diámetro original el orificio de salida calibrada.

Los componentes textiles, arneses, no se pueden planchar. Y en general la esterilización de mascarillas no se deberá hacer con autoclave ni gas oxietileno.

	Limpieza	Desinfección	Esterilización	Secado	Almacenar
Generador	Exterior con paño húmedo	Nº de horas según fabricante.	No	Paño de algodón	Superficie estable. Evitar temperaturas extremas y luz solar. Cubrir.
Filtros	Desechable	No	No	No	Dentro de su envoltorio. Evitar temperaturas extremas y luz solar.
Tubuladuras	Diaria. Solución de agua tibia y detergente suave.	Ácido paracético. Enjuague enérgico en agua potable dos veces.	Depende del modelo, fabricante y centro hospitalario.	Minucioso, al aire, alejado de la luz solar directa.	Almacén tras comprobar buen estado. Protegido polvo.
Mascarillas (según modelo y fabricante).	Desmontar, cepillado con detergente suave y sumergir.	Ácido paracético 10'. Enjuague enérgico en agua potable dos veces.	Policarbonatos, membranas de silicona y gel de silicona: número limitado de ciclos.	Al aire, no luz solar directa.	Inspección visual. Evitar temperaturas extremas, luz solar y polvo.
Válvulas	Desechar piezas pequeñas.	Según centro, mejor desechar.	Según centro mejor desechar.	Al aire por piezas.	Montaje minucioso. Almacén protegido.
Arneses	A mano, agua tibia, jabón suave diluido.	No necesaria	No necesaria.	Bien enjuagado. Al aire, no luz solar directa.	Montar en mascarilla.

INDICACIONES y CONTRAINDICACIONES DE LA VMNI:

De forma general, en Urgencias principalmente la utilizaremos en casos de insuficiencia respiratoria aguda, en la que distinguimos dos tipos:

- **Insuficiencia respiratoria hipoxémica (Tipo 1):** se debe a un fallo de la oxigenación, secundario a fenómenos de alteración de la ventilación/perfusión o efecto shunt. En este grupo encontraríamos entidades como el EAP cardiogénico, la neumonía, el distrés y los pacientes inmunodeprimidos.
- **Insuficiencia respiratoria hipercápnic (tipo 2):** se debe a un fallo de la ventilación, produciéndose un aumento del CO₂. Suele reflejar un agotamiento muscular en un intento de mantener una ventilación alveolar suficiente para eliminar el CO₂ que está produciendo en los tejidos. Dada la acumulación de CO₂, suele coexistir disminución del nivel de consciencia, por lo que es importante no demorar la intubación si no hay respuesta a la VMNI. En este grupo encontraríamos la agudización de EPOC, asma, síndrome de hipoventilación-obesidad y fibrosis quística entre otros.

El primer paso en la VMNI es la adecuada selección de pacientes, identificándolos de forma precoz, según uno de los siguientes criterios:

1. Clínicos (uno o más):

- Disnea moderada-grave.
- Taquipnea (FR > 24 rpm).
- Uso de la musculatura accesoria o respiración paradójica.
- SpO₂ < 90% con FiO₂ del 21%.

2. Gasométricos:

- PaO₂ / FiO₂ < 250.
- pCO₂ > 45 mmHg acompañada de acidosis (pH < 7,35).

No se debe retrasar el inicio de VMNI en un paciente que presente criterios clínicos a la espera de los resultados gasométricos. Igualmente, es importante reconocer aquellos pacientes que necesiten soporte ventilatorio invasivo de entrada. Ante un bajo nivel de consciencia (Glasgow ≤ 8), se podría realizar un intento de VMNI en paciente con agudización de la EPOC, siempre que la causa del coma sea una encefalopatía hipercápnic.

Este tipo de pacientes precisan de una monitorización más estrecha con el objetivo de no demorar la IOT en caso de mala evolución.

Tabla 14.1. Indicaciones y contraindicaciones de la ventilación mecánica no invasiva

Indicaciones	Contraindicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Reagudización de EPOC. • Edema agudo de pulmón. • Pacientes inmunocomprometidos. • Neumonía. • Bronquiolitis aguda. • Síndrome de hipoventilación-obesidad. • Apneas obstructivas del sueño. • Enfermedad neuromuscular (Guillain-Barré, ELA). • Traumatismo torácico. • Cifoescoliosis y otras malformaciones. • Fibrosis quística, fibrosis pulmonar. • Fallo respiratorio postoperatorio. • Retirada de ventilación invasiva (como prevención de fracaso postextubación en pacientes de alto riesgo). • Orden de no IOT (paliativo). 	<ul style="list-style-type: none"> • Apnea, paro respiratorio o respiración agónica. • Inestabilidad hemodinámica. • Bajo nivel de consciencia (excepto pacientes con orden de no IOT o agudizaciones de la EPOC por coma hipercápnico). • Trastornos del ritmo cardiaco no controlados. • Mal manejo de secreciones. • Crisis asmática vital. • Neumotórax. • Agitación o paciente poco colaborador. • Obstrucción de la vía aérea superior. • Vómitos incoercibles. • Hemorragia digestiva activa. • Lesión neurológica (epilepsia, fractura base del cráneo). • Problemas mecánicos: traqueostomizados, cirugía maxilofacial, quemaduras faciales, deformidad facial. • Cirugía gástrica reciente. • Intolerancia de la técnica. • Indicación de IOT. • Imposibilidad de control exhaustivo o monitorización del paciente.

EVALUACIÓN INICIAL EN URGENCIAS.

Al llegar un paciente con IRA al Servicio de Urgencias, el primer paso debe ser reconocer los criterios de gravedad e identificar los pacientes subsidiarios de soporte respiratorio. En los pacientes que lo precisen, primero debemos valorar la necesidad de IOT inmediata. En caso de no indicación de VMI y en ausencia de contraindicaciones de VMNI, se podría iniciar la VMNI. La ventilación es una medida de soporte y no sustituye al tratamiento de la etiología que ha provocado la insuficiencia respiratoria.

- Anamnesis: antecedentes, situación basal, saber si tiene oxígeno domiciliario y la historia actual para determinar la causa de la insuficiencia respiratoria.

- Exploración física: controlando los signos vitales, FC, t^a, presión arterial, SatO₂ y FR. Reflejar en la historia si el paciente se encuentra disneico, con uso de musculatura accesoria y si presenta cianosis. El signo clínico más importante en esta valoración es la **frecuencia respiratoria**.

- Estudios complementarios: hemograma, bioquímica, gasometría arterial (fundamental correlacionarla con la FiO₂), Rx tórax, ECG y otras pruebas de imagen según la sospecha clínica.

- Tratamiento: la VMNI es una medida de soporte que no excluye el tratamiento etiológico de la causa que haya provocado la insuficiencia respiratoria (broncodilatadores, corticoides si existe broncoespasmo, diuréticos o nitritos en caso del edema pulmonar, antibioterapia en caso de infección, etc).

PROTOCOLO DE INICIO DE LA VMNI:

Es muy importante la selección adecuada de los pacientes así como la elección de la interfase y la programación del equipo:

1. **Confirmar la indicación de la VMNI:** además de las indicaciones y contraindicaciones ya mencionadas es importante tener en cuenta lo siguiente:

a) Predictores de éxito de la VMNI:

- pH 7,25 – 7,35.
- Mejoría del pH, pCO₂ y FR tras una hora de VMNI.
- Buen nivel de consciencia.

b) Predictores de fracaso:

➤ Predictores de riesgo de fracaso inmediato (primeros 30-60 min):

- Mal control de secreciones, reflejo de la tos disminuido.
- Intolerancia a la técnica, agitación no controlada.
- Mala adaptación paciente-ventilador, asincronías.
- Encefalopatía hipercápnica severa/coma hipercápnico.
- Índices de gravedad (APACHE, SOFA, SAPS) elevados.
- PaCO₂ / FiO₂ de inicio < 150 mmHg.
- FR de inicio > 30 rpm.

➤ Predictores de riesgo de fracaso precoz (primeros 120 min):**IRA Hipoxémica.**

- No mejoría de PaO₂/FiO₂ (persiste < 150 mmHg) y pH < 7,30.
- Persiste FR > 30 rpm,
- Ser una IRA de novo, tener neumonía, tener SDRA, empeoramiento radiológico bilateral.
- Deterioro de nivel de consciencia (ECG < 13).
- Mal control de secreciones, intolerancia a la técnica, necesidad de uso de sedación.
- Mala adaptación paciente –ventilador; asincronías.
- Presentación de shock, insuficiencia renal.

IRA Hipercápnic.

- No mejoría de PaO₂/FiO₂ (persiste < 150 mmHg y pH < 7,30).
- Persiste FR > 35 rpm.
- Deterioro/no mejoría del nivel de consciencia (ECG < 13).
- Mal control de secreciones, intolerancia a la técnica, necesidad de uso de sedación.
- Mala adaptación paciente-ventilador; asincronías.
- Otras: anemia, IR, desnutrición, hipo-k, colonización por bacilos gram negativos en el esputo/bronquiectasias, necesidad presiones de soporte elevadas/obtener volúmenes corrientes > 500 ml

➤ Predictores de riesgo de fracaso tardío (> 24h):

- Mal control de secreciones/imposibilidad de uso de humidificación activa.
- Intolerancia a mascarilla/falta de protección/non posibilidad de rotar interfaces.
- Aparición de úlceras or presión.
- Empeoramiento de la noxa inicial/aparición de complicación clínica.
- Falta de personal entrenado.

Fracaso en VNI es igual a necesidad de IOT (y riesgo asociado de mayor morbi-mortalidad relacionada con la IOT) o mortalidad en el caso de que el paciente pertenezca al grupo con orden de no intubación.

2. **Informar al paciente:** dado que es una técnica que depende de la colaboración del paciente, es importante resolver las dudas, calmarlo y tratar su ansiedad, si es necesario incluso con dosis bajas de sedante.
3. **Colocar al paciente en posición semiincorporada y monitorizar.**
4. **Preparar el equipo de VMNI:** tubuladuras, conexión al oxígeno, filtro antibacteriano y antivírico y valorar realizar humidificación activa (disminuye las secreciones secas y mejora el confort; principalmente indicado en caso de prever una ventilación prolongada).
5. **Elección de la mascarilla:** existen muchas interfaces diferentes; en pacientes agudos suele preferirse la utilización de mascarillas oronasales o faciales, ya que son más efectivas. Es importante elegir el tamaño adecuado (de puente de la nariz hasta debajo del labio inferior, incluyendo ambas comisuras) y ajustarla bien, minimizando la fuga. La buena adaptación a la misma y el confort del paciente son imprescindibles para el éxito de la VMNI.
6. **Elección modo de VMNI:** CPAP para casos de hipoxemia y BiPAP para casos donde principalmente esté alterada la ventilación.
7. **Evaluar la eficacia de la técnica:** debemos prestar atención a los signos vitales, el nivel de consciencia del paciente, la clínica y realizaremos control gasométrico seriado tras la primera hora de inicio de la técnica o cambio en los parámetros del respirador que no sea la FiO₂. Ajustaremos los parámetros según las necesidades del paciente: si persiste hipoxemia aumentaríamos la FiO₂ y/o la EPAP, si persiste hipercapnia aumentaremos la IPAP, principalmente si el volumen tidal es inferior a 6 cc/kg de peso ideal. Es importante vigilar el nivel de fugas (intentar mantener siempre por debajo de 30) y ajustar la mascarilla para minimizarla. Trataremos de disminuir las complicaciones: poner protecciones y recolocar la mascarilla para evitar lesiones faciales, utilizar humidificación activa para evitar sequedad de mucosas y secreciones; aspirar secreciones si existen.

8. **Si la evolución es favorable** (normalización del pH, mejoría clínica, necesidad de $\text{FiO}_2 < 40\%$), iniciaremos el destete de la VMNI disminuyendo progresivamente la presión positiva, iniciando intervalos de respiración espontánea según la tolerancia y valorar clínica y gasométricamente la tolerancia al destete.
9. **Si tras 2-6h no se observa mejoría**, debemos considerar inicio de ventilación mecánica invasiva, ya que retrasar la intubación orotraqueal supone un empeoramiento del pronóstico vital del paciente.

Tabla 14.2. Criterios e indicaciones para la intubación orotraqueal (IOT)

Criterios para valorar IOT

1. No mejoría o empeoramiento de concentraciones de $\text{PaCO}_2 (> 50 \text{ mmHg})$ y del $\text{pH} (< 7,35)$.
2. Hipoxemia persistente ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ o $\text{SaO}_2 < 90 \%$ con oxigenoterapia o $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 150$).
3. Necesidad de protección de la vía aérea.
4. Mal manejo de secreciones.
5. Inestabilidad hemodinámica o arritmias.
6. Disociación toracoabdominal.
7. Incapacidad de corrección de la disnea.
8. Intolerancia a la mascarilla.

Indicaciones para la IOT

1. Apnea o parada cardiorrespiratoria.
2. Trabajo respiratorio excesivo ($\text{FR} > 30 \text{ rpm}$, bradipnea, tiraje...).
3. Disminución del nivel de consciencia (escala del coma de Glasgow < 8).
4. $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 200$ o insuficiencia respiratoria grave.
5. Shock de cualquier origen con necesidades elevadas de drogas vasoactivas.

PROCEDIMIENTOS EN VMNI DE PACIENTES AGUDOS O CRÓNICOS AGUDIZADOS:

El inicio de la VMNI es un paso decisivo para garantizar el éxito de la misma, especialmente si es la primera vez que el paciente la utiliza ya que, de la buena o mala adaptación y aceptación inicial que consigamos, va a depender en gran medida el éxito de la misma y su aceptación futura, ya sea en próximos episodios agudos o en aquellos casos en que se mantenga de manera domiciliaria.

En líneas generales, la técnica de aplicación de la VMNI es muy similar para pacientes agudos o crónicos, siendo la paciencia y la adaptación progresiva dos términos que deben guiar nuestra actuación.

Indicaciones de VMNI en insuficiencia respiratoria aguda o crónica agudizada:

Indicaciones generales: paciente que respire espontáneamente y que presente un fallo respiratorio agudo identificado por criterios clínicos (disnea, taquipnea, uso de la musculatura accesoria) y fisiológicos (hipoxemia, hipercapnia, acidosis respiratoria):

- IRA refractaria a tratamiento con medidas convencionales, oxigenotrapia y tratamiento farmacológico específico.
- Disnea no controlada en reposo y frecuencia respiratoria elevada (FR > 30).
- Hipercapnia importante y progresiva con tendencia a la acidosis respiratoria.
- Fracaso en la extubación (destete).
- Agudización de insuficiencia respiratoria crónica hipercápnic en enfermedades subsidiarias de soporte ventilatorio domiciliario.

Contraindicaciones:

- **Absolutas:**

- Indicación directa de IOT y conexión a ventilación mecánica invasiva.
- Parada cardiaca o respiratoria.
- Inestabilidad hemodinámica, TA < 90 mmHg con signos de hipoperfusión periférica.
- Isquemia miocárdica aguda no controlada o arritmias ventriculares potencialmente letales.
- Obnubilación profunda, estupor o coma no atribuible a narcosis por CO₂.
- Imposibilidad de ajustar la mascarilla/lesiones, traumatismo o quemaduras faciales extensas/alteraciones anatómicas que impidan el sellado facial.
- Traqueotomía.
- Obstrucción fija de la vía aérea superior.

- Negativa del paciente. Falta de cooperación o agitación intensa.

• **Relativas:**

- Hemorragia digestiva alta activa.
- Cirugía esofágica o gástrica recientes.
- Secreciones abundantes.
- $\text{pH} < 7,20$ en EPOC agudizado.

Indicaciones por patologías:

a) **Insuficiencia respiratoria hipercápnica:** La VMNI es especialmente eficaz y alcanza mayores tasas de éxito en aquellos procesos que cursan con fatiga de los músculos respiratorios e hipoventilación que conduce a la retención de CO_2 con acidosis respiratoria. Es decir cuando aplicamos un soporte ventilatorio a aquellos enfermos con insuficiencia ventilatoria.

El mayor nivel de evidencia para el uso de VNI en la IRA o cónica agudizada es hoy por hoy la EPOC reagudizada (AEPOC).

Desde el punto de vista fisiopatológico se produce, sobre un pulmón dañado en mayor o menor grado (disminución de la elasticidad, tabiques alveolares destruidos-enfisema, diafragmas aplanados, aumento de volumen residual, atrapamiento aéreo, mal control de secreciones-bronquiectasias) un aumento en la resistencia de vía aérea y una respuesta inmediata con aumento de la frecuencia respiratoria con la consecuencia inmediata de acortar el tiempo espiratorio siendo éste insuficiente para el vaciado pulmonar con un aumento progresivo del volumen de aire intratorácico que condiciona dos consecuencias dañinas: hiperinsuflación dinámica progresiva y la creación de una presión positiva no fisiológica al final de cada espiración denominada auto-PEEP o PEEP intrínseca. Este pulmón patológico agudizado responde intentando adaptarse pero de una forma insuficiente, se producirá una disfunción mecánica del músculo diafragma que se adapta a una situación de hiperinsuflación aplanándose y tornándose mecánicamente poco eficiente además existirá una situación de sobrecarga de los músculos inspiratorios que deben vencer una presión positiva (hay que recordar que en espiración y en un sujeto normal la presión pulmonar es cero) intrínseca (auto-PEEP) con una mayor sobrecarga de trabajo y consumo de energía al inicio de la inspiración. A esto se añaden las alteraciones en la ventilación-perfusión secundarias a

zonas pulmonares con destrucción alveolar, existencia de bronquiectasias, patología crónica vascular como consecuencia de la propia EPOC o por comorbilidades asociadas. La primera consecuencia gasométrica es la hipoxemia y si se mantiene en el tiempo aparecerá fatiga muscular e hipoventilación alveolar con la consiguiente hipercapnia y acidosis respiratoria. Por lo tanto, el AEPOC precisa ventilarse, pero también oxigenarse con la FiO₂ mínima indispensable.

Modos ventilatorios ventilatorios:

- **BiPAP.**
- **PS + PEEP.**

Tomando como modo referencia el doble nivel de presión, programaremos una ayuda inspiratoria o IPAP y una espiratoria o EPAP. La IPAP disminuye el esfuerzo inspiratorio del paciente, proporciona reposo muscular y facilita el trabajo ventilatorio. Como consecuencia aumentamos los volúmenes dinámicos (volumen corriente y volumen minuto) y la ventilación alveolar efectiva. La EPAP evita el colapso alveolar espiratorio (reclutamiento alveolar), optimiza la relación ventilación /perfusión mejorando la oxigenación y aumentando la CRF. Otros efectos de la EPAP son el de contrarrestar el autoPEEP presente en muchos pacientes con EPOC y asma con agudización grave, evita la reinhalación de CO₂ y la formación de las temidas atelectasias pulmonares.

Otras patologías con indicación VMNI doble nivel de presión:

Enfermedades obstructivas:

- Asma: algunos estudios, de diseño heterogéneo y muestra pequeña, sugieren que el uso de la VMNI, junto con el tratamiento médico convencional puede ser beneficioso en pacientes con crisis asmáticas. En caso de aplicar VMNI en pacientes seleccionados con status asmático, se debe realizar siempre bajo una estrecha monitorización, donde si es necesario no se demore la IOT y conexión a VM (grado C de recomendación).
- Fibrosis quística: en enfermos con fibrosis quística evolucionada se ha utilizado con éxito la VMNI como puente al trasplante pulmonar.

Enfermedades restrictivas:

- Enfermedad restrictiva extrapulmonar (neuromusculares, toracógenos): aunque no existen amplios estudios prospectivos, se acepta que la VMNI es beneficiosa en estos pacientes con insuficiencia respiratoria aguda o, más frecuentemente, crónica reagudizada. Una vez superado el momento agudo, habrá que reevaluar al paciente para valorar la necesidad de VMNI a largo plazo.
- Síndrome de obesidad-hipoventilación: es muy frecuente encontrarse con estos pacientes en situación de insuficiencia respiratoria global agudizada/encefalopatía hipercápnica. Aunque en esta patología tampoco existen amplios estudios prospectivos randomizados, y probablemente no sea ético realizarlos, el uso de la VMNI se ha demostrado eficaz en las agudizaciones (grado C de recomendación). También deberemos plantearnos su uso a largo plazo.

Recomendación de inicio:

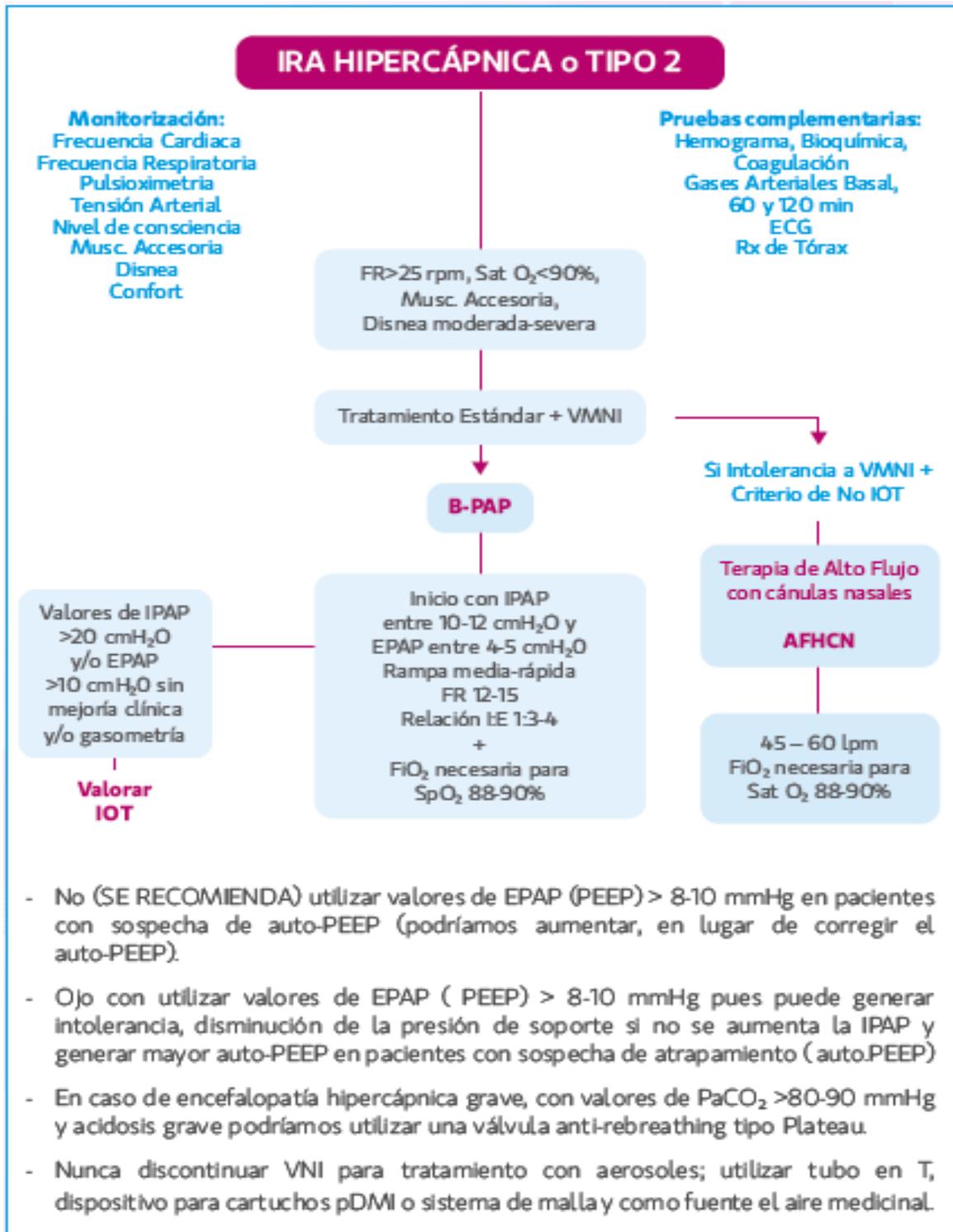
- Oxigenaremos al paciente con la FiO₂ mínima indispensable con un sistema convencional de oxigenación mientras preparamos el ventilador. Cama 45°.
- Monitorización básica: SpO₂, capnografía, TA, FC, FR, nivel de conciencia.
- Seleccionar interfase.
- Explicaremos al paciente las sensaciones que va anotar y si es posible le invitaremos a participar, por ejemplo, sujetando la mascarilla.
- Programaremos la ayuda inspiratoria (IPAP): iniciar con valores de 10-12 cm de H₂O progresando 2-3 cm de H₂O cada 10-15 min hasta conseguir la IPAP mínima necesaria que reduzca la FR, obtenga un volumen corriente aproximado de 5-7 ml/kg de peso ideal (es necesario tener sentido común y no pretender conseguir un volumen corriente según la fórmula y el peso ideal en un tórax que por su patología nunca podrá generarlo) con la mínima fuga posible y con un paciente confortable. Los valores de IPAP medios que recomiendan oscilan entre 15-25cm H₂O. Valores mayores de 25-30 de IPAP suponen

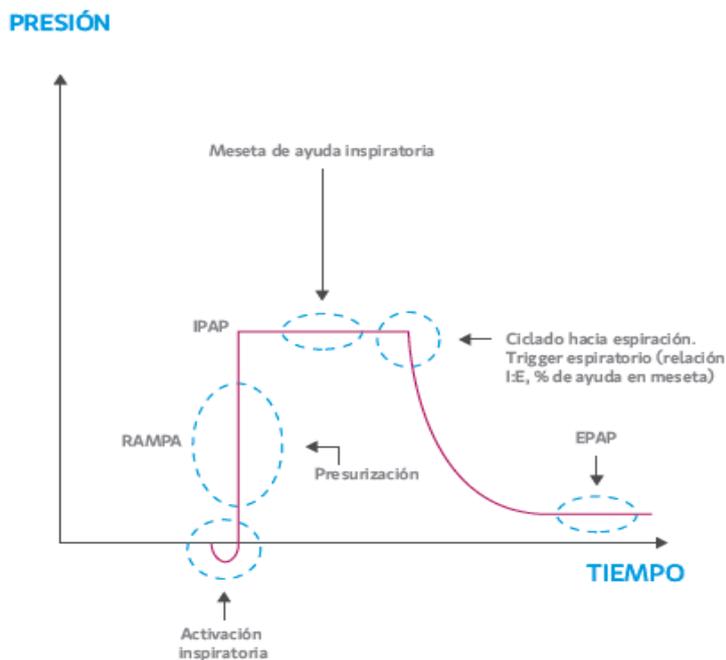
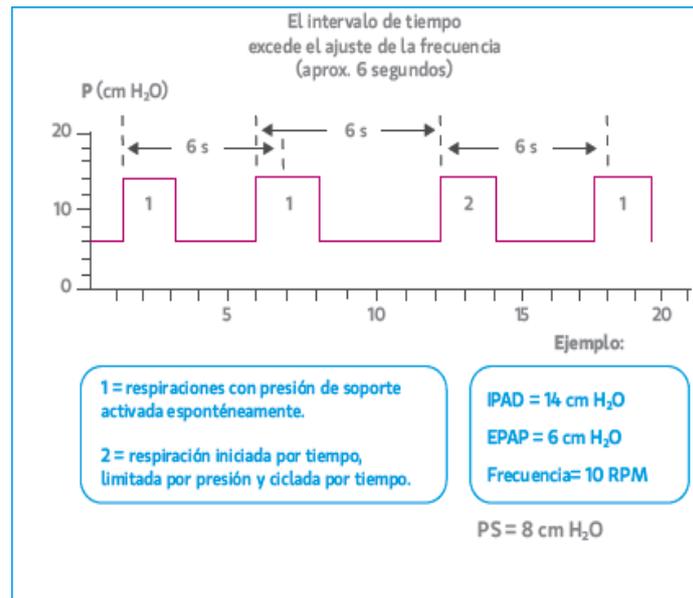
mayor riesgo de fugas, intolerancia, fallos de ciclado y/o riesgo de IOT y mayor morbi-mortalidad tras ésta.

- Programar la EPAP: iniciaremos con la EPAP de 5 (mínima efectiva) y progresaremos hasta un valor mínimo efectivo que oscilará entre 4-8 cm de H₂O hasta conseguir una correcta sincronía entre ventilador y paciente, una correcta oxigenación (reclutamiento) evitando el auto-rebreathing. Valores mayores de 8 cm de H₂O no son recomendables salvo que el paciente presente una hipoventilación por obesidad severa, torácicos con cifoescoliosis severa (oxigenación) y en obstrucciones severas de vía aérea o si existe un autoPEEP grave.
- La Rampa: en los primeros momentos el paciente precisa y demanda un flujo de gas importante y rápido. Utilizaremos una rampa rápida, pero sabiendo que cuando mejore ésta deberá modificarse (más lenta) para evitar inútiles desequilibrios entre la necesidad del paciente y la ayuda ofrecida.
- La FiO₂: la mínima necesaria para mantener una SpO₂ entre 85-89%.
- FR: como estamos ante un modo espontáneo puro, la FR programada será de seguridad que actuará en situaciones en que el ventilador no detecte actividad (flujo) por parte del paciente (apneas, bradipneas). Programaremos una FR siempre menor que la del paciente, habitualmente entre 12-15 rpm, es decir, $60 \text{ seg}/12 \text{ rpm} = 5$, si el paciente presenta una apnea de 5 segundos el ventilador la envía 12 rpm de seguridad.
- Tiempo inspiratorio: igual que con la FR sólo se activará en situaciones de seguridad y en paralelo con al FR programada. Utilizaremos tiempo inspiratorios prolongados (1,2 – 1,5 seg) en pacientes con IRA restrictiva (EAP, SAOH, torácico) y más cortos (0,8 – 1,2 seg) en situaciones de IRA obstructiva-hipercápnica para permitir un vaciado completo en espiración.
- Ciclado hacia espiración (trigger espiratorio, relación I:E): la mayoría de ventiladores bilevel, utilizan triggers de flujo (más rápidos y eficientes), lo importante será determinar el punto de corte (en la meseta inspiratoria) de caída de flujo inspiratorio que finalice la ayuda inspiratoria y permita al paciente iniciar la espiración; muchos de estos ventiladores lo realizan de forma automática cuando falta un 25-35% de meseta inspiratoria (territorio de una relación 1:2). Si existe la posibilidad de modificar el trigger espiratorio programaremos el punto

de corte (%) en meseta inspiratoria) según la patología origen de la IRA; así en obstructivos con un más que posible auto-PEEP (AEPOC) el punto de corte de flujo (caída de flujo) será más precoz (I:E 1:2 – 1:4. “Falta aproximadamente el 40-50% de ayuda en meseta”) para dar más tiempo a la espiración y vaciado pulmonar. Viceversa en los restrictivos (I:E 1:1 – 1:2). Éstos son demandantes de mayor tiempo de ayuda inspiratoria (EAP, neuromusculares SOH, SAOS, Overlap). Hay que recordar que el ciclado, FR y rampa deben de estar en concordancia (“no se puede ser rápidamente lento ni lentamente rápido”).

- Controles gasométricos a los 60-120 min (recordar que en la IRA hipercápnica la mejoría clínica puede ir por delante de la gasométrica y manifestarse en gasometrías de control más tardías). Los siguientes controles dependerán de la situación del paciente, pero se recomienda un nuevo control a las 8-12-24h de iniciada la VNI.
- Se podrá utilizar válvulas antirebreathing tipo Plateau ante situaciones de hipercapnia grave con acidosis respiratoria y alteración del nivel de consciencia.
- Nunca discontinuaremos la VNI para administrar aerosolterapia.





b) ***Insuficiencia respiratoria hipóxémica:***

- **EAP:** la VMNI constituye una norma de buena práctica clínica en el tratamiento de EAP (grado de recomendación A). La tendencia actual es utilizar CPAP en casos de hipoxemia aislada y utilizar dos niveles de presión (BIPAP) cuando se acompañe de hipercapnia.

- **Neumonía aguda de la comunidad/síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA):** en casos muy seleccionados estos pacientes pueden beneficiarse del uso de la VMNI, si bien debe realizarse en una unidad de cuidados intensivos y no demorar nunca la instauración de la ventilación invasiva. Una mención especial merecen los pacientes inmunodeprimidos donde el uso de la ventilación no invasiva en un estadio temprano de la insuficiencia respiratoria puede evitar la necesidad de intubación, evitando así las complicaciones infecciosas secundarias a la ventilación mecánica que en estos enfermos se asocia con una alta tasa de mortalidad.
- **Casi-ahogado:** su uso precoz disminuye el número de IOT y complicaciones. En el fondo se deberá de actuar de forma similar al EAP o SDRA leve.
- **EAP no cardiogénico (hemodializados):** se siguen las mismas recomendaciones que con el EAP cardiogénico; el uso precoz permite realizar una actuación más eficiente, menos precipitada e incluso dializar aplicando VNI.
- **Intoxicación por gases tóxicos (CO):** la evidencia es mínima y genera controversias frente al uso de O₂ convencional con FiO₂ 100% pero lo que sí se ha comprobado y estudiado en pacientes con IRA rescatados de un incendio con niveles de carboxi-Hb elevados que el uso de CPAP con FiO₂ del 100% reduce el número de IOT, ingresos en UCI, uso de cámaras hiperbáricas y complicaciones tardías (neurológicas).
- **Trauma torácico sin neumotórax.**
- **Insuficiencia respiratoria aguda y contraindicación de intubación orotraqueal:** en pacientes que por diversas condiciones no son candidatos o rehúsan la intubación y la ventilación mecánica invasiva pueden beneficiarse de la VMNI en situaciones de insuficiencia respiratoria de causa reversible, con una tasa de éxito según diversos estudios en torno al 50%.
- **Destete** de la ventilación mecánica invasiva e insuficiencia respiratoria postextubación.

VMNI en IRA HIPOXÉMICA: EAP

La fisiopatología del EAP deriva de un aumento en la presión de llenado del VI que de forma retrógrada genera un aumento en la presión capilar pulmonar y por fenómenos osmóticos un paso de líquido al espacio intersticial y finalmente también al espacio alveolar con un desequilibrio en el trasiego alveolo-capilar. Todo deriva en un aumento de las resistencias pulmonares, una disminución de la compliance, una disminución de la capacidad residual pulmonar (CRF) y una alteración en el intercambio alveolocapilar de gases (shunt). Esto es causa de hipoxemia y de una necesidad de aumento del trabajo de la musculatura respiratoria que precisa generar mayor presión negativa para introducir aire en la cavidad torácica, este aumento en la presión negativa intra-torácica genera per sé consecuencias hemodinámicas con aumento en pre y post-carga que complican la situación de un corazón insuficiente.

El uso de presión positiva intra-torácica con o sin presión de soporte en situación de edema intersticial o alveolar genera unos efectos beneficiosos hemodinámicos y ventilatorios, desde el punto de vista hemodinámico el aumento de la presión intratorácica provoca una disminución del retorno venoso sistémico y por tanto de la pre-carga del ventrículo derecho, una relajación de la pared del VI, además de una disminución del gradiente de presión entre VI y arterias extra-torácicas y por tanto de la post-carga y en definitiva una mejoría del gasto cardiaco pero sólo en corazones insuficientes independientemente del tipo de insuficiencia cardiaca origen (sistólico, diastólico). La presión positiva provoca a nivel alveolar un reclutamiento progresivo de los alveolos ocupados o colapsados total o parcialmente con un aumento en las unidades disponibles para el intercambio alveolocapilar (reducción del shunt), una mejoría en la compliance y un aumento en la CRF; si además añadimos presión de soporte se producirá una descarga de trabajo de la musculatura ventilatoria con aumento de los volúmenes dinámicos.

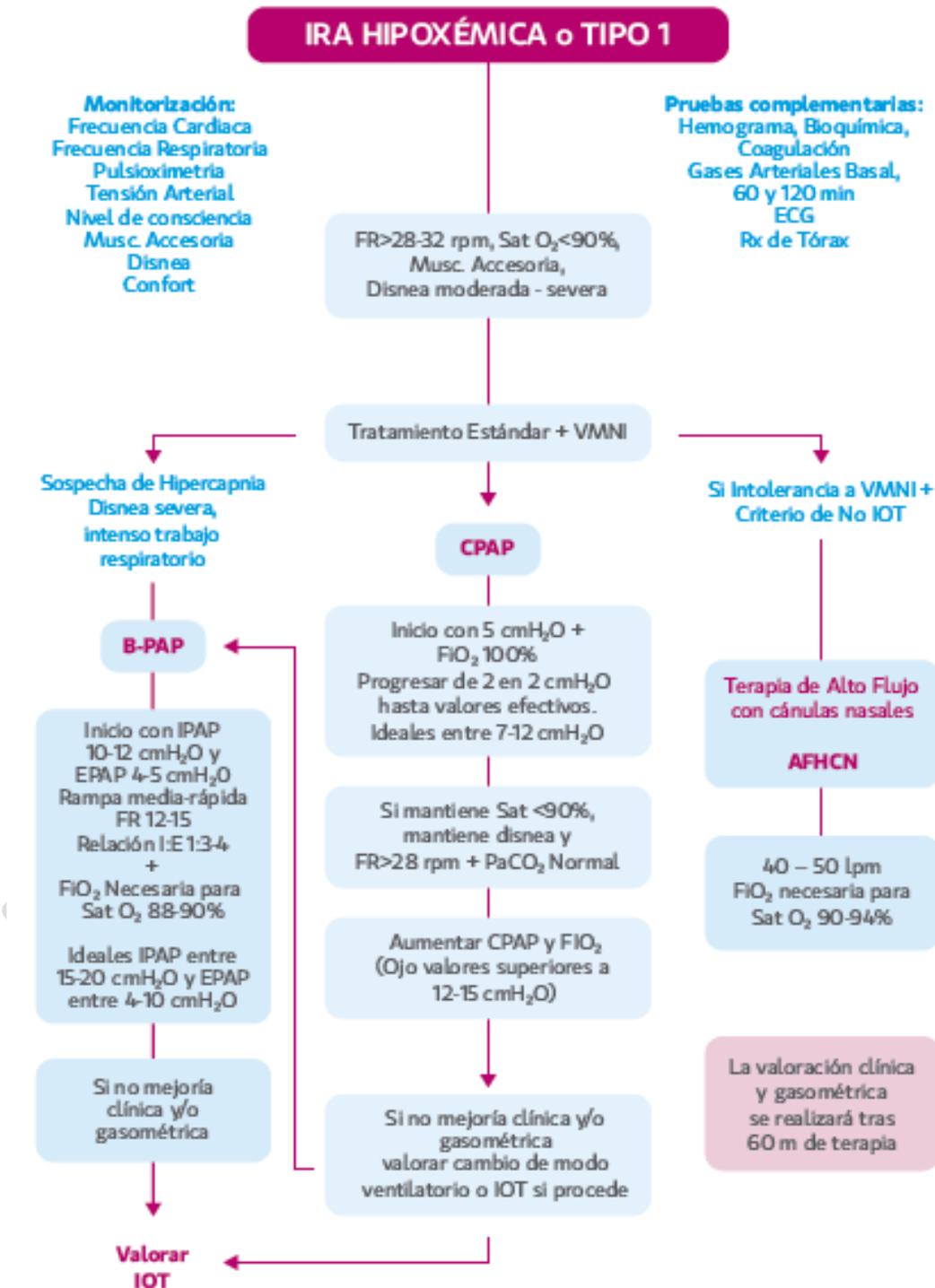
En situación de EAP (sin sospecha de hipercapnia-patología crónica respiratoria-trastorno ventilatorio del sueño) se recomienda **CPAP** de forma lo más precoz posible, reservando el uso de presión de soporte doble nivel de presión para aquellos pacientes con sospecha confirmada hipercapnia, antecedente clínico de EPOC-trastorno crónico ventilatorio-

patología del sueño, intenso trabajo respiratorio o incapacidad de la CPAP para controlar el cuadro, siempre y cuando no exista indicación de intubación. El uso de doble nivel de presión controla de forma más rápida la sintomatología y las alteraciones gasométricas cuando se compara con CPAP.

Recomendación de inicio:

- De inicio (salvo sospecha de hipercapnia/intenso trabajo respiratorio): usar un sistema no mecánico de CPAP. Mientras se prepara el dispositivo de CPAP utilizar un sistema convencional de oxigenación con FiO₂ 100%. Cama a 45° y monitorización básica (SpO₂, TA, FC, FR, nivel de consciencia). Seleccionar la interfase.
- Explicar al paciente las sensaciones que va anotar y si es posible le invitaremos a participar, por ejemplo, sujetando la mascarilla.
- Iniciaremos con PEEP 5 cm H₂O (valor mínimo de presión positiva para iniciar y mantener el reclutamiento). Progresar de 2 en 2 cm H₂O hasta presión mínima efectiva (primeros 5-10 min de tratamiento) que mantenga SpO₂ alrededor de 93-94%, con confort y disminución de disnea (primeros 10-15 min). Valores habituales de tratamiento en el EAP serán 7-12 cm H₂O (valores > 15-18 cm H₂O sin conseguir objetivos pueden hacer que tengamos que cambiar de modo ventilatorio o debamos valorar intubar al paciente, salvo cuando usemos casco tipo Helmet que usaremos flujos y presiones más elevadas).
- Control clínico cada 10-15 min durante los primeros 60 min esparciendo progresivamente.
- Control gasométrico a los 60-120 min. Es frecuente, sobre todo en pacientes con IRA hipercápnic, que la mejoría clínica sea más precoz que la gasométrica y exista discordancia clínico-gasométrica.
- Cuando iniciar la retirada de la CPAP: si tras el segundo control gasométrico el paciente se encuentra también estable desde el punto de vista clínico (FR, FC, TA, disnea controlada, SpO₂ alrededor de 93%), podemos iniciar (igual que subimos para alcanzar la CPAP efectiva) el descenso de 2 en 2 cm H₂O cada 30 min hasta valores de 4-5 cm de H₂O; si persiste la situación de estabilidad retiraremos la CPAP, sustituyéndola si es posible por un dispositivo de terapia de alto flujo a 35-40 lpm. Si no se dispone de este colocar un sistema “convencional” de O₂ que mantenga SpO₂ alrededor de 93%. Se recomienda iniciar

antes (o de forma paralela a la CPAP) la reducción de la FiO₂; 15-20% cada 30 min hasta conseguir con una FiO₂ ≤ 50% una SpO₂ alrededor de 93%.



MONITORIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AL TRATAMIENTO:

La monitorización en la VMNI tiene dos objetivos: proporcionar vigilancia y control de la situación clínica aportando seguridad, y servir de guía para ajustar o corregir, en función de los datos obtenidos, los parámetros de la ventilación y el resto del tratamiento, logrando así mejores resultados. No debemos que el mejor sistema de monitorización no sustituye a una buena observación clínica. Hay algunos factores que debemos tener en cuenta antes de iniciar la VMNI puesto que no pueden orientar al posible éxito o fracaso del tratamiento:

Factores predictores de la respuesta a la ventilación mecánica no invasiva	
Éxito	Fracaso
PaCO2 elevada con gradiente alveolo-arterial de O2 bajo y un pH 7,25-7,35	Secreciones respiratorias abundantes.
Mejoría después de 1h de VMNI en el pH, la PaCO2 y la frecuencia respiratoria.	Neumonía en RX tórax.
Buen nivel de conciencia	Edéntulo o presencia de otras alteraciones que dificulten el ajuste adecuado de la interfase.
	Estado confusional o afectación del nivel de conciencia.
	Estado nutricional malo.

Uno de los factores cruciales en el éxito del tratamiento con VMNI radica en la actuación de la enfermería:

- **OBSERVACIÓN DIRECTA:** la interacción paciente-respirador y la respuesta a la VM deben ser supervisadas cuidadosamente, especialmente durante las primeras 48h, y estrictamente los primeros 30 a 60 minutos. La monitorización será adecuada si la relación “número de enfermeras por paciente” es adecuada. El personal entrenado se encargará de ajustar la mascarilla eliminando fugas, aspiración de secreciones, mantener la posición correcta del paciente, identificar los primeros signos de fatiga muscular (aumento de frecuencia respiratoria,

empleo de musculatura accesoria, ...), de deterioro neurológico, aparición de complicaciones, extracción de controles gasométricos y, por supuesto, de valorar los datos obtenidos por la monitorización externa.

- VIGILANCIA DEL VENTILADOR: evaluar el correcto funcionamiento. Ajustar las alarmas y comprobar que funcionan los indicadores acústicos y luminosos. Comprobar que el patrón ventilatorio establecido corresponde a los parámetros pautados.

- VIGILANCIA DEL PACIENTE:
 - Monitorizar y registrar: presiones, volúmenes, fracción inspiratoria de oxígeno, saturación de oxígeno, CO₂ en aire espirado, presión positiva espiratoria (PEEP), frecuencia respiratoria, modo de ventilación, etc...
 - Comprobar la adaptación del paciente al ventilador comprobando: cambios en la frecuencia y profundidad de la respiración, existencia de acortamiento de la respiración y uso de musculatura accesoria y simetría del movimiento del tórax:
 - Vigilar el estado hemodinámico del paciente (TA, FC) y la morfología de la onda de pulsioximetría.
 - Control de diuresis.
 - Vigilar el nivel de conciencia, apatía e intranquilidad en pacientes no sedados.
 - Vigilar el color de la piel y llenado capilar.
 - Vigilar la reacción psicológica de la imposibilidad de la comunicación (ansiedad, ira, hostilidad, etc.).
 - Control de gases arteriales ó capilares.

- HUMIDIFICACIÓN E HIGIENE:
 - Humidificación del aire inspirado.
 - Higiene de vía aérea superior.
 - Lavado de boca.
 - Lavado de nariz.

- CONTROL DE LA INFECCIÓN:
 - Métodos efectivos de limpieza, desinfección y esterilización del material.
 - Correcto lavado de manos antes y después de cualquier manipulación.
 - Cuidado de los equipos de terapia respiratoria.
 - Cambios de tubuladura de los ventiladores según protocolo de la unidad.
 - Cambio de humidificadores y nebulizadores según las instrucciones del fabricante o protocolo de la unidad y siempre que se manche de secreciones.

- PREVENIR LAS NEUMONÍAS POR BRONCOASPIRACIÓN:
 - Posición del paciente sometido a ventilación mecánica ligeramente elevado del plano horizontal de la cama.
 - Las aspiraciones de secreciones orofaríngeas y nasofaríngeas deben de ser al menos cada 3h.
 - Valorar las secreciones: color, viscosidad, etc. Anotar.
 - Evitar vómito y regurgitaciones comprobando periódicamente la tolerancia a la nutrición enteral.

- APOYO PSICOLÓGICO:
 - Tratar al paciente con amabilidad, brindándole apoyo y empleando comunicación verbal y no verbal.
 - Ofrecer información útil sobre los aparatos a los que está conectado, técnicas que se les van realizando y orientarle en el medio.
 - Explicarle la imposibilidad de hablar mientras se está ventilando.
 - Formular preguntas correctas sobre lo que se piense que el paciente puede sentir, desear o tener.
 - Facilitar la comunicación proporcionando medios de escritura o elementos visuales.
 - Permitir si es posible la entrada de familiares a intervalos frecuentes.

PARÁMETROS A MONITORIZAR:

- Adaptación/sincronía paciente-respirador.
- Frecuencia respiratoria/uso de la musculatura accesoria.
- Nivel de conciencia.
- Hemodinámica/diuresis.
- Nivel de fugas.
- Frecuencia cardíaca y saturación de O₂ mediante pulsioximetría continua.
- Gasometría arterial: antes de iniciar la VMNI, en la 1^a-2^a hora y continua según criterio.
- Monitorización de efectos secundarios.
-

NIVELES DE MONITORIZACIÓN:

- Observación clínica regular o continua.
- Oximetría continua (pulsioximetría) con alarma de desaturación.
- Frecuencia cardíaca.
- Frecuencia respiratoria.
- Control gasométrico fácilmente disponible.

Como monitorización deseable tenemos:

- Electrocardiograma y presión arterial.
- Datos de volumen espirado y fugas.
- Medidas de sincronización paciente-respirador.
- Curvas de flujo y presión.
- Alarmas: del respirador (desconexión, volumen mínimo, presión máxima...) y de los monitores empleados (desaturación, bradicardia-taquicardia).
- Medidas no invasivas de CO₂: pCO₂ transcutánea o pCO₂ espirado.

EFECTOS ADVERSOS. COMPLICACIONES:**Relacionados con la máscara:**

- Incomodidad o disconfort: frecuencia: 30-50%. Solución: ajustar mejor la mascarilla, ajustar los arneses o buscar otros modelos.

- Eritema facial. Frecuencia: 20-34%. Solución: aflojar los arneses ligeramente, teniendo cuidado de no producir fugas.
- Claustrofobia: frecuencia: 5-10%. Solución: usar mascarillas más pequeñas, tranquilizar al paciente.
- Rash acneiforme: frecuencia: 5-10%. Solución: emplear soluciones tópicas con esteroides o antibióticos.
- Úlceras por presión: frecuencia: 5-10%. Debemos usar apósitos hidrocoloides en las zonas de apoyo y utilizar la mascarilla adecuada fijándola sin excesiva tensión. Pueden ser útiles cremas hidratantes oleosas en los puntos de presión durante los periodos de descanso.

Relacionados con la presión o el flujo:

- Fugas: frecuencia 80-100%. Soluciones: ajustar bien la máscara y los arneses, incentivar el cierre de la boca con sujeta-mentón. Si es preciso, usar máscaras orofaciales, reducir la presión inspiratoria ligeramente.
- Congestión y obstrucción nasal: frecuencia 20-25%. Soluciones: tratamiento tópico con suero salino y/o corticoides tópicos.
- Sequedad de mucosas: boca y nariz. Frecuencia: 10-20%. Soluciones: evitar fugas bucales con sujeta-mentón, evitar presiones inspiratorias > 20 cm H₂O₂, acoplar un humidificador/calentador.
- Irritación ocular: frecuencia 10-20%. Producidas por fuga de aire hacia los ojos. Soluciones: comprobar el ajuste de la máscara y ajustar bien los arneses. Si no es suficiente, reducir la presión.
- Dolor de nariz y oído: frecuencia 10-30%. Solución: disminuir la presión inspiratoria.
- Distensión abdominal: frecuencia 5-10%. Evitar presiones inspiratorias muy altas (> 20 cm de H₂O₂) y mejorar adaptación al respirador. Se recomienda en estos casos que el paciente adopte la posición de decúbito lateral izquierdo al iniciar la ventilación. Plantear la necesidad de SNG.

Complicaciones mayores. Son muy poco frecuentes y como tal deben considerarse:

- Broncoaspiración: frecuencia $< 5\%$. Debemos realizar una selección adecuada de pacientes capaces de proteger la vía aérea y enseñar al paciente a liberarse de la mascarilla en caso de vómito.
- Hipotensión: frecuencia $< 5\%$. Soluciones: reducir la presión inspiratoria.
- Neumotórax: frecuencia $< 5\%$. Soluciones: insertar tubo drenaje.

RETIRADA DE LA VMNI:

Si en un paciente detectamos dificultad para tolerar el tratamiento o los resultados clínicos y/o gasométricos no son favorables, debemos plantearnos de forma sistemática una serie de factores susceptibles de ser corregidos antes de considerar la retirada del soporte ventilatorio no invasivo:

a) Criterios de fracaso de la VMNI:

- No mejoría del estado mental.
- No mejoría de la disnea/trabajo respiratorio.
- Intolerancia del paciente.
- Inestabilidad hemodinámica.

Si no se pueden corregir las causas del fracaso o la situación clínica lo requiere valorar IOT e ingreso en la unidad de cuidados intensivos.

b) Duración y retirada:

- No existe un protocolo fijo, dependerá del tipo de paciente, la patología a tratar y la respuesta y tolerancia a la VMNI.
- Por regla general en situaciones de insuficiencia respiratoria hipercápnica aplicaremos ventilación continua durante las primeras 12-24h o hasta la corrección de la acidosis respiratoria. Durante este tiempo emplearemos periodos de descanso cada 4-5h durante 15-30 minutos para hidratación y toma de medicamentos si el estado del paciente lo permite. En estos periodos de descanso mantendremos al paciente con O₂ en gafas nasales o mascarilla tipo Venturi hasta alcanzar una saturación en torno al 90%.

- Posteriormente iniciaremos periodos de descanso más largos hasta mantener la ventilación sólo en horas de sueño.
- Pensaremos en la retirada cuando: la situación que condujo al fracaso respiratorio haya revertido o mejorado y se mantenga alerta, eupneico, confortable y sin entrar en acidosis respiratoria tras un periodo mínimo de 8h sin VMNI. Debemos valorar siempre la posible indicación de ventilación mecánica a largo plazo/domiciliaria.

CRITERIOS DE RETIRADA DE VMNI TRAS RESPUESTA ADECUADA:

- $FiO_2 < 0,5$ para conseguir $pO_2 > 60$ mmHg o $Sat O_2 > 90\%$,
- $Fr < 25$ rpm.
- Desaparición de la actividad muscular accesoria (tiraje ECM, tórax/abdomen).
- Mejoría subjetiva de disnea.
- Volumen tidal espiratorio 8-10 ml/kg en hipoxémicos y 6 ml/kg en obstructivos.
- Eucapnia para pacientes con IRA y regreso a valores habituales en crónicos.
- Observar sincronización adecuada paciente-ventilador.

DISPOSITIVOS DE VMNI EN URGENCIAS Y EMERGENCIAS:

1. **CPAP de Boussignac:**

Es un sistema abierto que se conecta a una máscara facial, transmitiendo CPAP a la vía aérea del paciente en respiración espontánea. La presión se produce al pasar un flujo de gas (aire u O_2) por un dispositivo, en cuyo interior existe una serie de microcanales que dan lugar a una aceleración de las moléculas del gas, que produce, a modo de válvula virtual, una turbulencia por efecto jet, como una gran turbina en un túnel. Este dispositivo es muy ligero, sencillo de utilizar, permite comunicación con el entorno e impide la intoxicación del CO_2 . El nivel de presión podemos medirlo con un manómetro y sólo depende del flujo de aire que establezcamos. Podemos asociarle un regulador de FiO_2 por efecto Venturi

que se dispensa con el dispositivo, y un sistema para palicar aerosolterapia a la vez que ponemos CPAP. Podemos manejar flujos de hasta 40 lpm que nos darán presiones de 15 cm de H₂O. La FiO₂ administrada al paciente vendrá dada por las necesidades de éste, según su saturación de O₂.

2. Oxilog 3000:

Se puede aplicar con el tanto VMI como VMNI, y tanto en modo CPAP como BiPAP. Incluye alarma de apnea, así como otras múltiples y visualización de curvas de presión. Está diseñado para resistir una caída de una altura de 75 cm, y es apto para el transporte aéreo, tolerando temperaturas desde -20 hasta +50°C. Tiene la posibilidad de establecer un VT desde 50 a 2.000 ml, una relación I:E desde 1:4 a 3:1, tiempo inspiratorio de 0,2 a 10 seg, presión de inspiración, PEEP, trigger, soporte de presión, rampa, un flujo de inspiración máxima de 0-100 L/min, un FR de 2 a 60 rpm y permite una concentración de oxígeno ajustable entre 40 a 100%.

3. BiPAP Vision:

Sistema de ventilación no invasivo versátil, diseñado con tecnología avanzada, muy fiables, que integra un sistema de ajuste automático de sensibilidad y compensación de fugas, que se ajusta a los cambios del patrón respiratorio. Posibilita la aplicación de CPAP, BiPAP, modo espontáneo/sincronizado y ventilación proporcional asistida/sincronizada. Permite el control de FiO₂ con total fiabilidad. Presenta una pantalla que muestra curvas de flujo y presión, monitorización y ajuste de alarmas.

TERAPIA DE ALTO FLUJO CON CÁNULAS NASALES y HUMIDIFICACIÓN ACTIVA (AFHCN).

La elección de un sistema de oxigenación se basa fundamentalmente en la situación clínica del paciente, sus requerimientos de O₂ determinados por el flujo necesario para obtener una FiO₂ continua, así como por el tipo de sistema de administración y la tolerancia a éste.

Los sistemas tradicionales de oxigenación presentan varias limitaciones: el flujo suministrado no es mayor a 15 lpm, los pacientes con

insuficiencia respiratoria presentan un pico de flujo inspiratorio variable que oscila entre 30-120 lpm, flujo superior al ofrecido por los sistemas convencionales lo que supone una dilución (robo del aire ambiente) del O₂ administrado y una disminución de la FiO₂ administrada (como consecuencia no mantenemos una FiO₂ continua y eficiente siendo también desconocida) y la proporción de humidificación-temperatura es mínima y por tanto ofrecemos un gas en condiciones no ideales.

La terapia con **sistemas de alto flujo y cánulas nasales con un gas humidificado/calentado de forma activa (AFHCN)** genera flujos eficaces de hasta 50-60 lpm, asegurando una FiO₂ continua entre 21-100% de un gas optimizado desde el punto de vista de humedad y calor (100% de humedad relativa, 44 mg H₂O/L de humedad absoluta y 37°C) al que se añade un beneficioso efecto de presión positiva al final de las espiraciones. En estas condiciones el paciente recibe de una forma fácil y confortable un gas eficiente, optimizado y que asegura una FiO₂ constante en vía aérea.

Cómo actúan los sistemas de AFHCN:

Estos sistemas de AFHCN consiguen superar o al menos contra-restar la demanda de aire o pico flujo inspiratorio equivalente a la resistencia nasofaríngea del paciente con IRA y taquipnea. Así, la FiO₂ administrada será más real y controlada (menor efecto dilución or intercambios con el medio ambiente), reducimos el trabajo respiratorio, la frecuencia respiratoria (FR) y la sensación de disnea.

Los sistemas AFHCN entregan el flujo continuo y elevado de un gas directamente en nasofaringe, así se puede conseguir un lavado más eficaz de CO₂, se reduce la posibilidad de reinhalación del gas exhalado, reducimos el espacio muerto anatómico nasofaríngeo creando una reserva de “aire fresco” (oxigenar con menor CO₂) en vía aérea superior.

Estos sistemas generan un nivel de presión positiva a nivel de nasofaríngeo, no constante, dependiente de flujo utilizado y del patrón respiratorio del paciente (si respira con la boca cerrada o abierta). Esta presión oscila entre 2-3 cm de H₂O de media con flujos entre 35-60 lpm con boca abierta y entre 5-7 cm de H₂O con boca cerrada. Este efecto beneficioso mejora el reclutamiento alveolar y colabora a la mejor

oxigenación y a combatir (aunque sea de forma no constante) el posible auto-PEEP del paciente tratado.

De forma fisiológica la nasofaringe se comporta como un sistema de acondicionamiento del gas inspirado para ser entregado al alveolo con unas condiciones óptimas de calor y humedad, pero también ofrece una resistencia anatómica al flujo del mismo. Los AFHCN consiguen minimizar esta resistencia inspiratoria al administrar flujos que contrarrestan/superan el pico flujo inspiratorio del paciente. El control de la FR es un buen indicador clínico para confirmar este beneficio. Así mismo, los sistemas de AFHCN suministran un gas calentado y humidificado de forma activa, en condiciones muy cercanas a las fisiológicas. Así se ofrece mayor comodidad y tolerancia, mantenemos la estructura anatómica mucociliar, optimizamos su biología con menor consumo de energía a la hora de humidificar-calentar el aire, mantenemos su función de aclaramiento evitando la formación de atelectasias (mejora la relación ventilación/perfusión) y sobreinfecciones, todo con mayor confort y disminución del trabajo respiratorio del paciente.

Efectos hemodinámicos de la terapia AFHCN.

Si tenemos en cuenta que los sistemas de alto flujo generan un nivel de presión positiva y que, según algunos trabajos realizados en modelos experimentales y también en voluntarios sanos y en pacientes con patología pulmonar crónica, podría aumentar los volúmenes dinámicos pulmonares es razonable pensar que a nivel torácico se producirían efectos hemodinámicos similares, pero de menor intensidad a los generados por los dispositivos de CPAP. Así podríamos explicar la respuesta positiva a AFHCN de pacientes con insuficiencia cardiaca crónica agudizada en los que persiste hipoxemia y/o disnea refractaria a O₂ convencional.

Características técnicas de la terapia AFHCN:

➤ Interfase tipo cánula nasal cómoda y eficiente con un diseño capaz de ofrecer flujos de hasta 60 lpm, disponibles para pacientes adultos y pediátricos, con tallaje diferencial y capaces de soportar, sin discomfort, el peso de la tubuladura de conexión.

➤ Rotámetros calibrados capaces de suministrar flujos entre 0-70 lpm de un gas puro o de una mezcla procedente bien de mezcladores de alto

flujo (tipo venturi o de doble válvula aire/oxígeno) bien de dos caudalímetros independientes y conectados a una pieza en “Y” adaptada al humidificador o sistemas tipo turbina incorporados al dispositivo de AFHCN capaces de ofrecer flujos altos mediante el mismo mecanismo que lo hace un ventilador mecánico desde aire ambiente.

➤ Un sistema de humidificación-calentamiento activo que es clave para un dispositivo que suministra flujos elevados de un gas a través de cánulas nasales. Lo ideal es acondicionar el gas a condiciones fisiológicas, es decir, humedad relativa del 100% y temperatura de 37°C. Es conveniente incorporar un analizador de O₂ para asegurar en todo momento de una forma fiable la FiO₂ predeterminada.

➤ Tubuladuras de conexión: con una resistencia interior que evite variaciones en la temperatura y posibles condensaciones. Se recomienda usar agua desionizada o de lavado simple, en envase de plástico, como fuente de humidificación. Recordaremos que si existen periodos de desconexión, el sistema de AFHCN deberá de apagarse evitando gastos innecesarios y condensaciones.

INDICACIONES de la AFHCN:

1. **IRA en hipoxemia:** IRA moderada que no corrige la hipoxemia-taquipnea-disnea con sistemas convencionales de oxigenación. El mantenimiento de una FiO₂ estable y la presión positiva son la base de una correcta oxigenación.
2. Insuficiencia cardiaca aguda: el uso de AHFCN mejora de forma precoz la disnea, reduce la FR y mejora la oxigenación. Su uso en EAP es más complicado ya que en esta situación se necesitan presiones positivas constantes y mayores que las que en teoría ofrece el AFHCN, pero los resultados en pacientes con EAP en situación paliativa intolerantes a la VNI que se “rescatan” con esta terapia son prometedores.
3. Neumonía.
4. Insuficiencia Respiratoria Hipercápnica. EPOC. Bronquiectasias: es evidente que los trastornos de la actividad mucociliar, inflamación, bronquiectasias pueden beneficiarse de un sistema que ofrece un gas humidificado y calentado a niveles fisiológicos. Pero no sólo a nivel de humidificación sino también en caso de exacerbación de la EPOC (AEPOC) ya que asegurando la FiO₂ mínima necesaria y con el efecto

presión positiva (reducir el trabajo para contrarrestar con menor esfuerzo el auto-PEEP) la terapia de AFHCN podría ser una buena opción con una buena selección del paciente candidato pero sin olvidar que la VNI sigue siendo y teniendo la mayor evidencia en la AEPOC grave.

5. IRA en post-extubados: existen beneficios de los sistemas de AFHCN frente a las convencionales mascarillas venturi a la hora de tratar pacientes con IRA durante el destete, ofreciendo confort, mejor control de disnea y FR, mejoría en el PaO₂/FiO₂ sin variaciones significativas en la PaCO₂/pH con menor número de re-intubaciones. También comienza a existir experiencia mostrando el beneficio de AFHCN en procesos de decanulación y destete difícil en traqueotomizados.
6. Pre-oxigenación antes de la intubación orotraqueal: se ha comprobado que el uso de FHCN reduce los episodios de hipoxemia grave durante la IOT si se compara con la pre-oxigenación con una máscara Venturi con reservorio. Es evidente que con unas cánulas nasales no se interrumpen las maniobras de intubación y se ofrece de forma continua un flujo elevado de un gas calentado y humidificado; así el uso de AFHCN podría disminuir los episodios de hipoxemia sobre todo en pacientes con IRA tipo 1.
7. IRA en bronoscopias y otras técnicas invasivas.
8. Pacientes con situación paliativa.
9. Trastornos crónicos ventilatorios relacionados con el sueño (SAOS, SOH, Overlap) y con mal control de secreciones (bronquiectasias).

CONTRAINDICACIONES:

- * Paciente no colaborador, con agitación no controlada y con deterioro grave del nivel de consciencia.
- * Paciente con PCR u otras situaciones que requieran asegurar vía aérea/IOT.
- * Cirugía nasal reciente que comprometa las coanas.
- * Malformación/traumatismo grave nasal.
- * Obstrucción de vía aérea. Epistaxis no controlada.
- * Mal control de secreciones nasales.

- * Hemoptisis/hematemesis no controlada por el riesgo de regurgitación nasal.
- * Patología inflamatoria/infecciosa que comprometa de forma severa la luz de coanas nasales.
- * Desconocimiento de la técnica.

COMPLICACIONES:

- Dolor torácico al inicio de la técnica, pero autolimitado.
- Cefalea: usar analgésicos de primer escalón.
- Intolerancia al calor y al flujo: los modernos dispositivos permiten regular la temperatura a valores de 31-34-37°C. Hay que recordar que el flujo debe ser aquel mínimo efectivo.
- Epistaxis: siempre anotada pero muy poco frecuente.
- Intolerancia al ruido: en los nuevos dispositivos éste es mínimo.
- Sinusitis: igual que la epistaxis.
- Aspiración de líquido de condensación desde tubuladura y quemaduras causadas por la misma: relacionadas con fungible de mala calidad.

El embarazo no contraindica el uso de AFHCN.

LIMITACIONES:

- Imposibilidad de saber a ciencia cierta, que niveles de presión positiva generamos, así como cuál es su efecto a nivel de reclutamiento alveolar y mejora de la ventilación.
- Dificultad para monitorizar el efecto sobre mejora de un volumen corriente eficiente.
- Monitorización nula a nivel de curvas de presión, flujo y volumen.
- Definir cuál podría ser el papel de las fugas (boca abierta, alrededor de cánula nasal) y su influencia en la terapia.
- Limitada autonomía de los dispositivos (batería).
- Dificultad para explicar algunos efectos como el de lavado de CO₂ y reducción de espacio muerto nasofaríngeo, beneficios del efecto presión positiva a nivel de ventilación reclutamiento alveolar.
- Falta de protocolos claros y consensuados (no se debe retrasar nunca una posible indicación de VNI o IOT).

PROTOCOLO DE INICIO

Se recomienda iniciar flujos de 30-40 lpm con una FiO₂ mínima que mantenga la SatO₂ \geq 93-94% (en casos de patologí pulmonar crónica asociada SatO₂ \geq 88-89%), ofreciendo un gas con una humedad absoluta de 44 mg H₂O/litro, relativa del 100% y una temperatura de 37°C. Progresaremos en los primeros 30 min según respuesta y tolerancia hasta flujos de 50-60 lpm y FiO₂ que puede llegar hasta 100% (alcanzado este flujo deberemos replantearos la indicación y la necesidad de usar otros modos de oxigenación/ventilación).

Es recomendable realizar controles clínicos (FR, FC, PA, SpO₂, escala de disnea y confort) y gasométrico a los 60-120 min y 12-24 h de iniciada la técnica.

En general se recomienda:

1. Utilizar flujos entre 40-50 lpm en pacientes con IRA hipoxémica moderada no SDRA (paradigma la ICA y la neumonía) con una FiO₂ mínima para mantener una SpO₂ alrededor de 93-94% con la humidificación y temperatura ya anotadas previamente.
2. Utilizaremos flujos entre 45-60 lpm en pacientes con IRA hipercápnic moderada (PaCO₂ entre 45-64 mmHg y pH > 7,25. Paradigma la AEPOC, bronquiectasias con mal control de secreciones) con una FiO₂ mínima para mantener una SpO₂ entre 85-89%. Incluso podemos utilizar la terapia con FiO₂ 21%) con la humidificación y temperatura ya anotadas previamente.
3. En el destete recomendamos flujo entre 50-60 lpm.
4. Si usamos AFHCN en pacientes en situación paliativa primaremos el confort y tolerancia sobre parámetros prefijados.
5. Una indicación posible puede ser el destete de pacientes con VNI utilizando terapia con AFHCN en lugar de sistemas convencionales de oxigenación; además de ofrecer un gas optimizado mantendríamos un cierto grado de reclutamiento alveolar (efecto presión positiva) durante los periodos de descanso de la VNI.

Bibliografía:

- Manual de ventilación mecánica no invasiva en la IRA. www.smallirways.com. Es 2018
- Manual de Urgencias. Toled. 2021

MARTAGIL

CAPNOGRAFÍA

La capnografía es una monitorización no invasiva complementaria a la pulsioximetría, ya que esta valora la oxigenación, y mediante la canografía se analiza la ventilación del paciente, midiendo el dióxido de carbono exhalado. Además, puede valorar la perfusión y el metabolismo del paciente en algunos casos.

Historia de la capnografía:

- Los primeros estudios clínicos realizados son de comienzo de la década de los 70 (Smallhout y Kallenda).
- En 1991 la American Society of Anesthesiologist la considera un estándar de monitorización en capnografía.
- En 1995 el American College of Emergency Physicians indica su uso de rutina en pacientes intubados intrahospitalarios y extrahospitalarios.
- En 2000 la AHA recomienda su uso en RCP y tratamiento en paciente crítico intra/extrahospitalario.
- En 2005 la ERC recomienda su uso en PCR.
- En 2007 el European Committee for Standardization incluye la dotación de capnógrafo para las ambulancias de emergencia.
- En 2010 se considera imprescindible su uso en PCR por parte de todas las guías internacionales.
- En 2015 la ERC da “mayor énfasis en la utilización de la capnografía con forma de onda para confirmar y monitorizar de forma continua la posición del TET, la calidad de la RCP y para proporcionar una indicación precoz de la recuperación de la circulación espontánea”.

Fisiopatología respiratoria:

Para comprender e interpretar los diferentes procesos fisiológicos y fisiopatológicos relacionados con la capnografía es necesario comprender el ciclo respiratorio:

- Oxigenación.
- Respiración celular aeróbica.

- Ventilación.

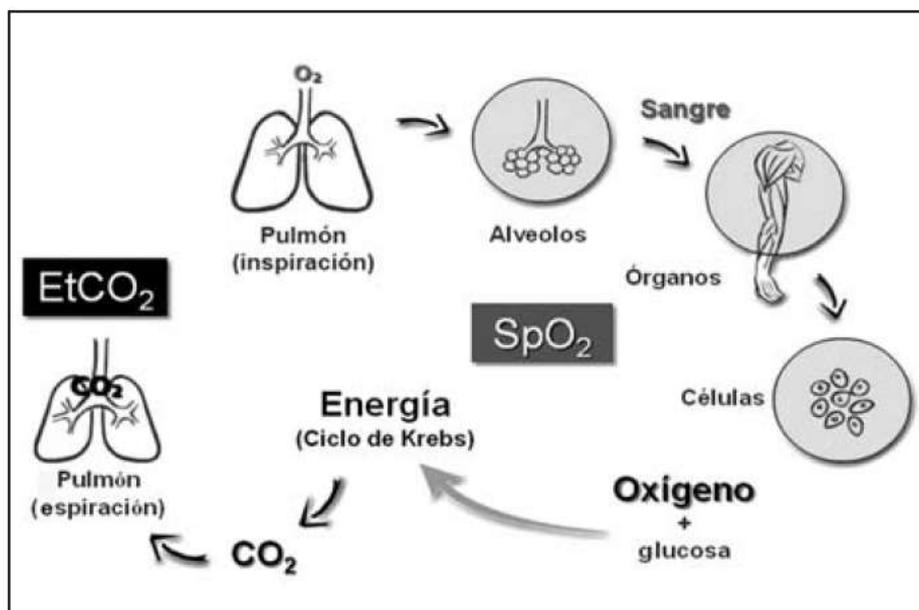


Figura 1. Fisiología del ciclo respiratorio. La oxigenación comprende desde la entrada de oxígeno en los pulmones hasta su llegada a todos los órganos. Este proceso (color gris claro) es monitorizado por pulsioximetría. El ciclo se completa con la ventilación o eliminación pulmonar del CO_2 producido en el metabolismo celular, proceso monitorizado por capnografía. Por tanto, para monitorizar el ciclo respiratorio en su totalidad es necesario emplear capnografía junto con pulsioximetría.

El ciclo respiratorio comienza con la **OXIGENACIÓN**, con la entrada de oxígeno en los pulmones en donde, gracias a la diferencia de gradiente de presión, difunde el O_2 a través de las paredes de los alveolos hacia la sangre de los capilares que los recubren. A continuación el O_2 se une de forma reversible a la Hb formando la oxiHb que es transportada por el torrente sanguíneo a las células del organismo. Esta primera fase se monitoriza mediante la pulsioximetría.

A nivel celular (en la mitocondria), mediante el ciclo de Krebs, el O_2 interviene en la degradación de biomoléculas (glucosa, lípidos y proteínas) liberando energía (ATP), necesaria para el funcionamiento de las células, y productos de deshecho (H_2O y CO_2). Una parte del CO_2 se transforma en ácido carbónico (H_2CO_3) que a su vez se ioniza formando bicarbonato (70%) y otra parte es transportado por la Hb dirección a los pulmones en forma de carboHb ($HbCO_2$).

En los pulmones, donde sucede la VENTILACIÓN, la $HbCO_2$ difundirá por los alveolos el CO_2 al aire exhalado por las vías aéreas. La ventilación es monitorizada mediante la capnografía.

Tras esta descripción del ciclo respiratorio se entiende que es necesario emplear la capnografía junto con la pulsioximetría para monitorizar de forma completa la función respiratoria del paciente. Esta monitorización conjunta nos permitirá detectar precozmente los problemas ventilatorios graves que surjan durante la asistencia como la apnea, la obstrucción de la vía aérea o los problemas hipoventilatorios, y así comenzar antes su tratamiento. La detección de estos eventos graves puede demorarse (incluso entre 2-4 minutos) cuando se emplea únicamente pulsioximetría.

Por otro lado, de la descripción del ciclo respiratorio, puede obtenerse la siguiente observación, que es esencial para comprender los factores que influyen en la interpretación práctica del capnograma: con la capnografía monitorizamos de forma continua la eliminación pulmonar de CO_2 (ventilación), pero esta depende de los dos procesos del ciclo respiratorio que se producen con anterioridad, que son la producción celular de CO_2 (metabolismo) y su transporte por el torrente sanguíneo hasta el pulmón (perfusión). Estos tres factores influirán siempre en la medida del $EtCO_2$ y, además de valorar la ventilación, en algunos pacientes (cuando los otros dos factores permanezcan estables) la monitorización capnográfica podrá emplearse para estimar la perfusión y el metabolismo del paciente.

OXIGENACIÓN \rightarrow SpO_2 + $EtCO_2$ \leftarrow VENTILACIÓN
MONITORIZACIÓN FUNCIÓN RESPIRATORIA

Relación ciclo respiratorio con la capnografía:

- Metabolismo: la producción de CO_2 celular.
- La perfusión: el transporte de CO_2 por el torrente sanguíneo hacia los pulmones.
- La ventilación: la eliminación del CO_2 en los pulmones.

La capnografía además de monitorizar de forma continua la ventilación, nos servirá para valorar la perfusión y/o el metabolismo del paciente cuando 2 de estas 3 variables permanezcan estables o una interpretación conjunta en caso contrario.

Situaciones que aumentan la EtCO₂		
Metabólicas	Perfusión	Ventilación
Hipertermia Aumento actividad muscular (temblor, convulsión...) Dolor	Aumento del gasto cardíaco (RCP)	EPOC hipercápnico Hipoventilación
Otras:		
<ul style="list-style-type: none"> - Administración de bicarbonato. - Liberación de torniquete. 		

Situaciones que disminuyen la EtCO₂		
Metabólicas	Perfusión	Ventilación
Hipotermia Relajantes ms	Descenso del gasto cardíaco (RCP). Disminución de la perfusión pulmonar (TEP, Taponamiento...) Hipovolemias severas súbitas (rotura aneurisma, rotura esplénica...).	Hiperventilación
Otras:		
<ul style="list-style-type: none"> - Cetoacidosis diabética. 		

CONCEPTOS BÁSICOS:

Capnografía: monitorización continua no invasiva de la presión parcial de CO₂ exhalado por el paciente en tiempo real.

Capnograma: es el registro gráfico de la capnografía sobre una línea horizontal (tiempo) y otra vertical (presión parcial de CO₂). El monitor utilizado es el **capnógrafo**.

Tendencia capnográfica: son los datos obtenidos por capnografía y registrados con un gráfico a largo plazo. Útil para observar la evolución del paciente y la respuesta al tratamiento.

Capnometría: medición no invasiva de la presión parcial de CO₂ exhalado al final de la espiración (EtCO₂). El monitor usado es el **capnómetro** y nos muestra un valor numérico, generalmente en mmHg.

Generalmente tanto el capnógrafo como el capnómetro nos ofrecen otro valor de monitorización fiable, que es la frecuencia respiratoria.

EtCO₂ (End tidal CO₂): es la abreviatura de la PetCO₂ y es la medición de la presión parcial de CO₂ al final del volumen corriente espirado.

GRADIENTE (en persona sana):

$$\text{PaCO}_2 - \text{EtCO}_2 = 2-5 \text{ mmHg. (Espacio muerto alveolar)}$$
$$30-43 \text{ mmHg.}$$

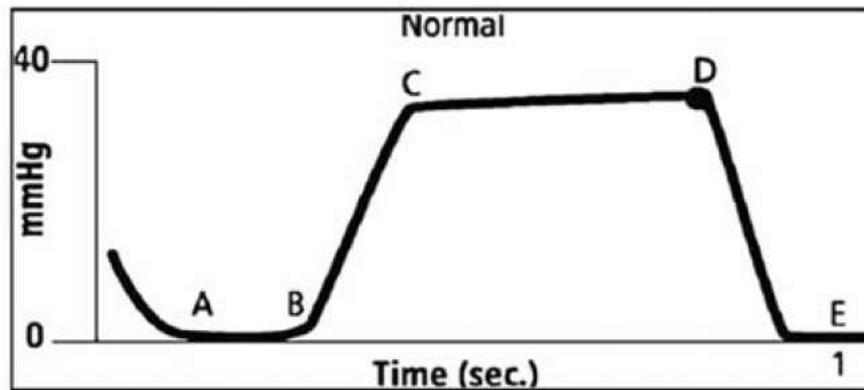
DESCRIPCIÓN DEL CAPNOGRAMA

Figura 2. Descripción de un capnograma normal.
 A-B: fase I (ventilación del espacio muerto, $\text{CO}_2 = 0$).
 B-C: fase II (incremento rápido de CO_2).
 C-D: fase III o meseta alveolar.
 D: EtCO_2 (CO_2 tele-espiratorio o *end-tidal* CO_2).
 D-E: fase IV (inspiración).

El registro capnográfico o capnograma es la representación gráfica de la ventilación del paciente a lo largo del tiempo, registrándose en el eje vertical la presión parcial del CO_2 (mmHg) y en el eje horizontal el tiempo (en segundos). Si se cambia el eje horizontal a minutos obtenemos las tendencias de la capnografía durante la asistencia del paciente, muy útiles para analizar la evolución del mismo o para la interpretación de sucesos clínicos puntuales.

En cada capnograma podemos distinguir las siguientes fases:

1. Fase I: período comprendido entre el final de la inspiración y el comienzo de la siguiente espiración (fig: A-B), durante el cual se ventila el espacio muerto. En esta fase la presión parcial de CO_2 es la ambiental. Al conectarse el capnógrafo reconoce esta presión de CO_2 ambiental y la simula al valor cero, proceso conocido como “autocero”.
2. Fase II: rápida subida de CO_2 al inicio de la espiración por la eliminación de CO_2 del espacio muerto mezclado con CO_2 alveolar (fig: B-C).
3. Fase III: o meseta alveolar (fig: C-D), corresponde a la exhalación del CO_2 del aire procedente de los alvéolos, observándose un ascenso lento y progresivo hasta alcanzar el punto donde la presión parcial de CO_2 es

máxima (fig: punto D). El valor de esta presión parcial de CO₂ al final de la espiración es el CO₂ tele-espiratorio o EtCO₂.

4. Fase IV: en la que la presión parcial de CO₂ decrece rápidamente al inicio de la inspiración (fig: D-E).

DISPOSITIVOS DE MONITORIZACIÓN CAPNOGRÁFICA:

Inicialmente puede observarse que existen distintos métodos no invasivos de medida de la eliminación corporal del CO₂. Por un lado, se han desarrollado diferentes técnicas para medir el CO₂ **transcutáneo** con el fin de estimar el CO₂ arterial sin realizar gasometrías. Estas técnicas no han tenido gran difusión clínica y no están presentes en el medio extrahospitalario.

Limitaciones de monitores de CO₂ transcutáneos:

- Requiere calibraciones costosas y frecuentes.
- En situaciones de shock las mediciones no son fiables.
- Para la medición el electrodo precisa calentar la piel a 41-44°C, con el consiguiente cambio frecuente de la ubicación de estos para no provocar quemaduras en piel o mucosas además de un tiempo de respuesta lenta.
- La PtcCO₂ suele ser más alta que la PaCO₂ (debido a la producción local del CO₂ por el calentamiento) precisando un factor compensador que no todos los dispositivos incluyen.
- El tiempo de respuesta es lento.

Dispositivos colorimétricos:

Son dispositivos desechables de un solo uso y 2h de duración. Se basa en una membrana de pH que cambia de color al reaccionar con el CO₂ de forma reversible.

Es útil especialmente para verificar la intubación orotraqueal.

Medidores de CO₂ exhalado:

Capnógrafos volumétricos: miden el volumen de CO₂ exhalado en pacientes intubados (quirófano).

Capnógrafos /capnómetros temporales: miden la presión parcial de CO₂ exhalado en una línea de tiempo. La mayoría de los dispositivos actuales pertenecen a este grupo y en los respiradores y monitores modernos ya vienen de serie. Cuando la literatura se refiere a capnógrafos se refieren generalmente a estos modelos.

Finalmente, existen dos tipos de capnógrafos según la manera de medir el CO₂:

1. **De flujo principal (o MAINSTREAM):** miden el CO₂ directamente en la vía aérea, colocando el sensor en el TET, por lo que sólo son útiles para pacientes intubados. Al estar el sensor en la vía aérea, la lectura se puede alterar por secreciones, requiriendo calibraciones y reposiciones frecuentes. Necesitan ser esterilizados tras su uso.
2. **De flujo lateral (SIDESTREAM):** el sensor se encuentra dentro del monitor y se mide el CO₂ mediante pequeños volúmenes de muestra aspirada de la vía aérea de forma continua, tanto en el paciente intubado (empleando un adaptador entre el TET y el circuito del respirador) como en el no intubado (empleando una cánula oro-nasal que mide el CO₂ exhalado y que permite la administración simultánea de O₂). Su principal ventaja radica en el uso de material fungible desechable y su mayor problemática es la obstrucción por la condensación de agua en las sondas (existen dispositivos con trampas de agua) o secreciones.

Estos capnógrafos proporcionan lecturas fiables del CO₂ exhalado en todo tipo de pacientes, desde neonatos hasta adultos, sin ser calibrados por el personal sanitario, lo que los hace idóneos para su uso en el medio extrahospitalario.

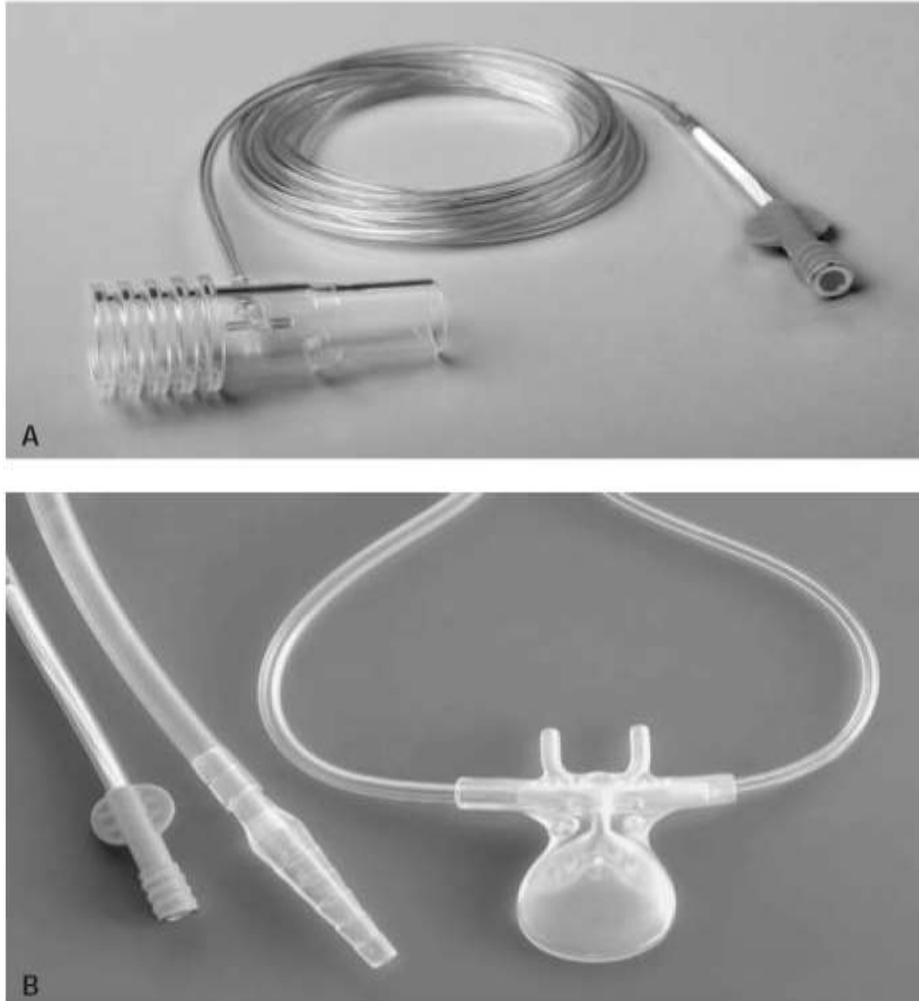


Figura 3. Dispositivos de capnografía de flujo lateral. A: capnografía para pacientes intubados. B: capnografía para pacientes con ventilación espontánea*.

*El tubo estrecho (derecha) vehicula el CO_2 exhalado por nariz y boca hacia el monitor para su medida. Por el tubo ancho (izquierda) puede administrarse O_2 sin que interfiera en la lectura del CO_2 .

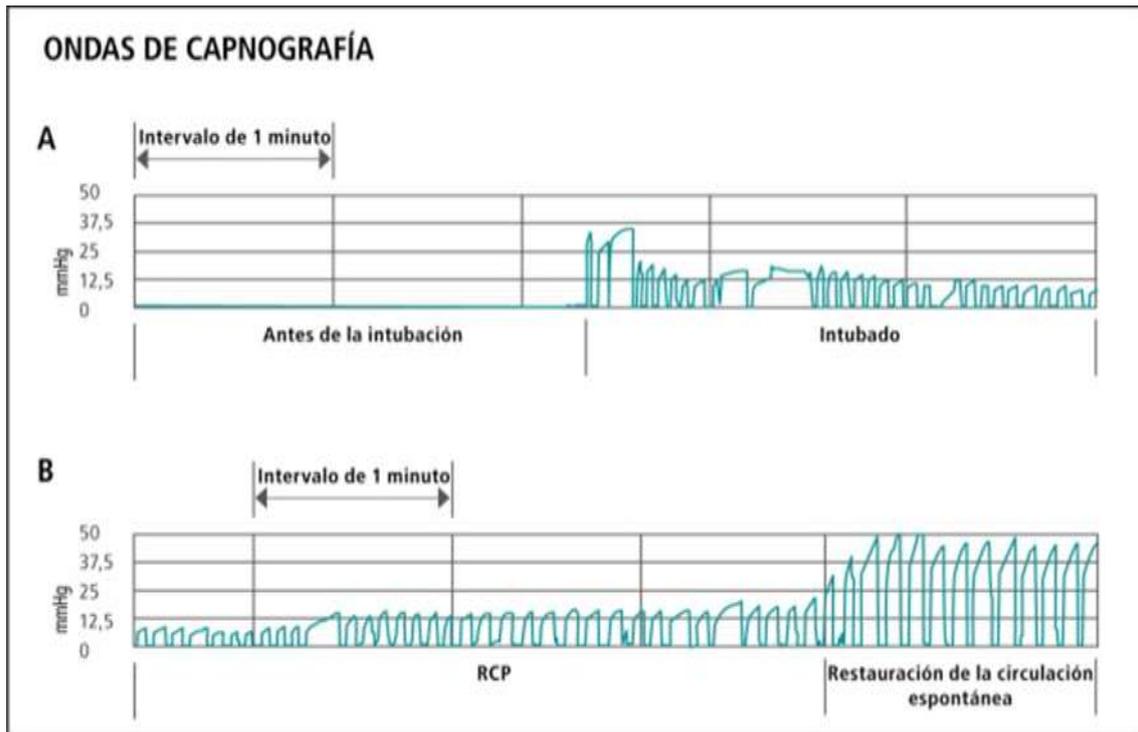
APLICACIONES CLÍNICAS:

Capnografía en el paciente intubado:

Actualmente, los profesionales sanitarios de los SEM pueden emplear la capnografía tras intubar a un paciente para confirmar la colocación correcta del TET, monitorizar la calidad de la reanimación cardiopulmonar (RCP) y controlar la ventilación durante la asistencia al paciente con sospecha de HTIC. De las tres, la indicación más relevante y con mayor evidencia científica es, sin duda, la confirmación de la correcta colocación del TET. Es conocido que la intubación esofágica no reconocida es una complicación potencialmente fatal si no se solventa rápidamente. Diferentes estudios publicados en los últimos años concluyen que los métodos clínicos empleados para la confirmación de la posición del TET (auscultación pulmonar y en el estómago, movimientos torácicos, vapor en el tubo, etc) deben complementarse con un método objetivo, como es la capnografía, para reducir la incidencia de intubaciones esofágicas. Además, monitorizar la ventilación del paciente intubado de forma continua alerta de forma inmediata de la extubación accidental durante el traslado al hospital.

Por otro lado, la capnografía puede emplearse para estimar la perfusión del paciente de forma continua durante la RCP, dado que tanto el metabolismo como la ventilación permanecen constantes. En diferentes estudios se ha descrito que el masaje cardíaco óptimo no logra más del 30% del gasto cardíaco del paciente, por lo que con frecuencia observaremos valores bajos de EtCO₂ durante la RCP y las fluctuaciones que observemos en la tendencia del EtCO₂ serán útiles para valorar la calidad del masaje cardíaco realizado, al estimar de forma no invasiva del gasto cardíaco logrado con la RCP. Asimismo, la elevación súbita y sostenida del EtCO₂ (por encima de 20 mmHg) es una alerta precoz de recuperación de la circulación espontánea, debida a un aumento de perfusión no relacionada con el masaje cardíaco, que se produce antes que la recuperación del ritmo (aparición de QRS estrecho en el monitor) y la recuperación del pulso arterial. Algunos estudios indican que el EtCO₂ inicial está elevado en las paradas de origen respiratorio respecto a las primariamente cardíacas (por fibrilación ventricular y otras arritmias) pudiendo ayudar en la valoración del mecanismo subyacente. Además, puede aplicarse la capnografía como

valoración pronóstica, habiéndose descrito que la persistencia de valores muy bajos de capnografía (EtCO₂ inferior o igual a 10 mmHg durante más de 30 min) en la RCP prolongada es un indicador de la imposibilidad de recuperación del paciente y que niveles altos de EtCO₂ se asocian a una mayor supervivencia.



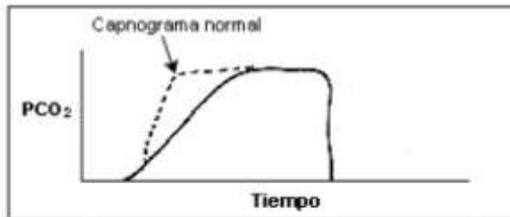
Finalmente, la capnografía también puede emplearse para controlar más estrechamente la ventilación mecánica de los pacientes intubados, lo que es especialmente relevante en aquellos pacientes que son especialmente sensible a las fluctuaciones de CO₂, como los neonatos o los pacientes con sospecha de HTIC (secundaria a TEC o ACV), evitando tanto la hipoventilación como la hiperventilación que agravaría su situación clínica.

Capnografía en el paciente no intubado:

En el medio extrahospitalario, al atender al paciente que conserva la ventilación espontánea la aplicación más relevante de la capnografía es la monitorización diagnóstico-terapéutica del broncospasmo, tanto la crisis

asmática como la reagudización de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

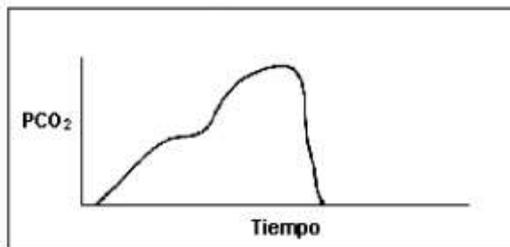
En la crisis de broncoespasmo se produce un aumento de la pendiente de la meseta alveolar del capnograma (fase III), que es mayor cuanto mayor es la severidad de la crisis. Esto es debido a que el vaciado alveolar es asimétrico, produciéndose más lentamente en las zonas broncoespásticas. Este aumento de la pendiente de la fase III hace que la forma del capnograma cambie, dándole una apariencia de aleta de tiburón y, por tanto, el capnograma puede emplearse como una herramienta diagnóstica en estos casos.



Efecto del aumento de resistencia al flujo aéreo (broncoespasmo, tubo endotraqueal acodado).

LENTIFICACIÓN DE LA ESPIRACIÓN

- ✓ Broncoespasmo
- ✓ EPOC
- ✓ Asma
- ✓ TET acodado



Obstrucción bronquial

La **depresión** del primer tramo de la meseta puede deberse a tubo acodado o espasmo bronquial.

Además, dado que la capnografía es una monitorización continua, puede valorar a tiempo real los cambios ventilatorios producidos durante la asistencia. Así, en la fase inicial del broncoespasmo, observaremos cómo el paciente realiza una hiperventilación compensadora para mantener su oxigenación y, por tanto, el EtCO₂ será bajo. Si la obstrucción no se resuelve con el tratamiento broncodilatador y el paciente empieza a cansarse, comienza a hipoventilar y las tendencias del EtCO₂ serán ascendentes, pasando por valores falsamente normales, hasta que la situación no se revierta con un tratamiento eficaz. Por tanto, las tendencias

del EtCO₂ nos indican a tiempo real el estado del paciente y su respuesta al tratamiento aplicado.



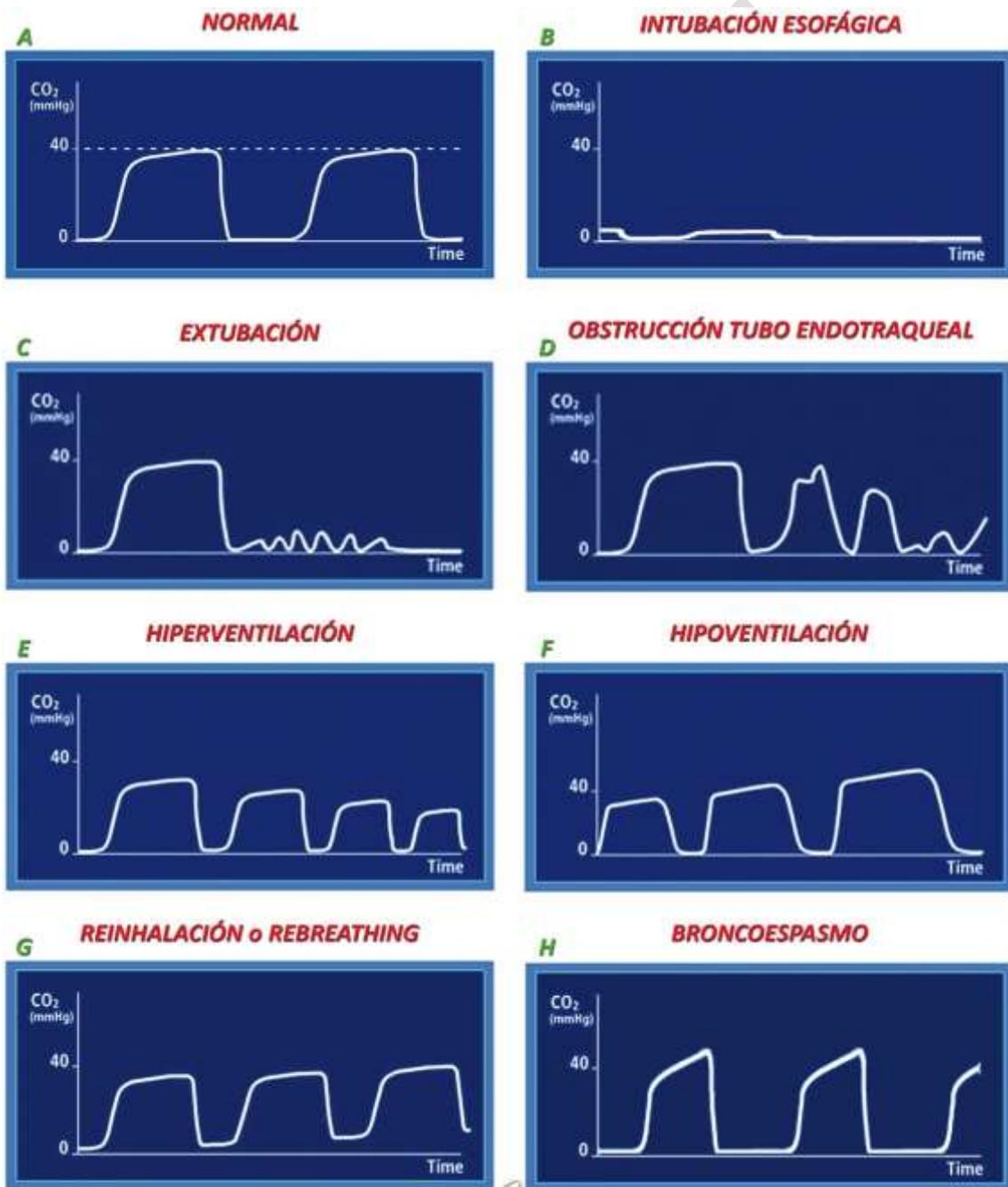
Monitorización de un paciente con broncospasmo. Monitorización multiparamétrica de 3 canales: derivación II electrocardiográfica (canal superior), pulsioximetría (canal intermedio) y capnografía (canal inferior). Obsérvese el capnograma típico con una meseta alveolar con pendiente aumentada (reflejado a menudo en el monitor con “meseta en escalones”) que le confiere una forma de “aleta de tiburón”.

Otra aplicación de la capnografía en el paciente no intubado a tener en cuenta en los SEM es la valoración de los estados de hipoventilación (sedoanalgesia, intoxicaciones por drogas y/o alcohol, accidente cerebrovascular, convulsiones, etc). En estos casos, aporta una información continua de la ventilación del paciente que ayuda a optimizar el tratamiento.

Por otro lado, como monitor de perfusión (complementando de forma continua a la tensión arterial) se emplea la capnografía en estados de shock, donde pueden observarse caídas del EtCO₂ en caso de hipovolemias súbitas (rotura de aneurisma de aorta, rotura esplénica, etc) o al producirse un tromboembolismo pulmonar. Asimismo, como monitor de metabolismo

se ha utilizado la capnografía para valorar la respuesta a la hipotermia, la presencia y gravedad de la cetoacidosis diabética y la gastroenteritis aguda.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que la trayectoria de la capnografía en el medio extrahospitalario es aún corta, siendo de algo más de 10 años en los SEM americanos y de unos pocos años en los SEM europeos, entre los que nos encontramos. Por tanto, la mayoría de la evidencia científica que manejamos en la actualidad sobre esta monitorización proviene de estudios realizados en el medio hospitalario.



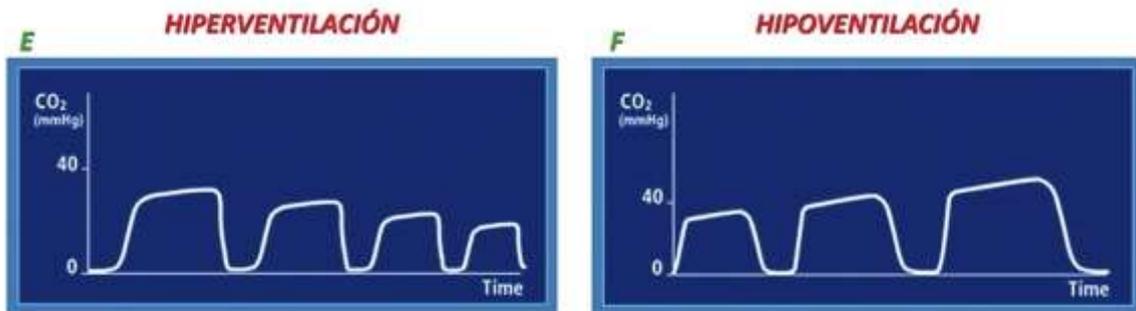
Monitorización de la ventilación en la VMI:

Se considera imprescindible en el paciente intubado, ofreciéndonos información vital que nos posibilita adaptar los parámetros ventilatorios.

Especialmente importante en pacientes sensibles a oscilaciones del CO₂ (TCE, ACV, EPOC, asmáticos, neonatos).

Hiperventilación: provoca vasoconstricción en riego cerebral.

Hipoventilación: provoca vasodilatación en riego cerebral.

**Monitorización de la ventilación en sedoanalgesia e intoxicaciones:**

Permite detectar cuadros de hipoventilación o apnea a tiempo real.

Apnea: ausencia de curva capnográfica durante 15 seg.

Hipoventilación:

- 1º se puede producir una pérdida de la calidad de la curva capnográfica.
- 2º, valores de EtCO₂ > 50 mmHg o incrementos > 10% a la EtCO₂ previa.
- 3º, SpO₂ < 94% (90-120" después).

Ejemplos de capnograma:

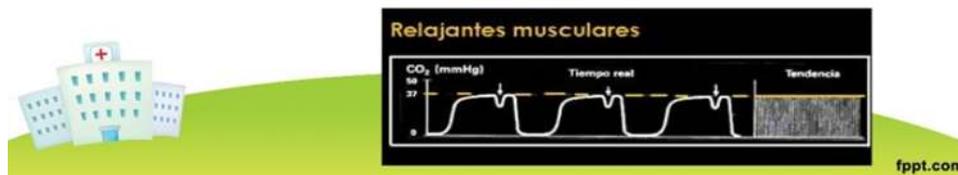
- Disminución del relajante muscular con actividad diafragmática (hendiduras por curare):

NO acción de los relajantes musculares tiene su reflejo cuando aparecen unas hendiduras o melladuras en la meseta de la onda

✓ aparecen cuando comienza a ceder la acción de los fármacos

características:

- Su localización es relativamente constante en cada paciente pero no tienen porque estar presentes en cada respiración



- Válvula espiratoria defectuosa con rehinalación:

Elevación de la línea basal de CO2, habitualmente re inhalación, causas mas frecuentes:

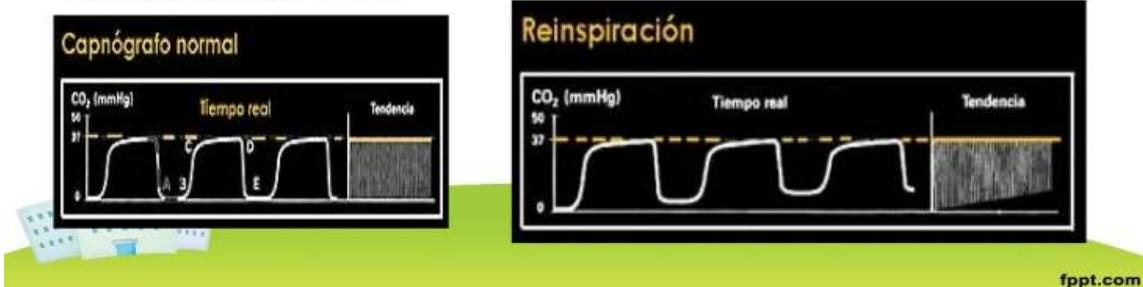
✓ Defecto en la válvula espiratoria del respirador o equipo de anestesia

✓ Flujo inspiratorio inadecuado

✓ Circuitos de rehinalación parciales

✓ Tiempo espiratorios insufientemente cortos

✓ Funcionamiento inadecuado del sistema de absorción de CO2

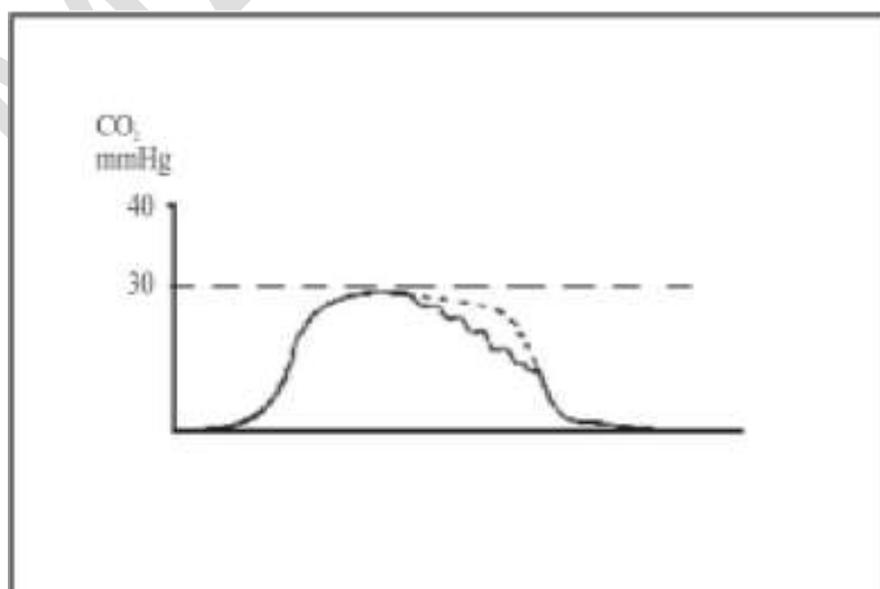


- Fuga en el circuito de ventilación o vía aérea (pérdida alrededor del TOT):

- *Perdida de aire por fallo del TET, la pendiente descendente de la meseta se mezcla con la parte descendente del capnograma.*
- *Las causas son:*
- *Manguito del tubo endotraqueal o traqueostomía desinflado o pinchado.*
- *La vía aérea artificial es demasiado para el tamaño del paciente.*



- Las “oscilaciones cardiogénicas” constituyen una curiosidad y se produce en la fase IV en pacientes con cardiomegalia, estas son producidas por los latidos cardíacos al existir un aumento del volumen torácico. No tienen consecuencias fisiológicas.



- **DESAPARICIÓN DE LA CURVA CAPNOGRÁFICA:**
 - Desconexión del circuito.
 - Apnea.
 - Obstrucción completa del TOT o de la sonda capnográfica.
 - Fallo respirador (no cicla).

CONCLUSIONES

1. La capnografía es la monitorización continua no invasiva de la presión parcial de CO₂ exhalado por el paciente a lo largo del tiempo que puede emplearse en los SEM en todo tipo de pacientes, desde neonatos hasta adultos, tanto intubados como no intubados.
2. Es necesario emplear la capnografía junto con la pulsioximetría para valorar de forma completa la función respiratoria del paciente. Esta monitorización conjunta nos permitirá detectar más precozmente los problemas ventilatorios graves que surjan durante la asistencia (como apnea, intubación esofágica, extubación accidental, obstrucción de la vía aérea, hipoventilación, etc) y así comenzar antes su tratamiento.
3. Para interpretar correctamente la monitorización capnográfica hay que tener en cuenta que la eliminación pulmonar de CO₂ (ventilación) está influida en todo momento por la producción celular de CO₂ (metabolismo) y su transporte por el torrente sanguíneo hasta el pulmón (perfusión). Por tanto, hay que valorar los tres procesos en cada paciente concreto para interpretar las tendencias del EtCO₂. Además, en algunos pacientes (cuando los otros dos procesos permanezcan estables), la capnografía podrá emplearse para estimar la perfusión y el metabolismo del paciente.
4. La aplicación clínica de la capnografía en los SEM más relevante y con mayor evidencia científica hasta la actualidad es la confirmación de la correcta colocación del TET, así como la detección precoz de la extubación accidental durante el traslado.
5. En el paciente intubado puede emplearse la capnografía para mejorar el control de la ventilación mecánica durante el traslado, lo que es especialmente importante en los pacientes sensibles a las fluctuaciones de CO₂, como los neonatos, o en caso de sospecha de HTIC, en los que se debe evitar tanto la hipoventilación como la hiperventilación que

agravaría su situación clínica. Además, diferentes estudios sugieren su uso como monitor de perfusión durante la RCP.

6. En el paciente no intubado, la aplicación más interesante de la capnografía es la monitorización diagnóstico-terapéutica del broncospasmo, tanto en la crisis asmática como en la reagudización de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Además, puede ser empleada en otros casos, como en los estados de hipoventilación (sedoanalgesia, intoxicaciones por drogas y/o alcohol, accidente cerebrovascular, convulsiones, etc), donde valora de forma objetiva la ventilación del paciente.

Bibliografía:

- Capnografía, evolución en la monitorización del paciente crítico. SUMA 112.
- Aplicaciones de la capnografía en los servicios de Urgencias. HIC. 2016.
- Guía rápida sobre capnografía. Universidad Pública Navarra. 2016-2017.
- Capnografía en adultos en Urgencias y Emergencias. 061. Balear.