



VENTILACION MECANICA NO INVASIVA EN TERAPIA INTENSIVA

GUILLERMO MONTIEL, SILVIA QUADRELLI, AQUILES J. RONCORONI, DANIEL RODENSTEIN*

*Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires;*** Cliniques Universitaires Saint-Luc, Université Catholique, Louvain, Belgique*

Resumen La asistencia respiratoria mecánica (ARM) no invasiva (NI) puede retrasar o evitar la intubación endotraqueal. La presión positiva continua (CPAP) es útil en pacientes con disminución de la distensibilidad pulmonar, obstrucción de la vía aérea secundaria a parálisis de las cuerdas vocales o traqueobroncomalacia, auto-PEEP y como método de interrupción de ARM. La presión positiva intermitente (IPPV) es funcionalmente muy similar a la ARM convencional, excepto por la ausencia de un tubo endotraqueal. Es especialmente útil en pacientes con enfermedades neuromusculares o depresión central, aunque también ha resultado efectiva en pacientes con disminución de la compliance, en EPOC y como método de interrupción de ARM. Puede ser utilizada con o sin PEEP y mediante el uso de IPPV bi-nivelada. La ARM-NI requiere pacientes alertas y cooperativos y no permite un adecuado manejo de las secreciones. Tiene la ventaja de no presentar las complicaciones asociadas a un tubo endotraqueal y utilizar equipamiento de menor costo.

Palabras clave: ventilación mecánica, presión positiva intermitente, presión positiva continua

La asistencia respiratoria mecánica (ARM) permite (dentro de ciertos límites) el tratamiento de la insuficiencia respiratoria severa pero genera a su vez una serie de complicaciones que constituyen muchas veces una «segunda enfermedad». Algunas de ellas están relacionadas a la ventilación en sí misma pero, la mayor parte, a la utilización de una vía aérea artificial. La colocación de un tubo endotraqueal puede provocar varias complicaciones inmediatas (vómitos, aspiración, lesión de las cuerdas vocales, perforación faríngea o esofágica, traumatismo oral, nasal o dental, hipoxemia y arritmias) y (aún en el corto plazo) deterioro importante de los mecanismos locales de defensa de la vía aérea incrementando la prevalencia de infecciones regionales y sistémicas (sinusitis, bronquitis

purulenta severa, neumonía o sepsis)¹. Por otra parte, el tubo endotraqueal aumenta considerablemente la resistencia al flujo aéreo, a tal punto que, a flujo constante, el trabajo inspiratorio aumenta entre 67-100% por cada mm de disminución del diámetro del tubo traqueal². Por estas razones la iniciación de la ARM es considerada una maniobra invasiva que se posterga hasta que el grado de deterioro funcional o del intercambio gaseoso ponga en peligro la vida del paciente, momento que puede ser muy diferente (precoz en los pacientes neuromusculares, muy tardío en los pacientes con EPOC), pero que siempre implica la decisión de asumir riesgos asociados al tratamiento.

En los últimos años se han introducido distintas modalidades de asistencia ventilatoria no invasiva cuya aplicación no requiere la colocación de un tubo endotraqueal^{3,4}. Si bien las mismas están básicamente destinadas a la ARM prolongada domiciliaria discontinua⁵, tienen un lugar indiscutible en el tratamiento de la insuficiencia

Recibido: 5-VI-1995

Aceptado: 2-VIII-1995

Dirección Postal: Dr. Guillermo Montiel - Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, Donato Alvarez 3150, 1427 Buenos Aires, Argentina

respiratoria aguda a fin de retrasar o, en ocasiones, evitar el ingreso a ARM convencional. Dentro de las mismas pueden incluirse la presión positiva continua (CPAP) y la presión positiva intermitente (IPPV) con o sin presión positiva espiratoria, ambas aplicables a través de máscara nasal o facial.

Estas modalidades de ARM «no invasiva» (de una forma no muy diferente a la ARM «convencional»), son utilizadas para dar apoyo ventilatorio a enfermos críticos que (por distintas patologías) presenten: a) hipoxemia refractaria, b) signos de debilidad o fatiga muscular respiratoria de diferente intensidad según la patología de base y/o c) hipercapnia severa. En relación con estos mecanismos la ventilación mecánica permite: 1. mejorar la hipoxemia (permitiendo el uso de fracciones inspiradas de O_2 más elevadas y/o a través del reclutamiento alveolar), 2. disminuir o eliminar el consumo de energía de los músculos respiratorios, (permitiendo que sea el respirador quien provea parte de o toda la presión necesaria para generar un volumen corriente adecuado) y 3. mejorar la ventilación alveolar (con la consiguiente disminución de la $PaCO_2$) tanto en pacientes con alteraciones del estímulo respiratorio central, como en la hipercapnia asociada a enfermedades neuromusculares o por aumento de la resistencia pulmonar total.

Presión positiva continua (CPAP):

Si bien la CPAP no es en sentido estricto una modalidad de «asistencia» ventilatoria (ya que con su uso la inspiración es espontánea y no asistida), de hecho oficia como tal a través de la disminución del trabajo inspiratorio. Esto puede conseguirse mediante tres mecanismos: a) el aumento de la capacidad residual funcional b) la mejoría de la oclusión dinámica secundaria a parálisis de cuerdas vocales o traqueomalacia y c) la neutralización de la auto-PEEP. De ello se desprenden las indicaciones de su aplicación.

a) En primer lugar pueden beneficiarse con su uso aquellos pacientes con insuficiencia respiratoria secundaria a *disminución de la distensibilidad pulmonar* (edema agudo de pulmón, etapa temprana del trastorno respiratorio agudo del adulto, neumonía)². En estos pacientes la disminución de la compliance se asocia a la disminución de la capacidad residual funcional (CRF)

y, consecuentemente, al colapso alveolar. Esto produce un desplazamiento hacia la derecha y caída de la pendiente de la curva presión-volumen (P/V) (Figura 1). De esta manera iguales diferencias de presión (dP) generan menor diferencia de volumen (dvolumen) con aumento del

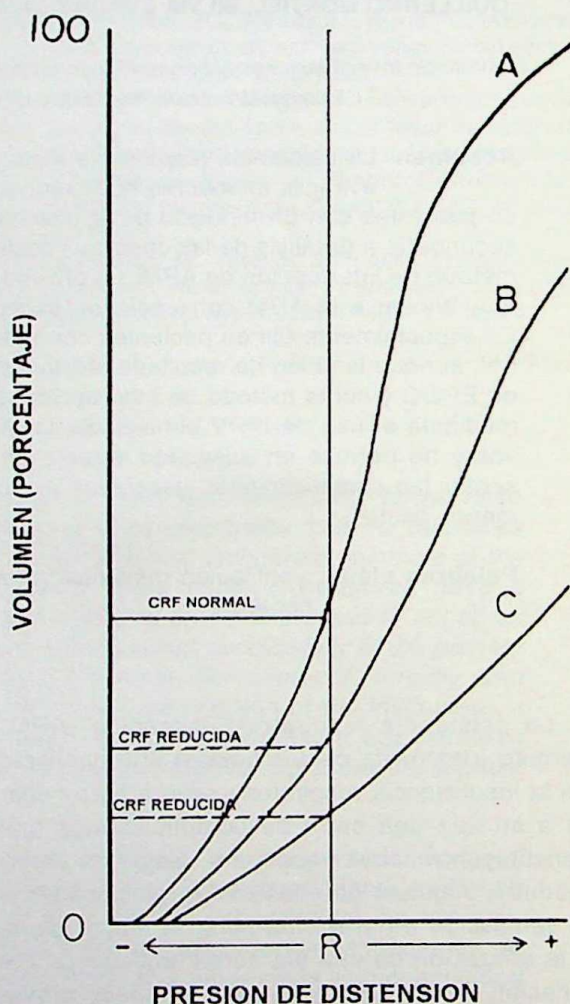


Fig. 1.— Relación entre el volumen pulmonar (expresado como porcentaje de la capacidad pulmonar total) y la presión de distensión. La presión de distensión (R) se presenta cuando la presión de la vía aérea es igual a la atmosférica. La curva A representa la relación normal presión-volumen para una unidad tórax-pulmón. Las curvas B y C están desviadas a la derecha y muestran una pendiente disminuida. Las características de ambas curvas (B y C) determinan una CRF disminuida. Las relaciones presión-volumen del tórax y el pulmón pueden ser alteradas de muchas maneras diferentes. De esta manera pueden generarse distintas curvas desviadas a la derecha, cada una de las cuales generará un grado diferente de disminución de la CRF⁶.

trabajo inspiratorio^{6,7} (Figura 2). Como es conocido cuando los alvéolos son perfundidos pero no ventilados (es decir relación ventilación-perfusión $[VA/Q] = 0$) la sangre venosa no participa del intercambio gaseoso y se produce shunt, generando hipoxemia refractaria al tratamiento con O_2 . Durante la inspiración, la contracción de los músculos inspiratorios se traduce en una disminución de la presión intrapleurar (Ppl) y se genera una presión transpulmonar (Ptp que es la diferencia entre la presión de la vía aérea y la presión pleural; $Ptp = Paw - Ppl$) suficiente para distender los alvéolos colapsados (la presión necesaria para distender los alvéolos colapsados es denominada presión de apertura o de distensión) (Figura 3). La presión de distensión ($Paw - Ppl$) abre así los alvéolos, mejora la ventilación y permite la transferencia de O_2 a los capilares que perfunden esos alvéolos «reclutados». Pero durante la espiración, en la medida en que disminuye el volumen pulmonar, disminuye también la presión intraalveolar (Palv) produciéndose colapso alveolar en el momento en que las fuerzas de retroceso elástico del pulmón superan la presión transpulmonar local (el nivel de presión trans-

pulmonar al cual se colapsan los alvéolos es la presión crítica de cierre para esa unidad alveolar). Al volver a colapsarse estos alvéolos «inestables» se reproduce el shunt⁸. Si se tiene en cuenta que habitualmente la fase espiratoria dura el doble que la inspiratoria, se entiende fácilmente que aún

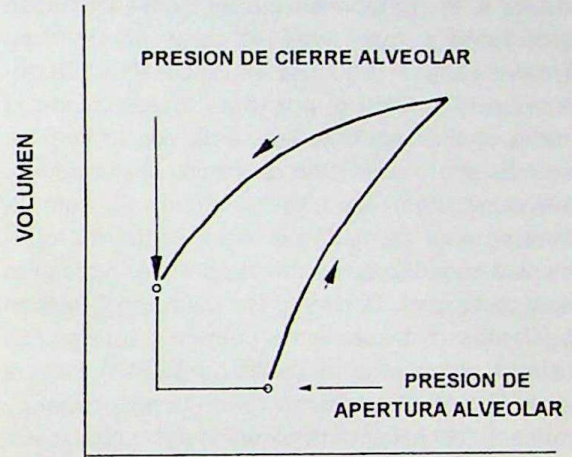


Fig. 3.— Cuando se alcanza la presión de apertura se produce reclutamiento alveolar. El colapso alveolar, en cambio, se produce cuando se alcanza la presión crítica de cierre⁷.

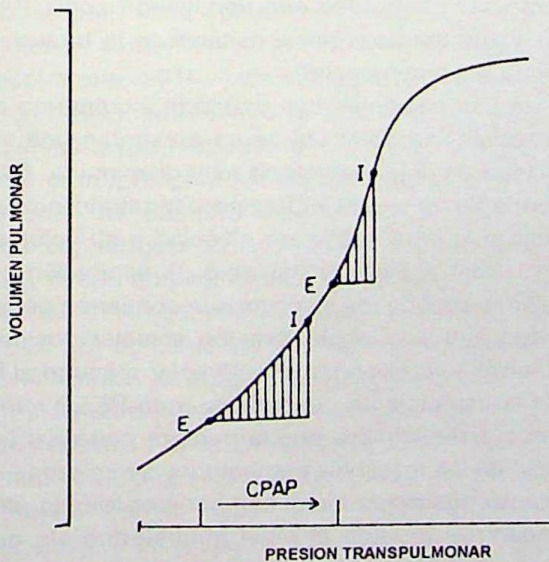


Fig. 2.— El área sombreada representa el trabajo inspiratorio necesario para pasar de capacidad residual funcional (E) al fin de inspiración (I). Puede verse que la aplicación de CPAP incrementa la CRF (E) a un nivel más cercano a lo normal. Esto produce mejoría de la compliance y disminución del trabajo inspiratorio⁷.

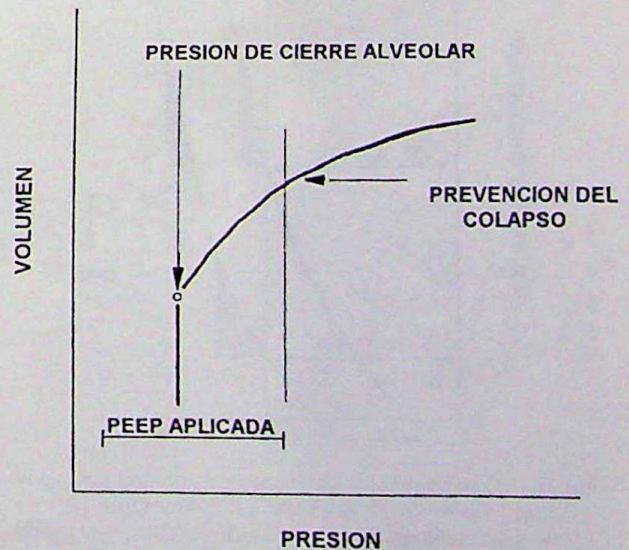


Fig. 4.— Un nivel de presión positiva expiratoria que sea igual o mayor a la presión de cierre impide el desarrollo de colapso alveolar de los alvéolos reclutados⁷.

elevadas FIO_2 no consigan normalizar la PaO_2 en estas condiciones. Dado que la presión crítica de cierre es menor que la de apertura, la presión requerida para mantener los alvéolos distendidos es menor que la necesaria para abrirlos desde la posición de colapso. La aplicación de una presión positiva durante la espiración que sea igual o mayor a la presión de cierre evita el colapso espiratorio y transforma las áreas de shunt en áreas de $\text{V/Q} > 0$ (Figura 4). La CPAP actúa aumentando la CRF y, por tanto, desplazando la curva de P/V hacia la izquierda con lo cual se obtiene una disminución del trabajo inspiratorio y mayor reclutamiento alveolar (Figura 5). Este último se verá reflejado en una mejoría del intercambio gaseoso con aumento del a/A. Aplicando estos principios, Bersten y col⁹ utilizaron CPAP en pacientes con edema de pulmón cardiogénico severo, obteniendo (después de 30 min) mejoría de la $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$, disminución de la hipercapnia y aumento del pH con disminución del requerimiento de intubación y ARM en los pacientes tratados (0% en el grupo de CPAP vs 35% en el de oxigenoterapia sin CPAP).

b) Otro grupo de pacientes que puede beneficiarse con la CPAP es el de aquéllos que presen-

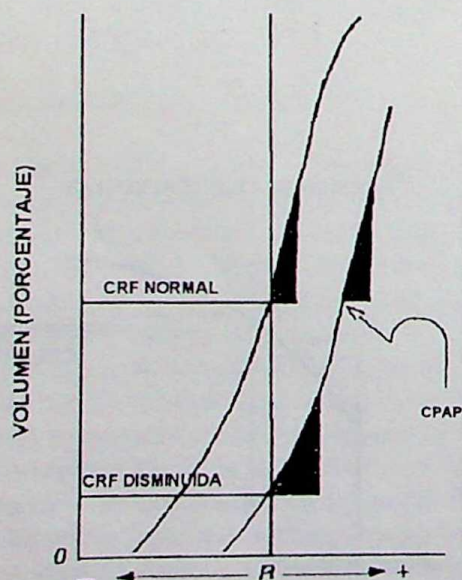


Fig. 5.— Curvas presión-volumen de la unidad tórax-pulmón. Cuando la presión de distensión (R) se incrementa después del agregado de CPAP se puede normalizar la capacidad residual funcional (CRF). Cuando se incrementa la CRF el gasto de energía requerido para la respiración espontánea puede disminuir a niveles cercanos a lo normal⁶.

tan *obstrucción de la vía aérea secundaria a parálisis de las cuerdas vocales o traqueobrancomalacia*.^{10,11} En estos pacientes, el aumento de la resistencia que produce la disminución del calibre de la vía aérea se asocia al aumento de la presión negativa inspiratoria, lo cual a su vez puede incrementar la obstrucción (por efecto Venturi) si se produce colapso de las estructuras laringo-faríngeas. El requerimiento de una mayor presión negativa para mantener el flujo inspiratorio puede superar las fuerzas estabilizadoras del tono muscular de los músculos de la faringe. La aplicación de CPAP produce un «colchón neumático» que impide el colapso de la vía aérea superior al mantener una presión transmural positiva (supra-atmosférica) dentro de la faringe. Además el aumento de la presión (durante todo el ciclo respiratorio) puede, por efecto mecánico simple, separar las cuerdas vocales en aducción o aumentar el calibre traqueal, disminuyendo la resistencia al flujo de aire. Rodenstein y col¹² observaron que su paciente con síndrome asma-símil por aducción funcional de las cuerdas vocales mejoraba los síntomas con la aplicación de CPAP y, recientemente, hemos reportado un caso de hipoventilación grave aguda secundaria a parálisis traumática de las cuerdas vocales que pudo ser controlado con ventilación con CPAP mediante máscara nasal evitándose la traqueostomía de emergencia¹¹.

c) Los pacientes con marcado incremento de la resistencia de la vía aérea presentan una velocidad de flujo espiratorio muy disminuída. Esto puede llevar a que el tiempo espiratorio no sea suficiente para vaciar los alvéolos a su volumen de reposo¹³. Por consiguiente, la espiración comienza cuando los alvéolos aun contienen demasiado aire y, además, presión alveolar positiva. El nivel de presión positiva alveolar reinante al fin de la espiración se denomina *auto-PEEP intrínseca*. Esto significa que la primera parte del trabajo de los músculos respiratorios se «pierde» ya que dichos músculos deben generar trabajo para reducir la presión al nivel atmosférico sin que durante ese período se produzca ingreso de aire ambiente al sistema. Sólo cuando la presión alveolar descienda por debajo de la presión atmosférica, comenzará la inspiración propiamente dicha¹⁴. Esta secuencia lleva a un aumento del trabajo inspiratorio (Figura 6). La estrategia para impedir que esa situación origine fatiga muscular

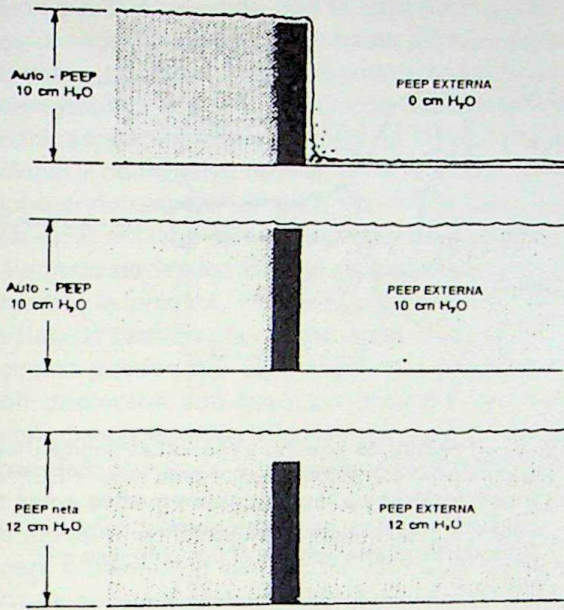


Fig. 6.— La analogía de una caída de agua sobre un dique (representado por la barra negra) es utilizada para explicar el efecto de la PEEP externa (presión hacia abajo o «down-stream») sobre la auto-PEEP (presión hacia arriba o «upstream») durante la espiración¹⁴.

es la adopción de un patrón respiratorio rápido y superficial. Esta combinación (disminución del volumen corriente- V_c -, aumento de la frecuencia respiratoria —FR—) disminuye la presión de trabajo crítica, retrasando la aparición de fatiga y eventual paro respiratorio^{15, 16}. Pero el costo de este patrón respiratorio es el aumento de la ventilación del espacio muerto y la aparición de hipercapnia que, sobre todo en situaciones agudas, puede adquirir niveles peligrosos. La aplicación de CPAP permite la neutralización de la auto-PEEP. El aumento de la presión ambiente a un nivel igual a la auto-PEEP permite disminuir la presión pleural necesaria para generar el flujo inspiratorio. Así la CPAP (o la PEEP) pueden evitar el ciclo que lleva a la hipercapnia disminuyendo el trabajo inspiratorio^{17, 18}. En nuestra experiencia, e un grupo de 13 pacientes con EPOC severa en fase estable, la aplicación de CPAP de 10mmHg durante 30 minutos, produjo mejoría significativa de la disnea y disminución de la frecuencia respiratoria y de la $PaCO_2$ en el grupo de pacientes con hipercapnia. Cabe señalar que para obtener este efecto benéfico hay que aplicar un nivel de CPAP que iguale (pero *no* supe-

re) el nivel de auto-PEEP. En caso contrario la CPAP producirá disminución del retorno venoso y del gasto cardíaco con efectos contraproducentes.

Finalmente la CPAP ha sido utilizada como *método de abandono de ARM*. En el estudio de Dehaven y col¹⁹, 25 de los 27 pacientes que presentaron hipoxemia post-extubación, presentaron mejoría de la PaO_2/FIO_2 al colocarles CPAP a través de máscara facial con lo cual se evitó la re-intubación. De la misma manera, el grupo de la Universidad de Innsbruck obtuvo resultados similares utilizando máscara facial o nasal²⁰.

La CPAP se produce cuando el paciente respira dentro de un circuito en el cual la presión de la vía aérea se mantiene siempre por encima de la presión atmosférica, tanto durante la fase inspiratoria como espiratoria. El nivel de CPAP se define por la presión alcanzada al final de la espiración. El flujo que ofrece el sistema debe ser siempre superior al flujo inspiratorio máximo del paciente (Figura 7).

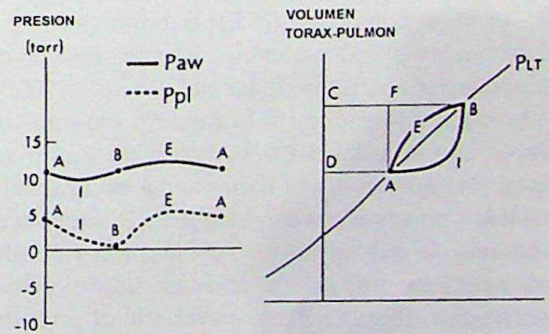


Fig. 7.— A la izquierda pueden apreciarse las presiones de la vía aérea (Paw, con línea sólida) y pleural (Ppl, con línea punteada) durante la aplicación de CPAP. A es la presión al fin de la espiración, B la presión al fin de la inspiración, I la curva inspiratoria y E la curva espiratoria. A la derecha se observa la presión generada por los músculos respiratorios, el volumen tóraco-pulmonar y la curva de compliance del sistema respiratorio (PLT) durante la respiración con presión positiva. D es el volumen tóraco-pulmonar al fin de la espiración; A el fin de espiración; C el volumen tóraco-pulmonar al fin de inspiración; B el fin de inspiración, F el intercepto de la línea CB a través de A; I la curva inspiratoria y E la curva espiratoria. El trabajo inspiratorio está representado por el área AIBCD. Sin embargo, el área FADCF representa el trabajo realizado por la CPAP. El mismo es similar al trabajo respiratorio sin presión positiva⁵.

El nivel óptimo de CPAP es difícil de identificar. El mismo debe lograr disminución del trabajo inspiratorio y niveles óptimos de PaO_2 permitiendo disminuir la $\text{FIO}_2 < 50\%$. Se debe tener en cuenta que el aumento de la presión media intratorácica (exactamente igual que con el uso de la PEEP) disminuye el retorno venoso y el volumen minuto cardíaco, pudiendo disminuir la disponibilidad periférica de O_2 a los músculos inspiratorios. También debe tenerse en cuenta que el pulmón no se comporta como una unidad homogénea, pudiendo sobredistenderse unidades alveolares menos comprometidas con el incremento consiguiente de la ventilación tipo espacio muerto.

En los pacientes con disminución de la compliance el valor de la CRF es seguramente el determinante más importante de la potencial utilidad de la CPAP sobre el trabajo respiratorio, pero dado que ésta es muy difícil de medir clínicamente deben utilizarse parámetros clínicos (fundamentalmente el Vc y la FR con y sin CPAP) para evaluar sus efectos.

En el caso de los pacientes con auto-PEEP la presión elegida debería ser igual a la PEEP intrínseca (iPEEP). Algunos autores han sugerido²¹ que el nivel óptimo de PEEP externa (es decir aquel que no produce cambios hemodinámicos ni hiperinflación) está alrededor del 85% de iPEEP. Debe recordarse que, si la presión externa es mayor que la auto-PEEP se generará aún más hiperinflación. De allí la importancia de la determinación objetiva y precisa de iPEEP. Lamentablemente la misma no es sencilla, pero puede realizarse a través de curvas flujo-presión esofágica²² (Figura 8) o mediante el uso de pletismografía de inductancia (Figura 9)^{16, 23, 24}

En términos generales es inhabitual que sean tolerados niveles superiores a $15 \text{ cmH}_2\text{O}$, fundamentalmente por el discomfort local. En los casos de inconveniencia para distender el abdomen (como en el post-operatorio de la cirugía abdominal debido a los vendajes más o menos compresivos) la CPAP no es bien tolerada, aún a menores niveles de presión.

Presión positiva intermitente (IPPV):

La segunda modalidad de asistencia ventilatoria es la IPPV (en forma no muy diferente a la ARM convencional) pero a través de máscara

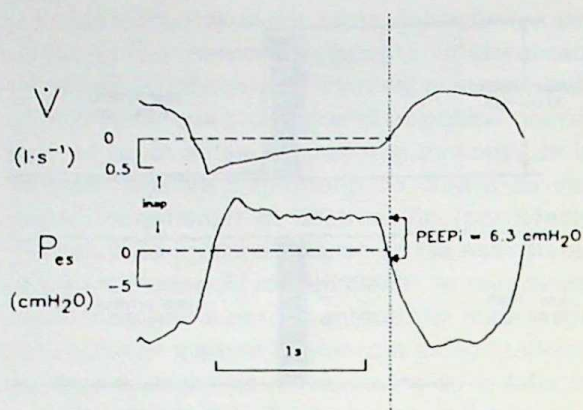


Fig. 8.— Registro de flujo (V) y presión esofágica (P_{es}) que muestra el método utilizado para medir PEEP intrínseca dinámica. La misma es medida como la deflexión negativa de la P_{es} desde el comienzo del esfuerzo inspiratorio, hasta el punto de flujo = 0²²

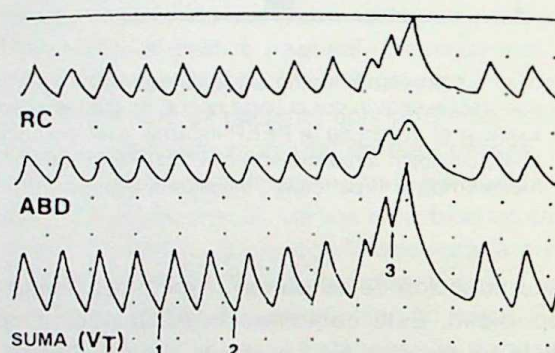


Fig. 9.— PEEP intrínseca (en cm de H_2O) medida por pletismografía respiratoria de inductancia (RIP). En este caso se observa el efecto del ascenso de la PEEP de 0 a $4 \text{ cmH}_2\text{O}$ (flecha 1), de 4 a $6 \text{ cmH}_2\text{O}$ (flecha 2) y de 6 a $8 \text{ cmH}_2\text{O}$ (flecha 3). El volumen torácico de fin de espiración aumentó entre 6 y $8 \text{ cmH}_2\text{O}$; por lo tanto $\text{PEEP intrínseca-RIP} = 7 \text{ cmH}_2\text{O}$ (RC: tórax; ABD: abdomen, VT: volumen corriente)

nasal (nIPPV) o facial. La misma implica suministrar el volumen corriente a través de la generación de un dP en la vía aérea. Puede administrarse en forma controlada, asistida o asistida-controlada y mediante un volumen pre-determinado o una presión pre-determinada. Consecuentemente la inspiración siempre se realiza a pre-

sión positiva mientras que la espiración siempre es pasiva y puede hacerse hasta presión atmosférica o hasta un nivel pre-determinado de presión positiva (PEEP). Las únicas diferencias mecánicas de importancia entre la IPPV convencional y no invasiva derivan de la ausencia de un tubo endotraqueal²⁵ (Figura 10). A pesar de mantener al máximo la hermeticidad del sistema, el aumento de la fuga de aire perimáscara al incrementar la presión, hace muy difícil alcanzar niveles de presión superiores a los 45 cmH₂O, los cuales pueden ser ocasionalmente insuficientes en pacientes con marcada disminución de la compliance estática u obstrucción de la vía aérea. Por otra parte el espacio muerto de la máscara puede generar mayor trabajo respiratorio dado que se necesita mayor presión negativa para comenzar la inspiración cuando la iniciación de la misma es por presión (este inconveniente no se presenta con los sistemas de flow-by, es decir cuando el inicio de la inspiración se produce al detectarse una disminución del flujo de base circulante en el sistema y no por un nivel pre-determinado de presión inspiratoria). Sus indicacio-

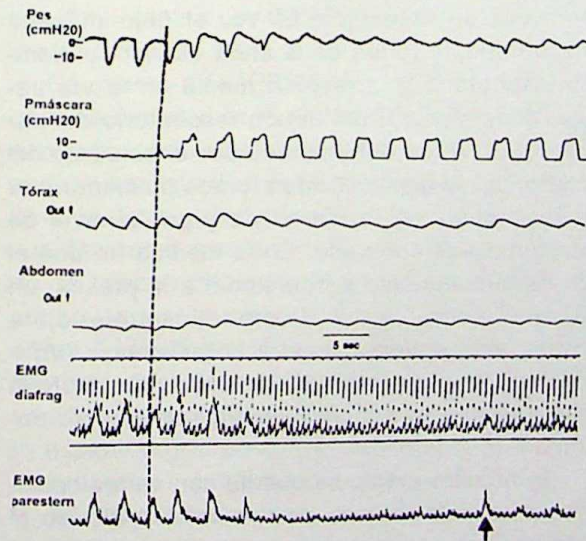


Fig. 10.— Efectos de la IPPV por vía nasal sobre los índices de esfuerzo inspiratorio. Se observa supresión de la actividad fásica del electromiograma del diafragma y los músculos paraesternales y el desarrollo de deflexiones inspiratorias positivas de la Pes. Las mismas aparecen algunas respiraciones después de iniciada la IPPV (línea punteada). La flecha muestra como una respiración con importante esfuerzo espontáneo, en cambio, se asocia con incremento de la actividad electromiográfica de los músculos inspiratorios y deflexión inspiratoria negativa de la Pes.

nes son, por lo tanto, muy similares a las de ARM convencional, limitadas por la necesidad de un paciente alerta, cooperativo y que requiera niveles no demasiado elevados de presión para generar un Vc adecuado.

La IPPV es particularmente exitosa en pacientes con enfermedades neuromusculares con pulmón normal o en el caso de la hipoventilación alveolar primaria^{26, 27}. Pero también puede ser aplicada en pacientes con importantes alteraciones de las propiedades mecánicas del pulmón como la injuria pulmonar aguda, (sea con pulmón previamente normal, como el trastorno respiratorio agudo del adulto —ARDS—, o en la insuficiencia respiratoria secundaria a enfermedad pulmonar obstructiva crónica) o la insuficiencia cardíaca. Pacientes con enfermedades sistémicas severas que comprometen la ventilación (como la sepsis, los traumatismos torácicos, etc.) también pueden beneficiarse.

En los pacientes con falla respiratoria por disminución de la distensibilidad pulmonar, el porcentaje de éxito (definido como un tratamiento que permita evitar la intubación en pacientes que hubieran sido intubados normalmente) en las distintas experiencias oscila entre el 67-88%, independientemente de la categoría diagnóstica²⁸. Meduri y col.²⁹ trataron con éxito 4 pacientes con trastorno respiratorio agudo del adulto o edema de pulmón cardiogénico mientras que Benhamou y col.³⁰ consiguieron mejoría y evitaron la ARM en más de la mitad de sus pacientes con edema de pulmón o neumonía. Recientemente ha sido reportado el éxito de la IPPV de dos niveles de presión para evitar la ventilación convencional en pacientes con edema agudo de pulmón cardiogénico severo³¹. La experiencia global (aunque por el momento los casos tratados son pocos) demuestra disminución de la PaCO₂ y aumento del pH dentro de las pocas horas de iniciada la IPPV.

Más amplia es la experiencia en pacientes con re-agudización de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, donde la tasa de éxito supera el 60% de los casos²⁸. Así, en el grupo de pacientes de Meduri²⁹ con falla respiratoria hipercápnica se objetivó mejoría inmediata con franca disminución de la frecuencia respiratoria y disminución de la PaCO₂ (en promedio 18 mmHg a la primera hora y 24 mmHg a las 6 hs). En el estudio de Brochard y col³² sólo uno de los 13 pacientes con

falla respiratoria aguda por EPOC requirió intubación contra 11 de 13 del grupo histórico seleccionado como control. Si bien estos estudios pueden ser objetados por falta de un grupo control (o las limitaciones de comparar contra un control histórico, ya que otras variables pueden haberse modificado), un estudio randomizado de 60 pacientes con EPOC demostró que los pacientes que recibieron nIPPV tuvieron incremento del pH, mayor disminución de la PaCO_2 y de la disnea y una menor mortalidad a los 30 días que el grupo de pacientes que sólo recibieron tratamiento convencional³³.

Finalmente, la IPPV no invasiva ha sido utilizada como método de abandono de ARM³⁴.

Cuáles son este caso los mecanismos de generación de la presión y qué define la elección del sistema de IPPV a utilizar? La mayor parte de los respiradores de uso habitual en terapia intensiva (sean volumétricos o de presión) son adecuados para IPPV no invasiva. Por supuesto no es aconsejable el uso de respiradores cuyo mecanismo de corte de la inspiración sea un nivel predeterminado de presión, o aquellos ventiladores que pese a ser «volumétricos» no son capaces de mantener un Vc constante y confiable. Los más modernos respiradores portátiles (con batería interna/externa y red domiciliaria) de los cuales hay varios modelos disponibles en nuestro país, tiene la ventaja de su escaso peso y tamaño y de permitir una ventilación adecuada y segura, por ejemplo, durante el transporte del paciente. Sin embargo, si bien su uso es en este momento prácticamente indispensable para la IPPV domiciliaria no son diferentes, en el medio hospitalario, de los respiradores convencionales. La IPPV puede realizarse también con respiradores de presión a través de dos niveles de presión (IPPV binivelada). Estos generan la presión mediante el pasaje de distintos niveles de flujo a través de una resistencia fija, con lo cual producen una onda de flujo y presión muy semejante a la presión de soporte³⁵ (Figura 11). En forma similar a lo que sucede durante la ventilación con presión de soporte, el paciente inicia la inspiración (por disminución de presión o disminución de flujo en el circuito) y luego se mantiene durante la fase inspiratoria un nivel de presión preseleccionado. La inspiración termina cuando las demandas de flujo del paciente disminuyen hasta un flujo predeterminado (selec-

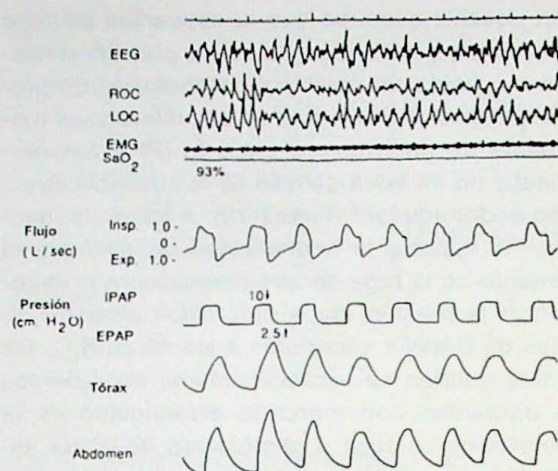


Fig. 11. — Presión en la máscara durante la aplicación de presión positiva bi-nivelada con IPAP 10 cm H₂O y EPAP 2,5 cm H₂O (EEG: electroencefalograma, ROC y LOC, electro-oculograma derecho e izquierdo respectivamente, EMG: electromiograma submentoniano; SaO₂: pulsosaturimetría; IPAP: presión positiva inspiratoria; EPAP: presión positiva espiratoria; tórax y abdomen: movimientos torácicos y abdominales registrados porplestmografía de inductancia).

nado como porcentaje del flujo máximo o como un valor de flujo fijo). El Vc, el flujo máximo inspiratorio, la forma de la onda de flujo, el tiempo inspiratorio y la presión media en la vía aérea, dependen así del patrón respiratorio del paciente. El Vc es determinado por el esfuerzo del sujeto, por la distensibilidad toraco-pulmonar, por la resistencia de la vía aérea y por el nivel de presión predeterminado. En la medida en que el Vc es directamente proporcional a la presión en la vía aérea y al tiempo inspiratorio, e inversamente proporcional a la resistencia ($Vc = P/R \times Ti$) los cambios de frecuencia respiratoria que el paciente adopte influirán sobre el Vc obtenido.

En nuestro medio se cuenta con varias opciones para este método de ventilación. Si bien el mismo tiene como limitaciones la imposibilidad de utilizar una presión superior a los 20 cmH₂O y el no poder evitar la presión positiva espiratoria (a un mínimo de 4 cmH₂O) tiene la gran ventaja de la fácil maniobrabilidad de los equipos y el costo considerablemente más bajo; con lo cual (si bien no reemplaza a los respiradores tradicionales) es una opción muy económica que puede ser útil para un grupo importante de pacientes. Pennock y colaboradores³⁶, utilizando IPPV binivelada a

través de máscara nasal en un grupo de 31 pacientes con falla respiratoria aguda, obtuvieron disminución de la FR, alivio subjetivo y mejoría del intercambio gaseoso, evitando la intubación en el 76% de los sujetos³⁶.

CPAP, IPPV o IPPV binivelada?

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos (CPAP, IPPV con o sin PEEP e IPPV binivelada) que definen la elección de uno u otro? La CPAP es, de todos los métodos el más sencillo y requiere equipamiento de bajo costo. Tiene la ventaja de (a través del reclutamiento alveolar) modificar favorablemente las propiedades mecánicas del pulmón (lo cual no sucede con la IPPV sin PEEP). Sin embargo la inspiración no es asistida (el esfuerzo de la misma debe ser realizado por el paciente) y a pesar de la disminución del trabajo inspiratorio, el trabajo espiratorio se incrementa. Por otra parte difícilmente son toleradas o aconsejables presiones superiores a 10 cmH₂O. Por ello puede ser la opción inicial en pacientes con moderado compromiso del intercambio gaseoso que, en caso de no ser controlables por CPAP, debieran someterse a otra forma de ARM.

En cuanto a la IPPV tiene todas las ventajas de la versatilidad de la ARM convencional (lo cual depende, fundamentalmente del respirador utilizado) y además disminuye francamente el esfuerzo a realizar por el paciente, ya que asiste (en sus diferentes modalidades) la inspiración. Cuando se utilizan máscaras faciales (y en pacientes cooperativos) se pueden alcanzar presiones superiores a los 20 cmH₂O, imposibles con los otros dos métodos. Si se utiliza PEEP agrega a estas ventajas (pese al incremento asociado del trabajo espiratorio) la posibilidad de modificar las características mecánicas del pulmón. Es de hecho la opción más adecuada (sobre todo con PEEP) para los pacientes más severamente comprometidos o que requerirán mayor dP para generar un determinado Vc. Su desventaja reside en que requiere destinar a la misma un respirador convencional y, por ende, es de elevado costo (excepto si se dispone de respiradores de tipo domiciliario, menos sofisticados pero más económicos).

El rol de la IPPV binivelada es, justamente, reproducir un modelo similar a la ventilación con

presión de soporte, con equipos de costo mucho menor. Sin embargo, (pese a que también asiste la inspiración y modifica las propiedades mecánicas del pulmón) no tiene la versatilidad que tiene un respirador convencional y, sobre todo, tiene limitada su presión de ciclado a los 20 cmH₂O (aunque en EEUU y Europa están comenzando a comercializarse modelos que permiten obtener hasta 30 cmH₂O). Como la CPAP, parece una opción ideal como intento inicial y, dependiendo de la respuesta del paciente, como único tratamiento.

En la práctica, la elección entre distintas opciones dependerá en gran medida del equipamiento disponible y del entrenamiento adquirido (variable fundamental) con cada una de las modalidades. Pero es importante señalar que con los dispositivos de CPAP o IPPV binivelada, sin la inversión que significa la adquisición de un nuevo respirador se cuenta con una modalidad alternativa útil para el manejo de muchos pacientes que pueden, o no llegar a la ARM convencional o para disminuir sensiblemente los días de utilización de la misma, ya sea retrasando el ingreso al respirador o utilizando estos dispositivos alternativos para el proceso de discontinuación de ARM.

Indicaciones y contraindicaciones:

Las precauciones, contraindicaciones y complicaciones de todos estos métodos de ARM son similares y, básicamente, las de la ARM convencional (barotrauma, disminución del retorno venoso, aumento de la presión intracraneana).

Pese a las obvias ventajas de la ARM no invasiva, tiene ciertas desventajas que impiden que reemplace a la ARM tradicional y la reservan sólo para un grupo de pacientes. En primer lugar requiere un sujeto alerta y cooperativo. Su uso tiene algunas complicaciones locales, aunque las mismas son menores y habitualmente no limitantes; fundamentalmente la aerofagia y las lesiones de decúbito sobre el tabique nasal. Uno de los elementos fundamentales para prevenirlas es la selección apropiada del sistema de aplicación. Una máscara inapropiada significará mayor discomfort, dolor facial y fugas de aire. Un tamaño inadecuado de máscara nasal producirá mayor presión sobre el tabique nasal incrementando el riesgo de lesiones de decúbito, mientras que,

en nuestra experiencia, con una máscara apropiada esta es una complicación muy inusual, aún con el uso por largo tiempo. Las máscaras faciales (aunque resuelven el problema de las fugas de aire por la boca) son mucho menos toleradas para la aplicación prolongada ya que interfieren con el habla, producen más aerofagia y son mucho menos confortables. Sin embargo pueden ser ocasionalmente útiles en algún paciente por períodos breves. Más importante que el disconfort local es que la ARM no invasiva no permite (como sí lo hace una vía aérea artificial) un adecuado manejo de las secreciones. Por lo tanto, aquellos pacientes con broncorrea y poca capacidad para toser, difícilmente puedan ser mantenidos por períodos prolongados en ARM no invasiva.

Los tiempos de ventilación no invasiva son variables en la literatura. En la mayor parte de los estudios se ventila a los pacientes durante 8 a 20 hs por cada 24 hs, pero en otros se aplica la ventilación por períodos de 2-3 hs con una hora de reposo entre los mismos²⁸. En nuestra experiencia hemos obtenido los mejores resultados aplicando ARM en forma continua entre 12 y 72 hs (según la patología del paciente) e iniciando luego un esquema de discontinuación progresiva hasta llegar a 20 minutos de ARM por hora. La tolerancia a períodos prolongados de aplicación es habitualmente buena. Los mayores problemas de aceptación se producen dentro de las primeras dos horas. En este período el paciente presenta importante disnea, que puede de hecho incrementarse con el disconfort de la máscara, y «lucha» contra el respirador. En la medida en que la ARM consiga mejoría inicial, mejora la adaptación al ventilador y el paciente no suele presentar inconvenientes en tolerar la ARM por períodos superiores a las 24 hs, ocasionalmente con breves períodos de reposo para disminuir el disconfort local. Por supuesto, teniendo la tolerancia un componente subjetivo muy importante, el apoyo del equipo tratante (médicos, enfermeras y kinesiólogos) es tan determinantes como las variables fisiológicas en juego.

Finalmente, en la comparación con la ARM convencional, debe tenerse en cuenta que, siendo la ARM no invasiva un método en que las características de administración y la colaboración del paciente determinan que se obtenga o no una ventilación adecuada, requiere control permanen-

te (de la presencia de fugas, de la hermeticidad de las máscaras, del patrón respiratorio adoptado, de las secreciones, de la saturometría u otra variable elegida, etc) consumiendo mayor tiempo médico y de enfermería. De hecho este es el problema fundamental. De contarse con personal suficiente y adecuadamente entrenado, las indicaciones de la ARM no invasiva podrían ser mucho más amplias e inclusive extenderse a pacientes mucho menos cooperativos. Sin embargo, por el momento, el requerimiento de tan estrecho control es quizás la limitante más seria para su uso generalizado.

En el momento de decidir el uso de ARM no invasiva debe tenerse en cuenta: 1) que la selección adecuada de los pacientes es el determinante más importante del éxito del procedimiento; 2) que en todos los estudios en pacientes en situación aguda, la mejoría reportada es precoz (dentro de pocas horas) y que, por tanto, si no se obtiene respuesta dentro de las 2-4 primeras horas el procedimiento debiera suspenderse y optarse por la ARM convencional. Debe recordarse que esta «mejoría» puede estar representada simplemente por la estabilización del paciente, como por ejemplo el mantenimiento de los niveles de pH o la interrupción del ascenso de la PaCO_2 ; 3) que hasta el momento no se han identificado diferencias en la tasa de éxito relacionadas con el uso de distintas interfaces (máscara facial o nasal) o tipos de respirador (volumétricos o limitados por presión) y que (al menos hasta que estudios comparativos determinen si existen) el mejor método es aquél con el cual se ha adquirido mayor entrenamiento y experiencia. Como se ha comentado los resultados iniciales son muy promisorios. Sin embargo, debe considerarse que (pese a la mejoría fisiológica), todavía no es conocido el impacto de la ARM no invasiva sobre la tasa de complicaciones, la evolución a largo plazo o la mortalidad global de los pacientes. Pese a ello la ARM no invasiva está adquiriendo progresivamente un rol evidente en la terapia intensiva. Es deseable que los médicos terapeutas comiencen a adquirir el entrenamiento para la selección adecuada de los pacientes y el monitoreo de su utilización, ya que la misma puede redundar en reducir el número de pacientes en ARM convencional y, probablemente, en disminuir los crecientes costos en el manejo de los pacientes críticos.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Sra. Paola Gambina y a la Srta. Gabriela Alvarez por su valiosa colaboración en la preparación de este texto.

Summary

Non invasive mechanical ventilation in the critical care unit

Non-invasive mechanical ventilation is useful in order to delay or avoid endotracheal intubation. Continuous positive airway pressure (CPAP) is helpful for *patients with decreased lung compliance, airways obstruction due to vocal cord paralysis or tracheobronchomalacia*, presence of *auto-PEEP* (positive end-expiratory pressure) and as a weaning method. Non-invasive intermittent positive pressure ventilation (IPPV) is not very different from conventional mechanical ventilation except for the absence of an endotracheal tube. It is specially useful in patients with neuromuscular diseases or central hypoventilation. It has been also helpful for patients with decrease of lung compliance or COPD and as a weaning procedure. It may be applied with or without PEEP and by means of a bi-level IPPV system. All of these methods require cooperative patients and by means of a bi-level IPPV system. All of these methods require cooperative patients and they do not allow an adequate management of increased respiratory secretions. Non-invasive mechanical ventilation has the advantages of not showing complications associated to endotracheal intubation and may be performed by means of less expensive equipment.

Bibliografía

1. Heffner EJ. Tracheal intubation in mechanically ventilated patients. *Clin Chest Med* 1988; 9: 23-35.
2. Roncoroni AJ. Las nuevas técnicas de asistencia ventilatoria. *Medicina (Buenos Aires)* 1992; 52: 177-80.
3. Bach JR, Alba AS. Management of chronic alveolar hypoventilation by nasal ventilation. *Chest* 1990; 97: 52-7.
4. Gay PC, Patel AM, Viggiano RW, Hubmayr RD. Nocturnal nasal ventilatory for treatment of patients with hypercapnic respiratory failure. *Mayo Clin Proc* 1991; 66: 695-703.
5. Branthwaite MA. Non-invasive and domiciliary ventilation: positive pressure techniques. *Thorax* 1991; 46: 208-12.
6. Smith RA, Dows JB. Breathing circuits for spontaneous ventilation and the work of breathing, en *Handbook of mechanical ventilatory support*, Parel A y Stock C (ed), Baltimore, Williams & Wilkins: 1992; 261-75.
7. Karagianes TG. Weaning from mechanical ventilation, en *Handbook of mechanical ventilatory support*, Parel A y Stock C (ed), Baltimore, Williams & Wilkins: 1992; 195-210.
8. Smith RA. Positive end-expiratory pressure and continuous positive airway pressure, en *Handbook of mechanical ventilatory support*, Parel A y Stock C (ed), Baltimore: Williams & Wilkins: 1992; 117-27.
9. Bersten AD, Holt AW, Vedig AE, Skowronski GA, Baggoley CJ. Treatment of severe cardiogenic pulmonary edema with continuous positive airway pressure delivered by face mask. *N Engl J Med* 1991; 325: 1825-30.
10. Ferguson GT, Benoist JM. Nasal continuous positive airway pressure in the treatment of tracheobronchomalacia. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 457-61.
11. Montiel GC, Quadrelli SA, Roncoroni AJ, Vidal R. Tratamiento de la insuficiencia respiratoria secundaria a parálisis bilateral de las cuerdas vocales con presión positiva continua. *Medicina* 1994; 54: 241-4.
12. Rodenstein DO, Francis C, Stanescu DC. Emotional laryngeal wheezing: a new syndrome. *Am Rev Respir Dis* 1983; 127: 354-6.
13. Marini JJ. Should PEEP be used in airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1989; 140: 1-3.
14. Tobin MJ, Lodato RF. PEEP, auto-PEEP, and waterfalls. *Chest* 1989; 96: 449-51.
15. Roussos C, Macklem PT. The respiratory muscles. *N Engl J Med* 1982; 307: 786-97.
16. Begin P, Grassino A. Inspiratory muscle dysfunction and chronic hypercapnia in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1991; 143: 905-12.
17. Smith TC, Marini JJ. Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe airflow obstruction. *J Appl Physiol* 1988; 65: 1488-99.
18. Gay PC, Rodar JR, Hubmayr RD. The effects of positive expiratory pressure on isovolume flow and dynamic hyperinflation in patients receiving mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139: 621-6.
19. Dehaven CB, Hurst JM, Branson RD. Postextubation hypoxemia treated with continuous positive airway pressure mask. *Crit Care Med* 1985; 13: 48.
20. Putensen C, Horman C, Baum M, Lingnau W: Comparison of mask and nasal continuous positive airway pressure after extubation and mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1993; 21: 357-62.
21. Ranieri VM, Giuliani R, Cinnella G, et al. Physiologic effects of positive end-expiratory pressure in patients with chronic obstructive pulmonary disease during acute ventilatory failure and controlled mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 5-13.
22. Haluzka J, Chartrand DA, Grassino AE, Milic-Emili J. Intrinsic PEEP and arterial CO₂ in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141: 1194-7.
23. Petrof BJ, Legaré M, Goldberg P, Milic-Emili J, Gottfried SB. Continuous positive airway pressure reduces work of breathing and dyspnea during weaning from mechanical ventilation in severe

- chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir* 1990; 141: 281-9.
24. Hoffman RA, Ershowsky P, Krieger BP. Determination of Auto-PEEP during spontaneous and controlled ventilation by monitoring changes in end-expiratory thoracic gas volume. *Chest* 1989; 96: 613-6.
 25. Carrey Z, Gottfried, Levy RD: Ventilatory muscle support in respiratory failure with nasal positive pressure ventilation. *Chest* 1990; 97: 150-8.
 26. Segall D: Noninvasive nasal mask-assisted ventilation in respiratory failure of Duchenne muscular dystrophy. *Chest* 1988; 93: 1298-1300.
 27. Montiel GC, Roncoroni AJ, Quadrelli SA, De Vito EL. Hipoventilación alveolar central con cor pulmonale. Tratamiento exitoso mediante ventilación con presión positiva intermitente no invasiva. *Medicina (Buenos Aires)* 1994; 54: 343-8.
 28. Meyer TJ, Hill S: Non invasive positive pressure ventilation to treat respiratory failure. *Ann Int Med* 1994; 120: 760-70.
 29. Meduri GU, Conoscenti CC, Menashe P, Nair S: Non invasive face mask ventilation inpatients with acute respiratory failure. *Chest* 1989; 95: 865-70.
 30. Benhamou D, Girault C, Faure C, Portier F, Muir JF: Nasal mask ventilation in acute respiratory failure: experience in elderly patients. *Chest* 1992; 102: 912-7.
 31. Lapinsky SE, Mount DB, Mackey D, Grossman RF: Management of acute respiratory failure due to pulmonary edema with nasal positive support. *Chest* 1994; 105: 229-31.
 32. Brochard L, Isabey D, Piquet J, et al: Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with face mask. *N Engl J med* 1990; 323: 1523-30.
 33. Bott J, Carroll MP, Conway JH, et al: Randomised controlled trial of nasal ventilation in acute ventilatory failure due to chronic obstructive airways disease. *Lancet* 1993; 341: 1555-7.
 34. Udwaia ZF, Santis GK, Steven MH, Simonds AK: Nasal ventilation to facilitate weaning in patients with chronic respiratory insufficiency. *Thorax* 1992; 47: 715-8.
 35. Sanders MH, Crtt JB, Stiller RA, Donahoe MP. Nocturnal ventilatory assistance with bi-level positive airway pressure. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surg* 1991; 2: 56-62.
 36. Pennock BE, Kaplan PD, Carlin BW, Sabangan JS, Magovern JA: Pressure support ventilation with a simplified ventilatory support system administered with nasal mask in patients with respiratory failure. *Chest* 1991; 100: 1371-6.

- - - -

*We're all of us ill in one way or another:
We call it health when we find no symptom
Of illness. Health is a relative term.*

Todos estamos enfermos de una manera u otra:
Hablamos de salud cuando no hay síntomas
De enfermedad. Salud es un término relativo.

T. S. Eliot (1888-1965)