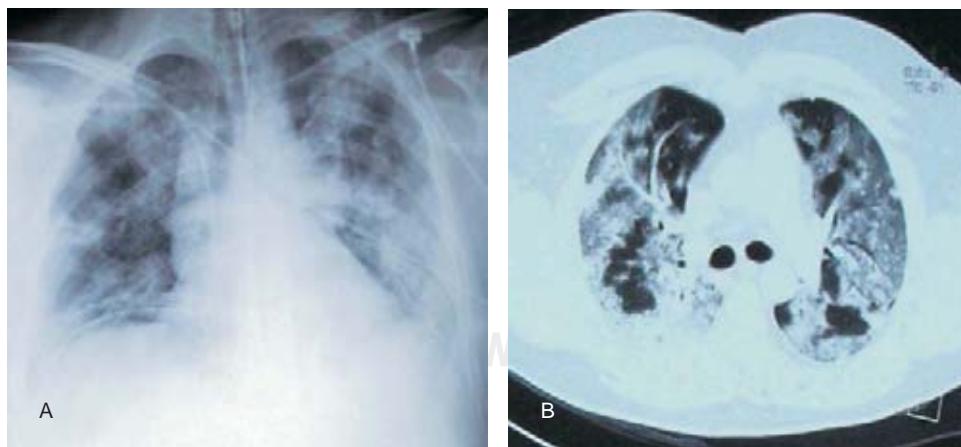


# Reclutamiento alveolar mediante ventilación osculatoria de alta frecuencia en neumonía por influenza humana A H1N1

**Dr. Raúl Carrillo Esper,\* Dr. Jesús Cedillo,† Dr. Jorge Raúl Carrillo Córdova,‡ Dr. Carlos Alberto Carrillo Córdova,§ Dr. Luis Daniel Carrillo Córdova,||**

Enfermo de 36 años que ingresó a la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) por insuficiencia respiratoria e hipoxemia grave secundaria a neumonía por virus de influenza humana A H1N1. A la exploración física con FC 120/min, FR 30/m, PA 90/50 mmHg. Temperatura de 38.5 grados centígrados. Saturación de oxígeno por pulsioximetría de 75% con máscara reservorio con oxígeno al 100%. Gasometría arterial con  $\text{PaO}_2$  de 52 mmHg,  $\text{PaCO}_2$  de 70 mmHg, lactato de 4 mmol/dL. En la placa de tórax y TAC con pérdida del volumen pulmonar e infiltrados mixtos, con grandes áreas de condensación (*figura 1*). Se intubó y se inició ventilación mecánica en control presión con técnica de reclutamiento y

protección alveolar con fracción inspirada de oxígeno ( $\text{FiO}_2$ ) al 100% así como dosis en incremento de presión positiva al final de la espiración (PPFE) de la que llegó a requerir hasta 20 cmH<sub>2</sub>O. No presentó mejoría gasométrica ni radiológica, persistiendo con hipoxemia refractaria, índice de oxigenación (IO) por debajo de 120 mmHg e infiltrados y disminución del volumen pulmonar en la radiografía de tórax. Cursó en las primeras horas de estancia en la UTI con comportamiento clínico de grave rigidez pulmonar caracterizado por distensibilidades dinámicas por debajo de 30 cmH<sub>2</sub>O/Kg, curva de presión volumen desplazada a la izquierda, pobre tolerancia al incremento de la presión en vía aérea y desarrollo de



**Figura 1. A)** Radiografía de tórax de ingreso en donde se observa disminución del volumen pulmonar e infiltrados confluentes extensos en ambos campos pulmonares. **B)** TAC de tórax en donde se corrobora la condensación pulmonar y los extensos infiltrados pulmonares.

\* Academia Nacional de Medicina. Academia Mexicana de Cirugía. Jefe de UTI Fundación Clínica Médica Sur.

† Adscrito al Servicio de Terapia Intensiva. Fundación Clínica Médica Sur.

‡ Interno de Pregrado. Facultad de Medicina. UNAM.

§ Estudiante de Medicina. Facultad de Medicina. UNAM.

|| Estudiante de Medicina. Universidad Panamericana.

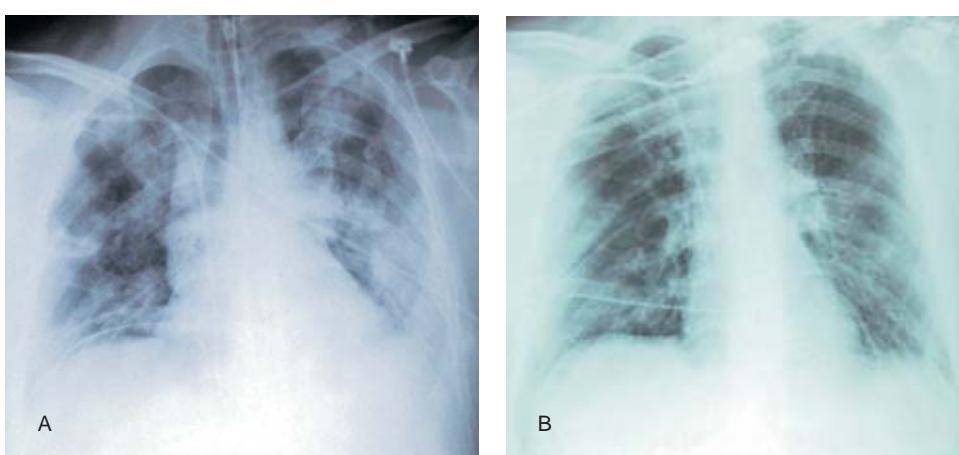
pneumotórax derecho que requirió de la colocación de tubo pleural conectado a sello de agua. Por lo anterior se decidió iniciar con ventilación osculatoria



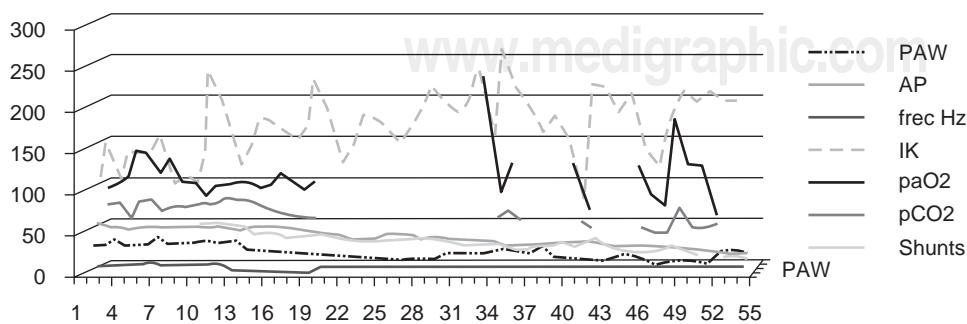
**Figura 2.** Imagen en la que se observa al enfermo durante VOAF conectado al ventilador de alta frecuencia (flecha).

de alta frecuencia (VOAF). Se inició con los siguientes parámetros: Presión media de vía aérea (Paw) de 35 cmH<sub>2</sub>O, frecuencia de 6.5Hz, ΔP de 45, flujo de oxígeno de 60 l/min y FiO<sub>2</sub> de 100%. En base a la respuesta ventilatoria (PaCO<sub>2</sub>), de oxigenación (IO) y cortocircuito intrapulmonar (Qs/Qt) se modificaron los parámetros de la VOAF hasta llevarlo a Paw de 42 cmH<sub>2</sub>O, frecuencia de 8.5 Hz, ΔP de 50 y decremento de la FiO<sub>2</sub> al 50% (*figura 2*). Se presentó mejoría significativa en el reclutamiento y en la gasometría arterial manifestados por incremento del volumen pulmonar, disminución de las áreas de condensación, disminución de la fracción de cortocircuito, mejoría de la saturación arterial de oxígeno y del IO y disminución de la PaCO<sub>2</sub>. Lo anterior hizo posible disminuir la FiO<sub>2</sub> de 100% al 50% en las primeras 8 horas (*figuras 3 y 4*).

La ventilación de alta frecuencia (VAF) se introdujo en 1960 como un nuevo modo ventilatorio. Su característica básica es la combinación de frecuencias respiratorias elevadas en el rango de 60 a 900/min, volúmenes corrientes (VC) bajos, habitualmente por debajo del espacio muerto anatómico, y presiones medias de la vía aérea elevadas. Sus carac-



**Figura 3.** Radiografías de tórax en donde se observa en **A)** persistencia de los infiltrados, el colapso y la condensación durante la ventilación convencional. **B)** Mejoría significativa del reclutamiento alveolar y los volúmenes pulmonares durante la VOAF. Nótese la disminución de las áreas de condensación.



**Figura 4.** Evolución durante la VOAF. Nótese el incremento significativo de la presión media de la vía aérea (P<sub>wa</sub>), del índice de Kirby (IO) y de la PaO<sub>2</sub>, con disminución de la PaCO<sub>2</sub> y de los cortocircuitos (shunts).

terísticas mecánicas mejoran la oxigenación al favorecer el reclutamiento alveolar y disminuir el cortocircuito.<sup>1</sup>

Los mecanismos de movimiento de gases en la vía aérea y su llegada al alveolo en la VAF son:<sup>2</sup>

- Convección y difusión
- Dispersión de Taylor
- Movimiento turbulento en la vía aérea proximal que crea gradiente de flujo
- Llenado asincrónico de unidades alveolares por diferentes tiempos de vaciamiento alveolar (Principio del péndulo)
- Ventilación alveolar colateral
- Mezcla cardiogénica

Los modos de VAF descritos son:

- Ventilación Jet de alta frecuencia (VJAF)
- Ventilación percusiva de alta frecuencia (VPAF)
- Ventilación oscilatoria de alta frecuencia (VOAF)

La VOAF se basa en la oscilación de un diafragma o pistón a frecuencias que oscilan entre 180 a 600/min, lo que equivale a 3 a 10 Hz (1 Hz = 60/min). El control de la presión media en la vía aérea (Pwa) se controla a través de un flujo de gas fresco de 30 a 60 L/min y una válvula de resistencia. Una característica muy especial de la VOAF es que el movimiento espiratorio del pistón favorece de una manera activa el flujo espiratorio, lo que es importante para disminuir el atrapamiento aéreo al disminuir el tiempo espiratorio. Por otro lado, la oxigenación y la ventilación alveolar son impactados por diferentes mecanismos. La oxigenación es mantenida por la FiO<sub>2</sub> y la Pwa (Flujo + válvula de resistencia). La ventilación está inversamente relacionada con la frecuencia de la oscilación y directamente relacionada con la excursión o movimiento del diafragma o pistón, término que se refiere como presión de amplitud de la oscilación (conocida como ΔP). El VC es determinado por la frecuencia, el diámetro interno del tubo orotraqueal y la amplitud de presión.<sup>3,4</sup>

La escasa variación de la Pwa inducida por bajos VC, la elevada oscilación y la inspiración activa favorece el reclutamiento alveolar con muy bajo riesgo de lesión pulmonar inducida por ventilación y desreclutamiento, lo que induce disminución de la lesión alveolar, conservación y mantenimiento del surfactante y reducción de la respuesta inflamatoria con menor producción de citocinas.<sup>5,6</sup>

La VOAF permite reclutamiento mediante el incremento de la presión de la vía aérea por diferentes métodos, recomendándose el reclutamiento progresivo.<sup>7</sup> Posterior a la apertura alveolar se continúa con la siguiente técnica, la que se adapta de acuerdo a la evolución del enfermo.

#### a) Oxigenación:

- Iniciar con FiO<sub>2</sub> al 100%
- Presión inicial de 5 cmH<sub>2</sub>O por arriba de la última PmVA durante la ventilación convencional
- Tiempo inspiratorio del 33%
- Flujo de gas fresco de 40 L/min
- La FiO<sub>2</sub> se disminuye de acuerdo a la respuesta del enfermo

#### b) Ventilación:

- Iniciar con frecuencia de 5 Hz
- ΔP para lograr movimiento de tremor de los hombros al medio tórax, para esto programar de 60 a 90 cmH<sub>2</sub>O

La frecuencia recomendada es entre 6 a 9 Hz, pero en algunos estudios se han usado frecuencias de hasta de 20 Hz, las cuales condicionan un fenómeno de resonancia, la que transmite la energía de una manera más eficiente a los pulmones y a la pared torácica.<sup>8</sup>

Los efectos colaterales de la VOAF están relacionados a las elevadas presiones en la vía aérea y al atrapamiento de aire y son fundamentalmente pneumotórax e inestabilidad hemodinámica.<sup>9</sup>

#### BIBLIOGRAFÍA

1. dos Santos CC, Slutsky AS. Overview of high-frequency ventilation modes, clinical rationale and gas transport mechanisms. *Respir Care Clin N Am* 2001;7:549-575.
2. Pillow JJ. High-frequency oscillatory ventilation: mechanisms of gas exchange and lung mechanics. *Crit Care Med* 2005;33:135-141.
3. Chan KP, Stewart TE, Mehta S. High-frequency oscillatory ventilation for adult patients with ARDS. *Chest* 2007;131:1907-1916.
4. Hager DN, Fessler HE, Kaczka DW, Shanholz CB. Tidal volume delivery during high-frequency oscillatory ventilation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2007;35:1522-1529.
5. Imai Y, Nakagawa S, Ito Y. Comparison of lung protection strategies using conventional and high-frequency oscillatory ventilation. *J Appl Physiol* 2001;91:1836-1844.
6. McCulloch PR, Forkert PG, Froese AB. Lung volume maintenance prevents lung injury during high frequency

- oscillatory ventilation in surfactant-deficient rabbits. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:1185-1192.
7. Luecke T, Herman P, Krasincuk P, Pelosi P. Computed tomography scan assessment of lung volume and recruitment during high-frequency oscillatory ventilation. *Crit Care Med* 2005;33:155-162.
8. Fessler HE, Hager ND, Brower RG. Feasibility of very high-frequency ventilation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2008;36:1043-1048.
9. Derdak S. High-frequency oscillatory ventilation for acute respiratory distress syndrome in adults patients. *Crit Care Med* 2003;31:317-323.

Correspondencia:  
Dr. Raúl Carrillo Esper.  
Unidad de Terapia Intensiva.  
Fundación Clínica Médica Sur.  
Puente de Piedra Núm. 150.  
Col. Toriello Guerra 14050