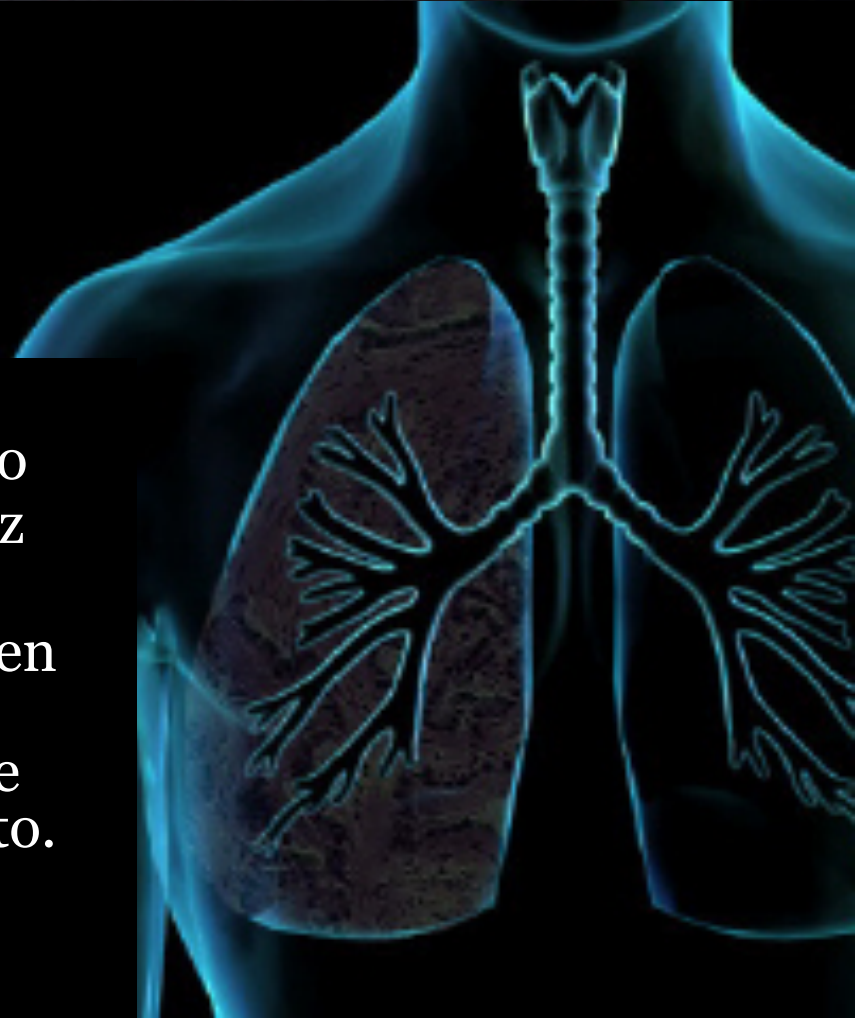


# Complicaciones de la ventilación mecánica invasiva



EU. Eugenio  
Pavez Avilez

Especialista en  
cuidados  
del paciente  
críticos adulto.

UPC HRT

# Ventilación mecánica invasiva

Medida de Soporte  
respiratoria.

Copyright: <https://www.google.cl/search?q=paciente+critico>





# Complicaciones de la VMI

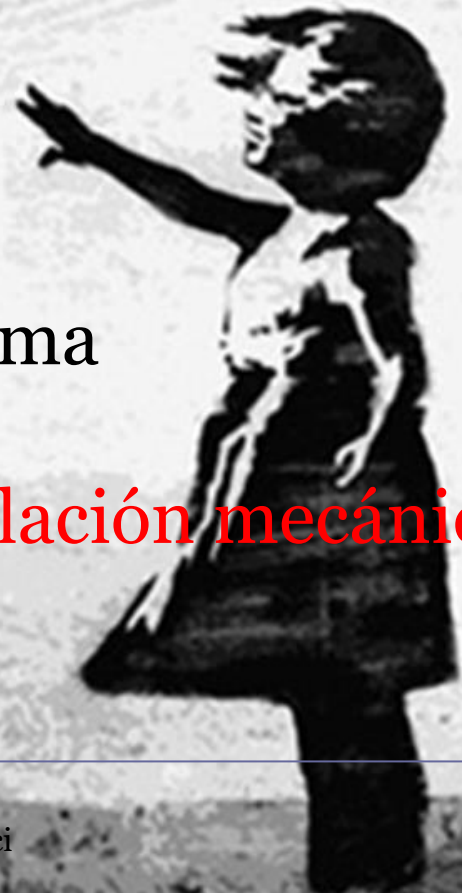
Barotrauma

Volutrauma

Atelectrauma

Biotrauma

**Daño inducido por ventilación mecánica (DIVM)**



# Un poco de historia...

## Inicios de la ventilación

**Paracelso** (1493-1541) intentó reanimar a un paciente colocando un tubo en la boca e insuflando aire a través de él.

## **Andreas Vesalius** (1543)

Instala una cánula traqueal (de caña) a un perro, utiliza un fuelle → el animal sobrevive.



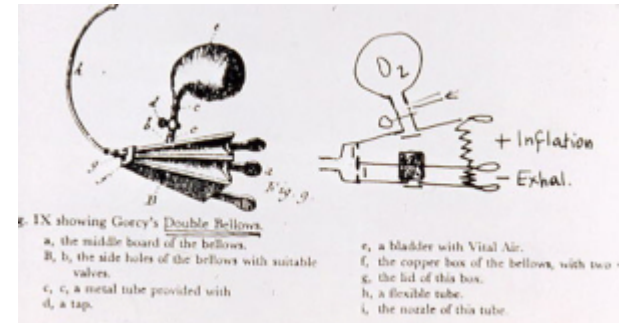
# Un poco de historia...

**Leroy (1827)**

Humanos víctimas de ahogamiento.

Realizo insuflaciones mediante una especie de fuelle → demostró el **NEUMOTÓRAX**

Se descarta procedimiento que fue utilizado por casi 300 años



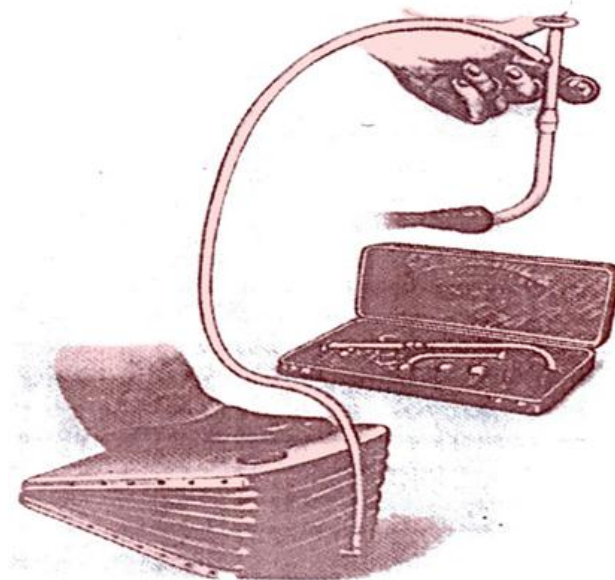
Copyright: <https://infouci.org/tag/usa/>

# Un poco de historia...

Primer ventilador a presión  
positiva movido a pie

Respirador de Fell y O'Dwyer,  
utilizado por Matas.

1898 Usado en cirugía cardíaca.



# Un poco de historia...

## “Pulmón de acero”

Presión negativa.

Usado en 1929 (niña  
inconsciente)

Usado posteriormente en  
Inglaterra en niños con  
poliomielitis



# Un poco de historia...

## **Primer respirador (1953)**

Capaz de liberar volúmenes  
predeterminados.

Usado en epidemia de  
poliomielitis en Dinamarca





# Década de los años 90.

- Nuevas generaciones de respiradores.
- Nuevas modalidades ventilatorias
- Variaciones en la forma del flujo, relación I/E, sensibilidad, etc.

**Importancia de altos volúmenes y PEEP inadecuados que favorecen el “biotrauma”.**

# Año 2000:

## Apocalipsis cibernético mundial



**A** la medianoche del 31 de diciembre de 1999 las computadoras pasarán del 31-12-99 al 01-01-00. Casi todas entenderán que se habla del 01 de enero del año 1900 o 1980. Será la gran confusión que una gran mayoría de las computadoras de todo el mundo proyectará sobre nuestras banales y controlada vidas.

Ustedes mismos podrán hacer un experimento: pongan la fecha de su computadora el 31-12-99 a las 11:59 pm... y vean qué pasa la nueva fecha. Después de un minuto será el año 80, la fecha que esta en el MS-DOS (Microsoft) del sistema



Hedi Enghelberg

de las computadoras, nadie ha pensado en este grave problema. Por razones técnicas y de operaciones, para economizar memoria, y por considerarse no económico, los diseñadores de hardware y software asignaron sólo seis dígitos para la fecha: dos para los días, dos para los meses y dos para los años. En lugar de 21-11-1999 se usó una buena idea: se usó el espacio y fue adoptado por la industria. Era suficiente, pero con el paso del tiempo el problema se hizo evidente. No ha dado tiempo de pensar en este problema. En el futuro, pero en el futuro económico, se iban para corregir los errores de los dos dígitos. Año

**FIN**  
*del*  
**MUNDO**



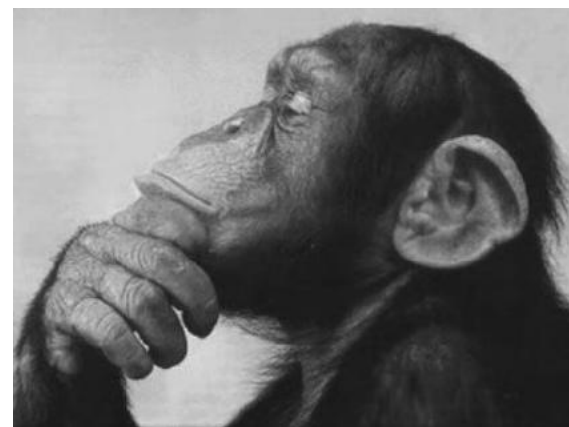
Copyright: neroxsparda.blogspot.com

habilidad del programa de una computadora de interpretar correc-

ANÍMESE, AMIGO.  
NO ES EL FIN DEL MUNDO.



...pero si el  
*fin de la  
ventilación  
convencional*



# Inicio de la VMI protectora.

## The New England Journal of Medicine

---

© Copyright, 2000, by the Massachusetts Medical Society

---

VOLUME 342

MAY 4, 2000

NUMBER 18

---



---

**VENTILATION WITH LOWER TIDAL VOLUMES AS COMPARED WITH  
TRADITIONAL TIDAL VOLUMES FOR ACUTE LUNG INJURY  
AND THE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME**

---

# Metodología.

## Criterios de inclusión:

- Intubados con  $PaFi \leq 300$ .
- Rx tórax c/ infiltrados bilaterales.
- Sin hipertensión pulmonar izq.
- Evolución <36 hrs.

Muestra: 861 pacientes.

Duración: 28 días.



**TABLE 1. SUMMARY OF VENTILATOR PROCEDURES.\***

VARIABLE	GROUP RECEIVING TRADITIONAL TIDAL VOLUMES	GROUP RECEIVING LOWER TIDAL VOLUMES
Ventilator mode	Volume assist-control	Volume assist-control
Initial tidal volume (ml/kg of predicted body weight)†	12	6
Plateau pressure (cm of water)	≤50	≤30
Ventilator rate setting needed to achieve a pH goal of 7.3 to 7.45 (breaths/min)	6-35	6-35
Ratio of the duration of inspiration to the duration of expiration	1:1-1:3	1:1-1:3
Oxygenation goal	PaO <sub>2</sub> , 55-80 mm Hg, or SpO <sub>2</sub> , 88-95%	PaO <sub>2</sub> , 55-80 mm Hg, or SpO <sub>2</sub> , 88-95%
Allowable combinations of FiO <sub>2</sub> and PEEP (cm of water)‡	0.3 and 5	0.3 and 5
	0.4 and 5	0.4 and 5
	0.4 and 8	0.4 and 8
	0.5 and 8	0.5 and 8
	0.5 and 10	0.5 and 10
	0.6 and 10	0.6 and 10
	0.7 and 10	0.7 and 10
	0.7 and 12	0.7 and 12
	0.7 and 14	0.7 and 14
	0.8 and 14	0.8 and 14
	0.9 and 14	0.9 and 14
	0.9 and 16	0.9 and 16
	0.9 and 18	0.9 and 18
1.0 and 18	1.0 and 18	
1.0 and 20	1.0 and 20	
1.0 and 22	1.0 and 22	
1.0 and 24	1.0 and 24	

Falla de órganos:  
 Presión arterial.  
 Interleucina -6.  
 Creatinemia.  
 Recuento de plaquetas.  
 Bilirrubinemia.  
 Gasometría arterial.

# Resultados.

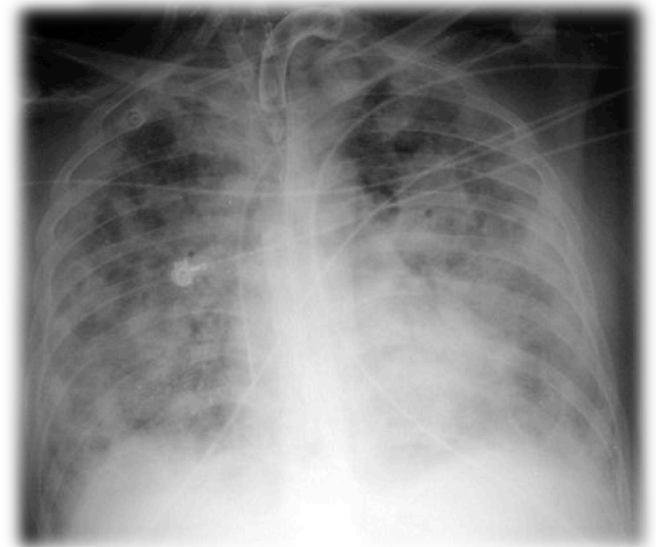
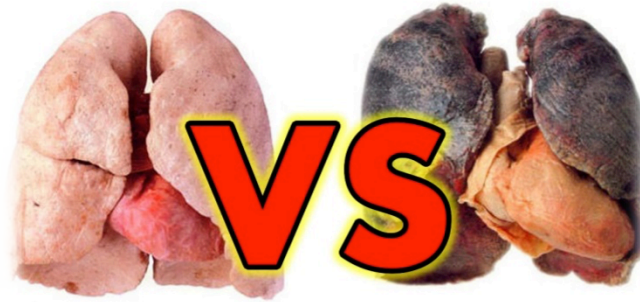
En pacientes con bajo volumen corriente:

- La mortalidad se redujo en un 22%.
- Mayor días sin ventilador.
- Menor niveles de interleucina-6

(a pesar de los mayores PEEP, FiO<sub>2</sub> y menor PaFi en los días 1 y 3).

**Ventilar protegiendo los pulmones de estiramiento excesivo**

# Complicaciones de la VMI.





# Complicaciones de la VMI.

Daño pulmonar inducido por el ventilador o VILI  
(*ventilator-induced lung injury*)

Definido en 1998 por *la International Consensus  
Conferences in Intensive Care Medicine*

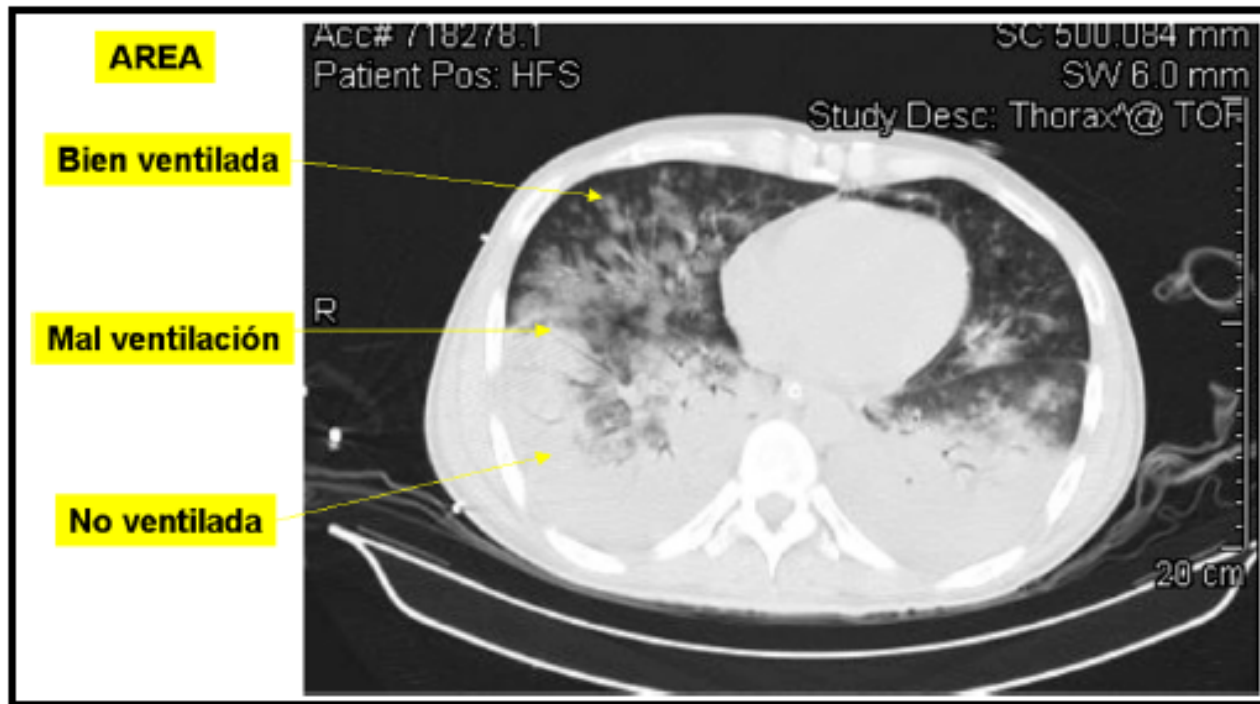
Daño pulmonar producido por la VMI, que imita  
al SDRA.

# Fisiopatología del VILI.

EL pulmón en un SDRA según *Gattinoni* y cols. fue denominado como “*Baby lung*”(1987)

- Disminución significativa de volumen de gas
- Aumento del peso del pulmón
  - Edema
  - Inflamación
  - Detritus alveolar e intersticial

# Fisiopatología del VILI.



TAC de tórax de un paciente con SDRA en que se observa una distribución heterogénea y las distintas áreas que van de las no ventiladas a las sobredistendidas.

# Fisiopatología del VILI.

Para abrir los alveolos colapsados se necesita un aumento de la presión y la PEEP.

## **Precaución:**

- Sobredistención de áreas bien ventiladas
- Reclutacion de factores proinflamatorios
- Aumentar la permeabilidad alveolar-capilar
- Edema pulmonar → VILI.

*Ventilación mecánica protectora.*

# Fisiopatología del VILI.

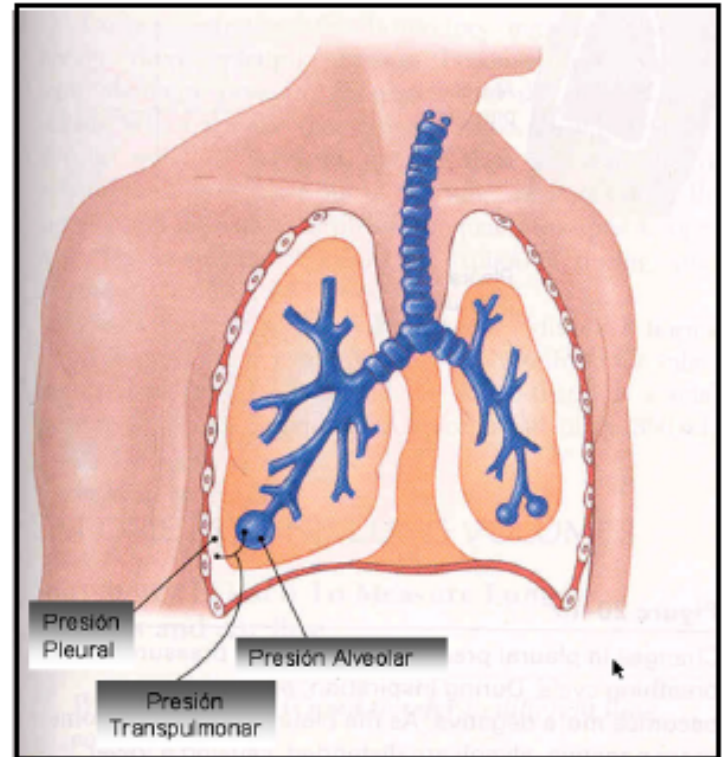
Gattinoni y cols:

VILI = excesivo *Stress* y *Strain* regional/global aplicado a este “pulmón de bebé”.

- *Stress*: es la presión de distensión o tensión aplicada a las estructuras del fibroesqueleto pulmonar
- *Strain*: es la deformación generada por esta maniobra.

# Fisiopatología del VILI.

- *Stress*: es la presión transpulmonar =  $p^{\circ}$  alveolar –  $p^{\circ}$  pleural.
- *Strain*: es la razón entre el cambio de volumen ( $\Delta V$ ) y la capacidad residual funcional (CRF)  
(a menor CRF mayor es el porcentaje de deformación)



Presión transpulmonar = (presión alveolar - presión pleural).

# Barotrauma

Fugas de aire debido a la disrupción de la pared del espacio alveolar en pacientes que reciben ventilación mecánica.

El *stress* excede las propiedades de tensión máximas de las fibras de colágeno “ruptura por *stress*”

820414916019

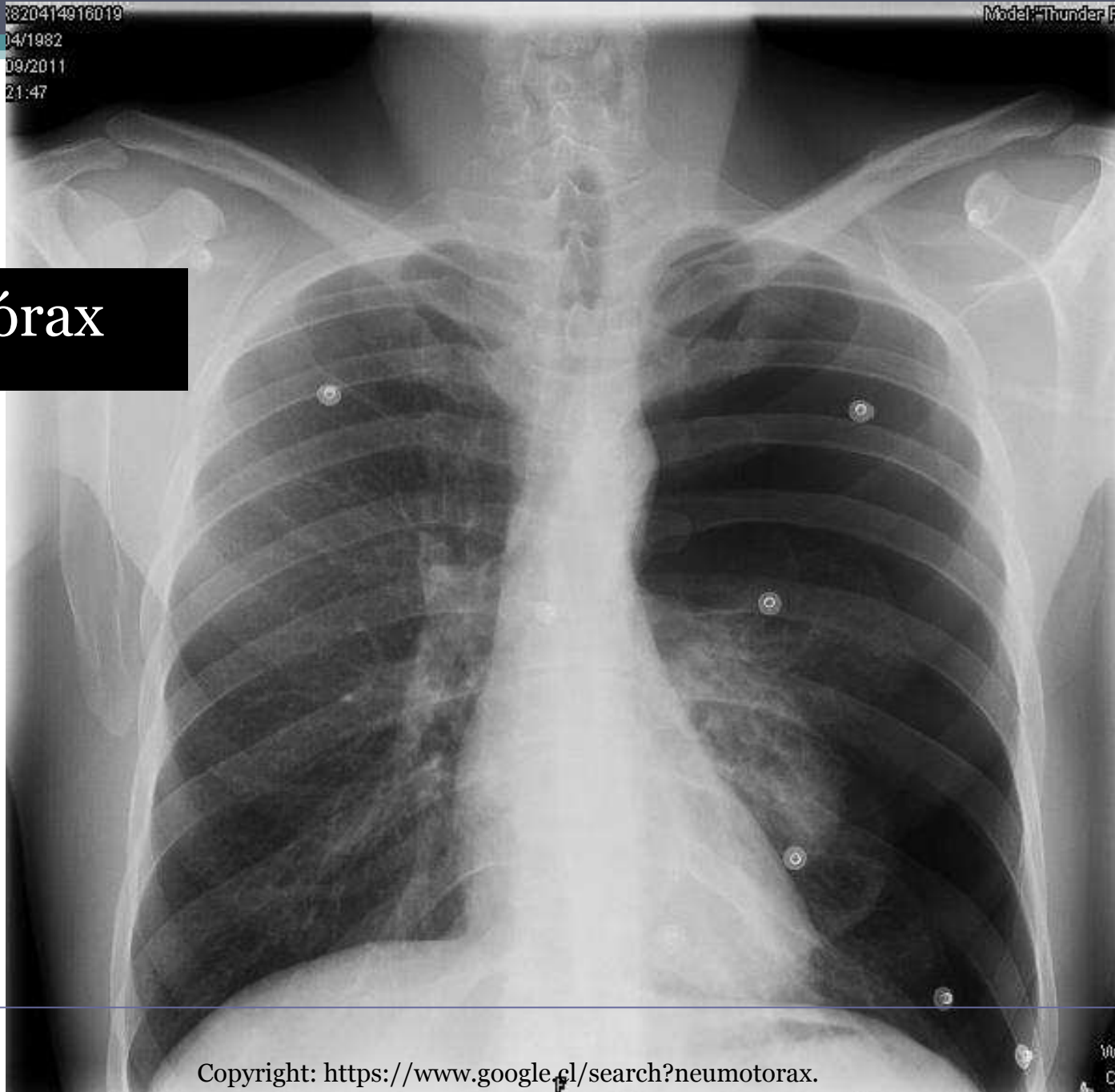
Model: Thunder P

04/1982

09/2011

21:47

# Neumotórax



Copyright: <https://www.google.cl/search?neumotorax>.

W  
C



# Barotrauma.

## Manifestaciones macroscópicas

- Neumotórax
- Neumotórax a tensión
- Neumomediastino
- Enfisema pulmonar intersticial
- Enfisema subcutáneo
- Neumoperitoneo
- Quistes pulmonares a tensión
- Embolia aérea

Incidencia en SDRA :3% a 13%  
Mortalidad: < 2%

# Volutrauma

Daño causado por sobredistensión alveolar secundario a altos volúmenes alveolares

Dreyfuss (1988): descubre que el edema alveolar en ventilación mecánica se debe a altos volúmenes y no a altas presiones

# Volutrauma

“El volumen final inspiratorio es probablemente el principal determinante del edema inducido por la ventilación”

---

Dreyfuss D, Saumon G. Role of tidal volume, FRC, and end-inspiratory volume in the development of pulmonary edema following mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148(5): 1194-203.

“Altos volúmenes corrientes fueron identificados como un factor riesgo independiente de VILI”

---

Gajic O, Dara SI, Méndez JL, et al. Ventilator-associated lung injury in patients without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2004; 32(9): 1817-24.

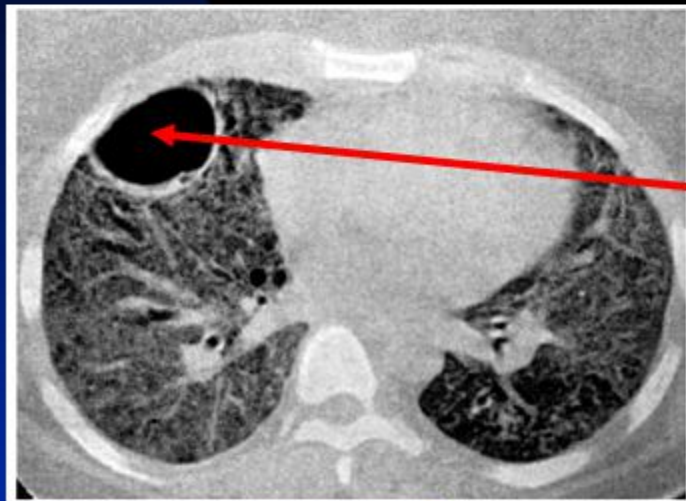
# Atelectrauma

También llamada atelectasia cíclica.

- Daño causado por las fuerzas de deformación o de cizallamiento del alveolo por apertura y cierre en cada ciclo respiratorio.

En alveolos inestables en el SDRA áreas dependientes.

# “Volutrauma & Atelectrauma”



Non-dependent bullae are probably due to alveolar **overdistension**



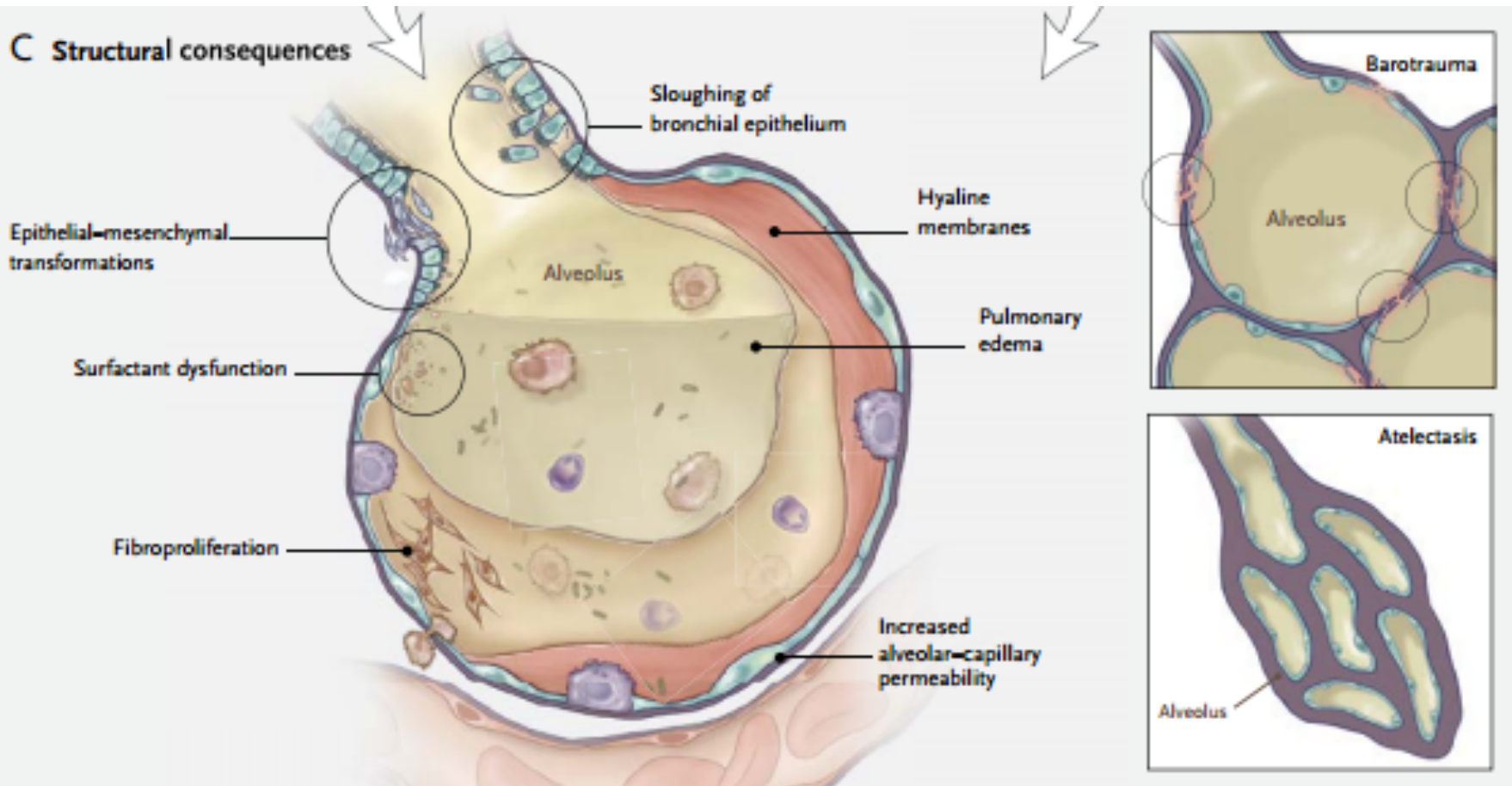
Dependent bullae are due to alternating **opening & closing** of the airway



## El volutrauma y el atelectrauma son las principales causas de daño alveolar

- Disrupción epitelial en esta estructura alveolar.
- Aumento de la permeabilidad y edema alveolar.
- Hemorragia alveolar.
- Membrana hialina.
- Disfunción del surfactante pulmonar.
- Colapso alveolar.

### C Structural consequences



# Biotrauma.

Daño al alveolo y extrapulmonar secundario a inflamación.

- Liberación de citoquinas, TNF alfa y otros mediadores como respuesta a la injuria de origen mecánico.

*Favorece la falla multiorganica*



# Importancia SDRÁ-VILI.

SDRA... mortalidad del 25-45% en las unidades de cuidados intensivos

---

Force ADT, Ranieri VM, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. JAMA. 2012;307(23):2526–33.

Alrededor del 24% de los SDRÁ tratados con MV desarrolla VILI.

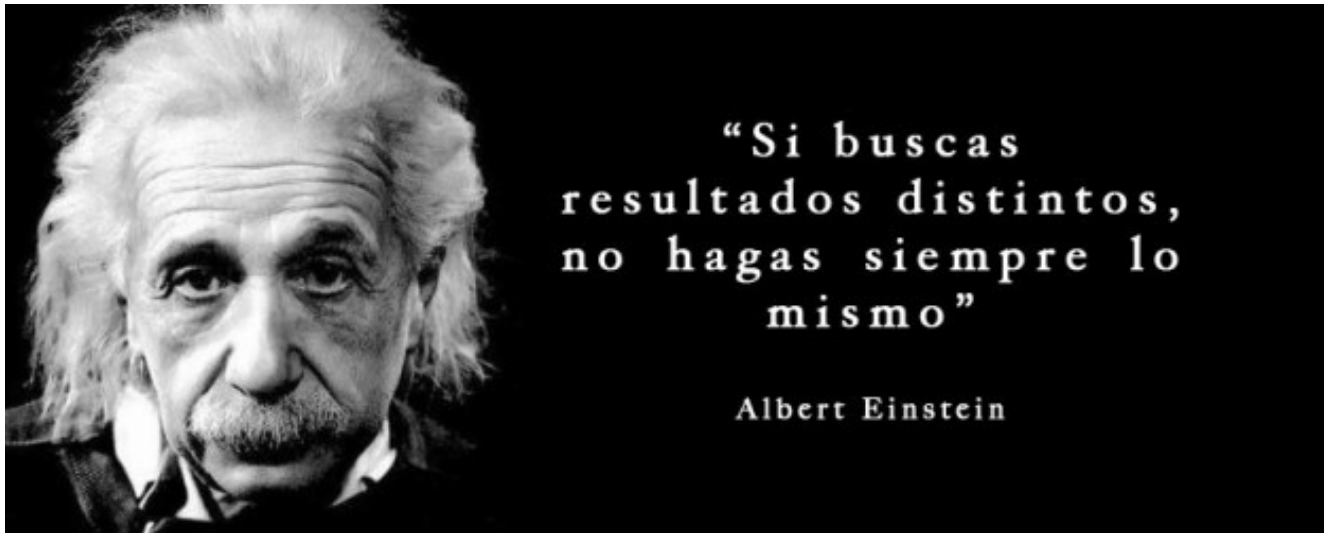
---

Gajic O, Dara SI, et al. Ventilator-associated lung injury in patients without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation. Crit Care Med. 2004;32(9):1817–24

# Importancia SDRA-VILI.

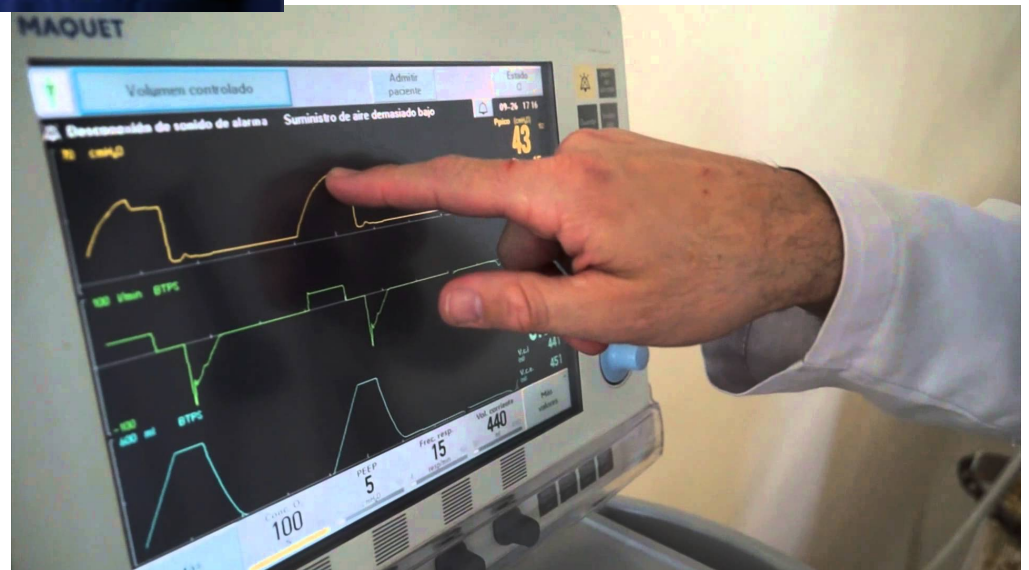
SDRA + VILI... tasa de mortalidad 40-50%

Tobin MJ. Culmination of an era in research on the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2000;342(18):1360-1.





# Cuidados para prevenir el VILI



# Medidas de prevención de VILI.

Evitar volutrauma.

- En SDRA usar VC de 6 ml/kg (peso ideal).
- $P^{\circ}plateau \leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$
- $P^{\circ}$  de distensión (*driving pressure*):  
 $P^{\circ} plateau - PEEP$  debe ser menor a 15.

# Medidas de prevención de VILI.

Evitar atelectrauma

Evitar que exista reclutamiento/ dereclutamiento en cada ciclo respiratorio.

- Ajuste de PEEP según distensibilidad pulmonar.
  - PEEP ideal.
- Tabla de titulación de PEEP.
- Evaluar curvas “*stress Index*”

# Medidas de prevención de VILI.

## Tabla de titulación de PEEP. ARDS Network

Lower PEEP/Higher $F_{IO_2}$																
$F_{IO_2}$	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0		
PEEP	5	5	8	8	10	10	10	12	14	14	14	16	18	18-24		
Higher PEEP/Lower $F_{IO_2}$																
$F_{IO_2}$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5-0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	
PEEP	5	8	10	12	14	14	16	16	18	20	22	22	22	22	24	

Objetivo: mantener un  $S_{pO_2}$  (88-95%) o  $P_{aO_2}$  (55-80 mm Hg)

Criticas: no dirigen el nivel de PEEP a la mecánica pulmonar individual  
se basan en la opinión de expertos en lugar de pruebas empírica

# Medidas de prevención de VILI.

Titulación de PEEP de acuerdo a parámetros de distensibilidad pulmonar.

- Iniciar con una maniobra de reclutamiento, evaluar *compliance* con PEEP alto, del orden de 20 cmH<sub>2</sub>O.
- Disminuir PEEP regresivamente (ej. reduciendo el PEEP en 2 cmH<sub>2</sub>O cada 20 minutos) y medir la *compliance* en cada estación.

Se estima que el *PEEP superior* a aquél en que la *compliance* empieza a decaer es el óptimo.

# Medidas de prevención de VILI.

Grasso y cols (2004), concepto de ***stress Index***.

Muestra la relación toracopulmonar en la insuflación (*compliance*) durante el ingreso de un volumen corriente en la curva presión/tiempo.



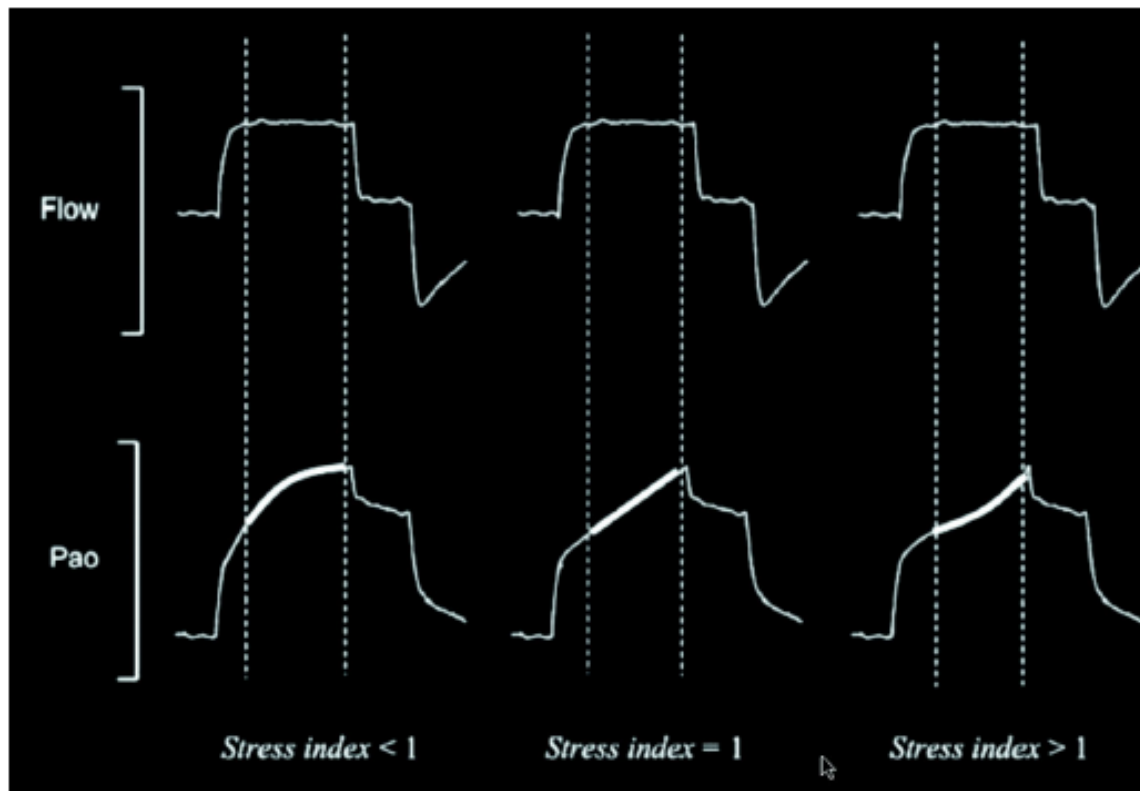


Figura 4. Morfología de la curva presión/tiempo y su relación con el *stress index*. En la figura un *stress index* <1 implica reclutamiento y puede aumentar el PEEP y un *stress index* >1 evidencia sobredistensión de alvéolos y debe disminuir el PEEP.

# ¿Tratamiento de VILI?.

Los glucocorticoides:

Pueden mejorar el VILI. Pero no mejora el resultado del SDRA

- Debilidad neuromuscular y el aumento del riesgo de mortalidad.

**NO HAGAS NADA HOY**

que comprometa tu mañana

- Anónimo

La VILI **no se trata,**  
**se previene!**

Prevenir  
es **más**  
**Seguro**

El hombre ha perdido la capacidad de prever y prevenir. Él va a terminar por destruir la tierra.

–Albert Schweitzer

[www.frasesgo.com](http://www.frasesgo.com)