BASES FISIOPATOLOGICAS DE ALGUNAS MANIOBRAS EN VENTILACION MECANICA INVASIVA

Dr. Juan Mendoza N.

UPC - HTS

Agosto, 2013.

O B J E T I V O S

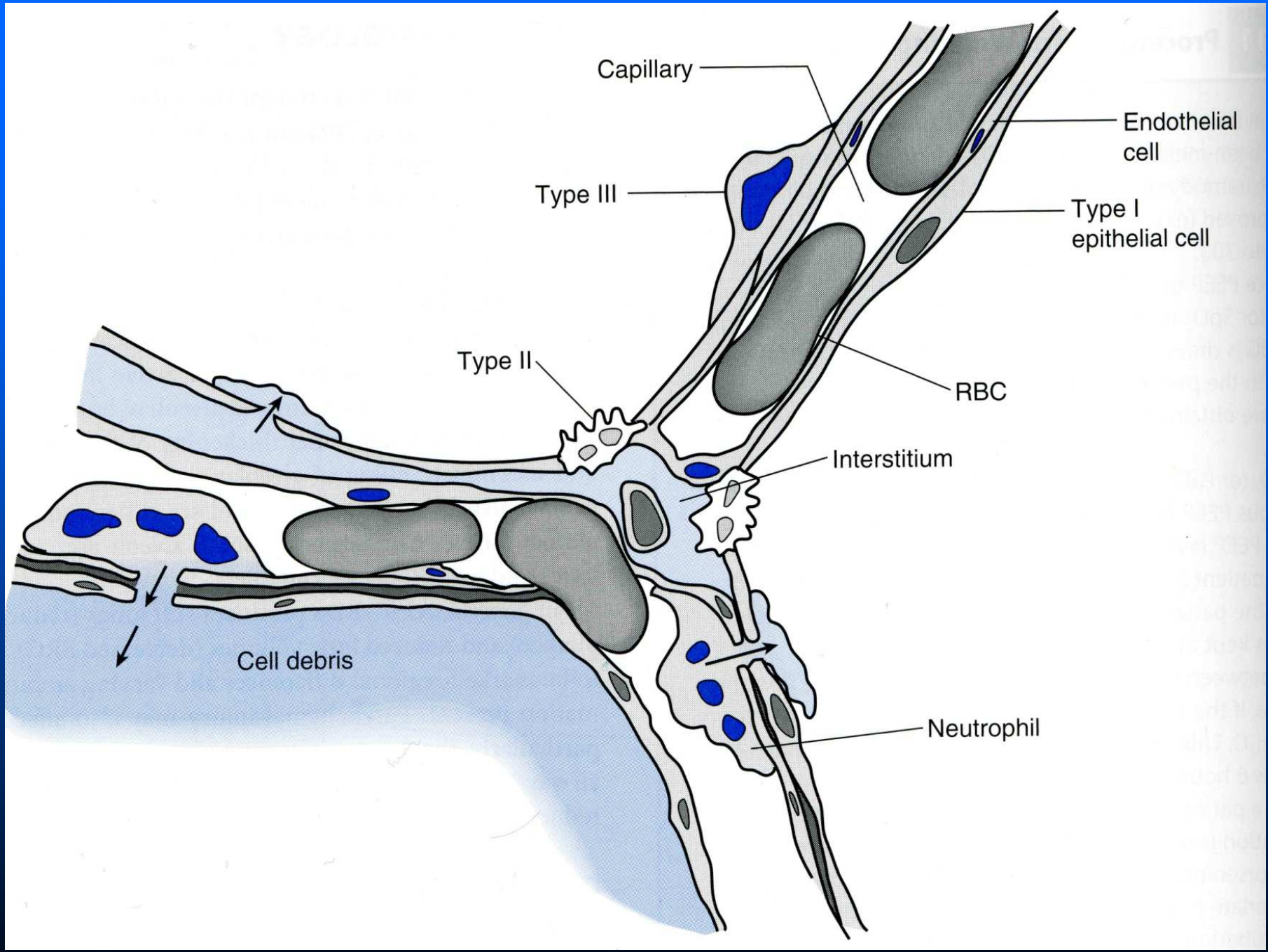
Estructura de la Mb alveolo capilar.
Daño o injuria por VM invasiva.
Definición actual de SDRA.
Relación Ventilación Perfusión (V/Q).
Ventilación pulmonar protectora
Hipercapnia permisiva.
PEEP – Reclutamiento alveolar.
Posición Prona.
Resumen.

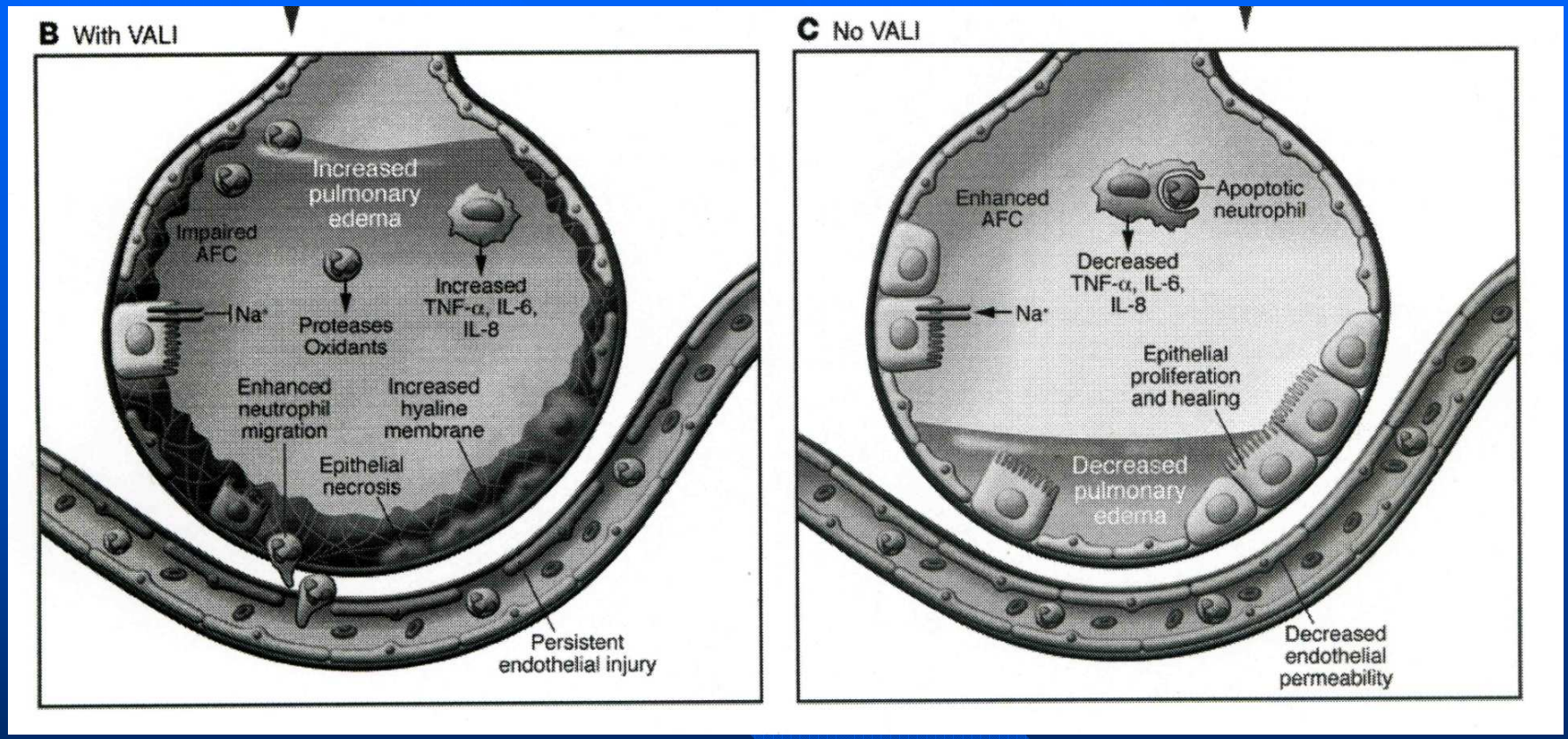
MEMBRANA ALVEOLO CAPILAR

- La Mb alveolo capilar es extremadamente delgada y tiene una gran superficie, de tal modo que O2 y CO2 se mueven, a través de la barrera, por Difusión.

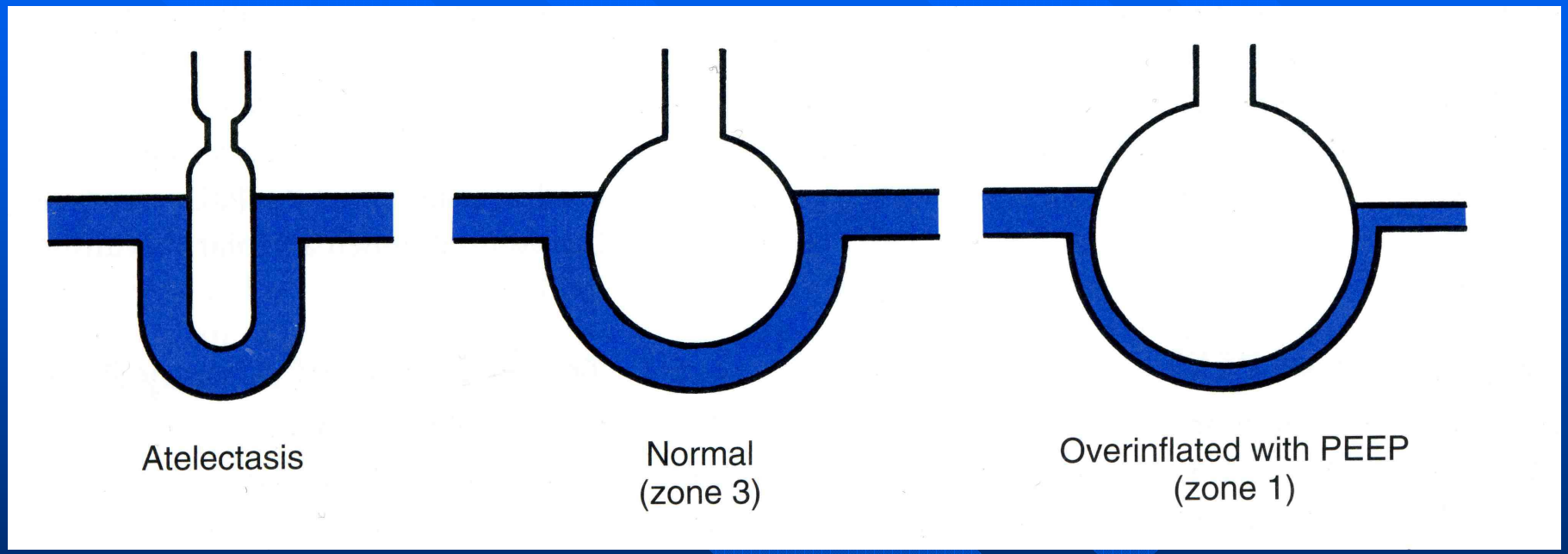
MEMBRANA ALVEOLO CAPILAR

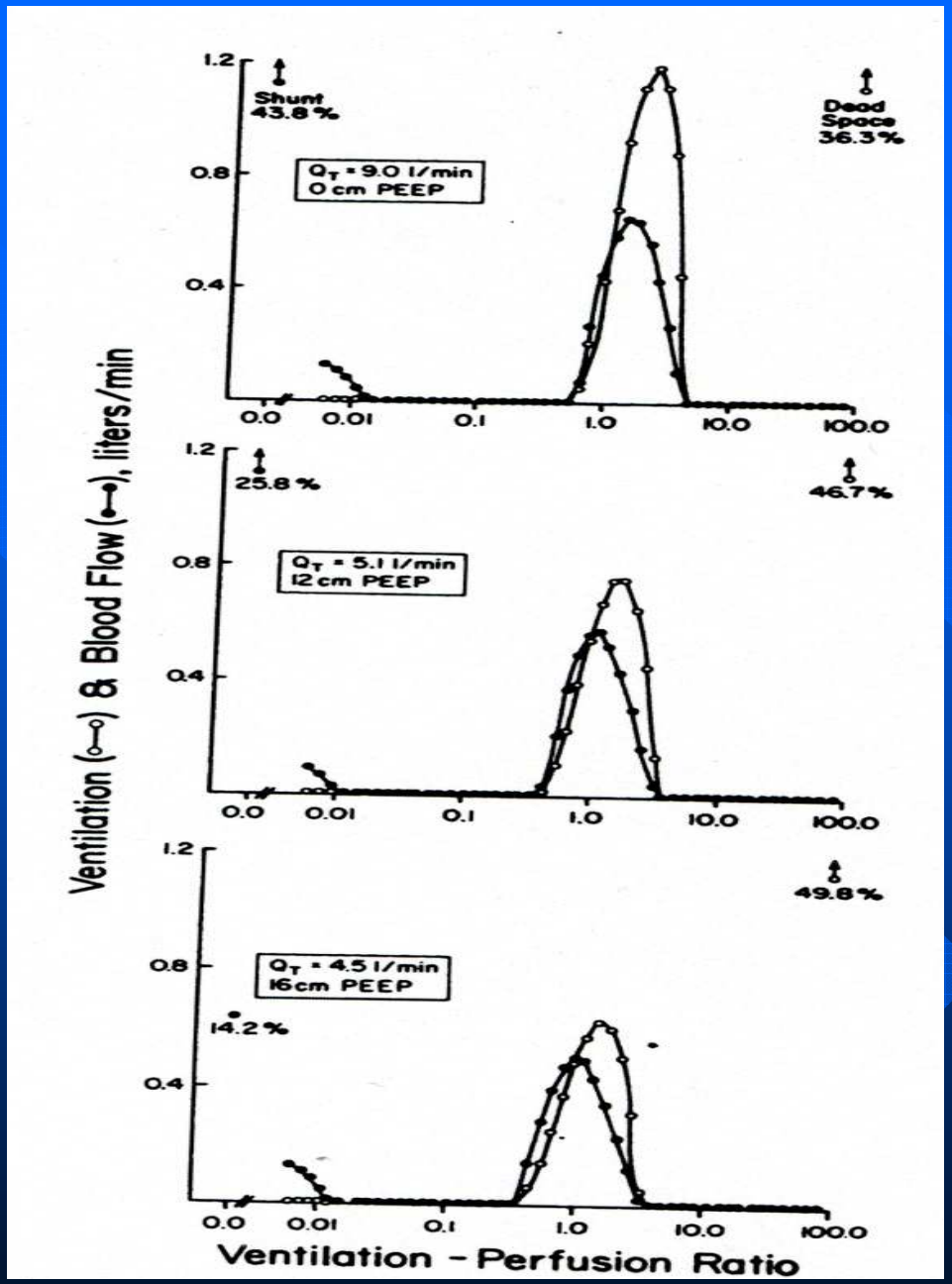
- La Mb debe tener suficiente fuerza para resistir fallas mecánicas frente a stress mayores, la principal razón de este stress es la presión transmural que ejercen los capilares pulmonares al aumentar el débito cardiaco por ejercicio severo, o por aumento de la inflación pulmonar con mayor tensión en la pared alveolar.

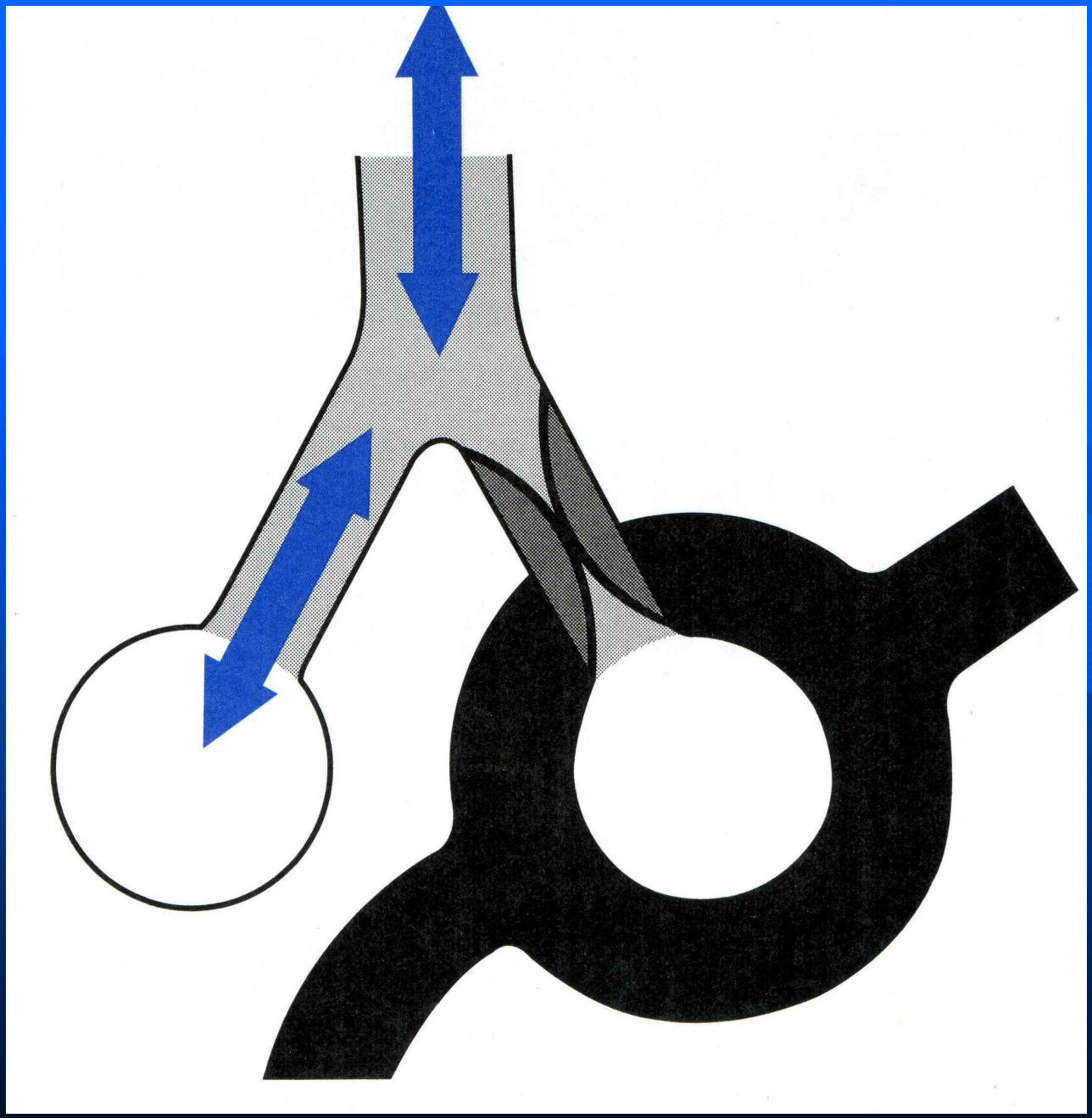

Capillary
Endothelial cell
Type III
Type I epithelial cell
Type II
RBC
Interstitium
Cell debris
Neutrophil


B With VALI
Increased pulmonary edema
Impaired AFC
Na+
Proteases Oxidants
Increased TNF-α, IL-6, IL-8
Enhanced neutrophil migration
Increased hyaline membrane
Epithelial necrosis
Persistent endothelial injury
C No VALI
Enhanced AFC
Apoptotic neutrophil
Decreased TNF-α, IL-6, IL-8
Na+
Epithelial proliferation and healing
Decreased pulmonary edema
Decreased endothelial permeability

Relacion V/Q




Shunt
43.8%
Dead
Space
36.3%
Q_T = 9.0 l/min
0 cm PEEP
25.8%
46.7%
Q_T = 5.1 l/min
12 cm PEEP
49.8%
Q_T = 4.5 l/min
16 cm PEEP
14.2%
1.2
0.8
0.4
0.0
0.01
0.1
1.0
10.0
100.0
Ventilation (⊶) & Blood Flow (⊷), liters/min
Ventilation – Perfusion Ratio



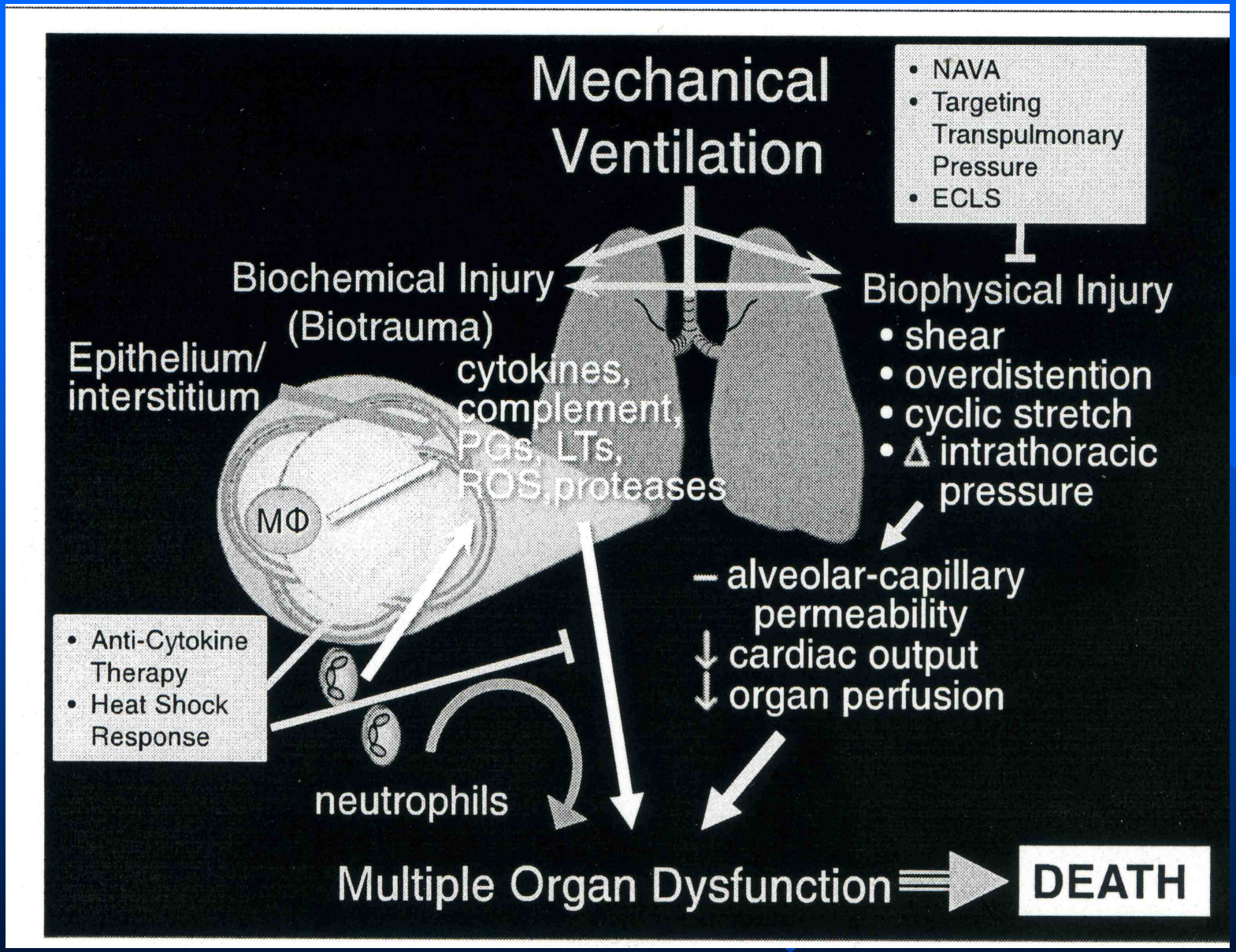
DAÑO O INJURIA POR VENTILACION MECANICA INVASIVA

- Hay evidencia categórica en animales y humanos que la VM induce y exacerba la injuria pulmonar.
- Esta injuria se debe a presiones elevadas que provoca sobredistensión pulmonar.
- Al stress repetitivo por apertura y cierre de alvéolos.
- Y a la generación de la cascada inflamatoria que puede agravar la injuria pulmonar y por paso a la sangre provocar inflamación sistémica con FOM que sería la principal causa de muerte en SDRA.

DAÑO O INJURIA POR VENTILACION MECANICA INVASIVA

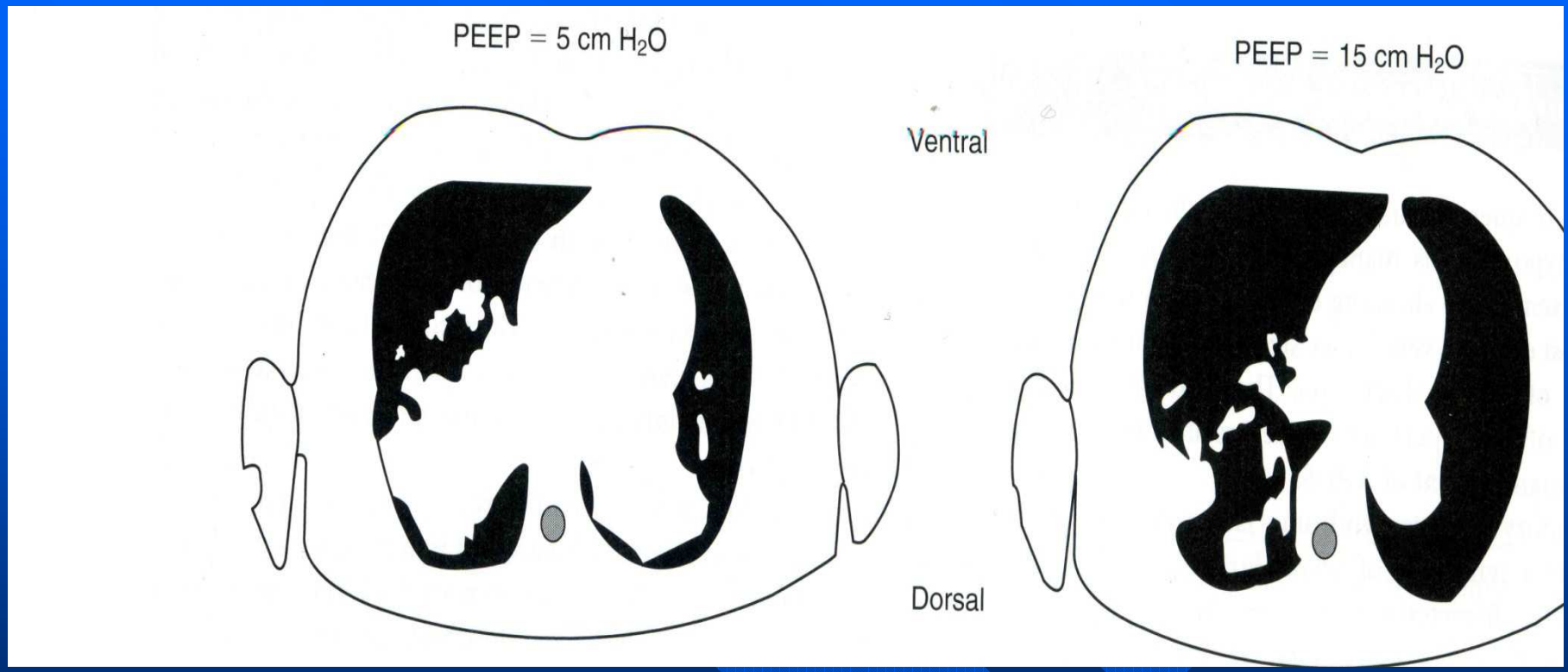
- La injuria por VM se inicia cuando comienza la VM.

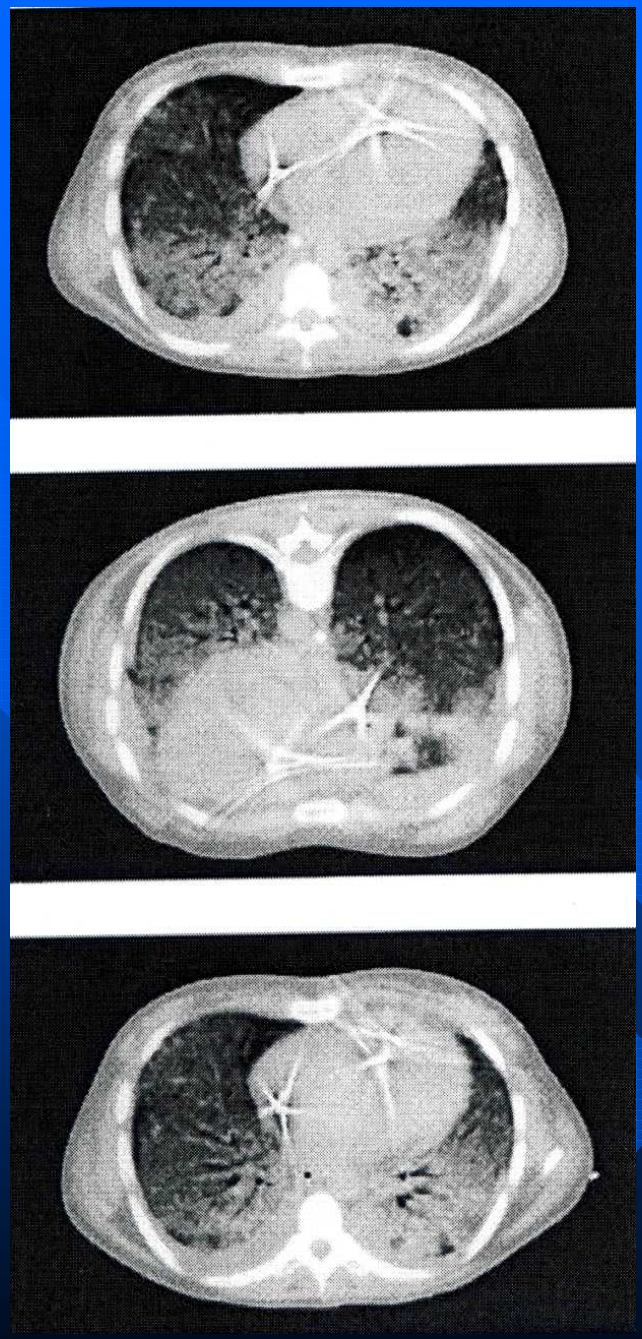
- La VM no es fisiológica pues no solo aumenta la presión intrapulmonar sino que proporciona ventilaciones uniformes monomórficas, a diferencia de nuestra respiración que es polimórfica con cambios en Vol corriente y en frecuencia respìratoria.


Mechanical Ventilation
• NAVA
• Targeting Transpulmonary Pressure
• ECLS
Biochemical Injury (Biotrauma)
Epithelium/ interstitium
cytokines, complement, PGs, LTs, ROS, proteases
MΦ
Biophysical Injury
• shear
• overdistention
• cyclic stretch
• Δ intrathoracic pressure
– alveolar-capillary permeability
↓ cardiac output
↓ organ perfusion
• Anti-Cytokine Therapy
• Heat Shock Response
neutrophils
Multiple Organ Dysfunction
DEATH

Definición actual del SDRA (Consenso de Berlín)

	Leve	Moderado	Severo
Tiempo	Inicio agudo dentro de 1 semana después de un factor de riesgo conocido o empeoramiento de síntomas respiratorios		
Hipoxemia	PaFi 201-300 c/PEEP ≥ 5 cm	PaFi ≤ 200-101 c/PEEP ≥ 5 cm	PaFi ≤ 100 c/PEEP ≥ 10
Origen del edema	No explicable por falla cardiaca o sobrecarga de líquido		
Anormalidades radiológicas	Sombras alveolares bilaterales	Sombras alveolares bilaterales	Sombras alveolares en 3 o + cuadrantes
Alteraciones fisiológicas			Compliance < 40 cc/cm H2O

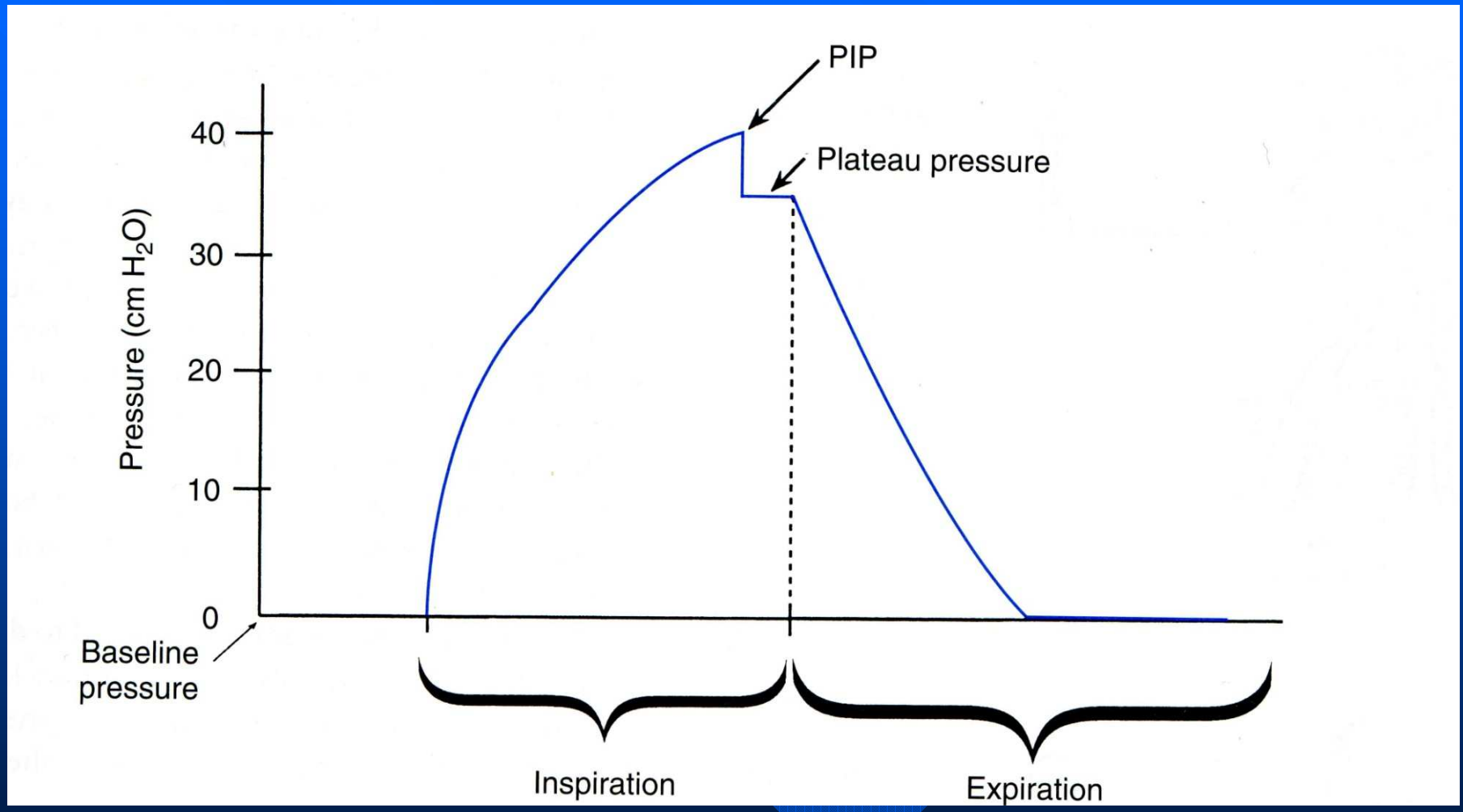

PEEP = 5 cm H_2O
PEEP = 15 cm H_2O
Ventral
Dorsal



VENTILACION PULMONAR PROTECTORA

- Dado que la VM provoca injuria pulmonar por presiones elevadas o por empleo de volúmenes altos, se acepta que el uso de:

- Volúmenes corrientes a no más de 6 cc Kg peso ideal (no peso actual) con una presión plateau menor de 30 cm y con una frecuencia respiratoria de 20 por min más el agregado de un PEEP en torno a 10-15 cms, cuyo objetivo es mantener el “pulmón abierto” y evitar el stress repetitivo de apertura y cierre alveolar, claramente disminuye la injuria provocada por VM.


PIP
Plateau pressure
40
30
20
10
0
Pressure (cm H_2O)
Baseline pressure
Inspiration
Expiration

VENTILACION PULMONAR PROTECTORA

- En general, este tipo de VM provoca algún grado de hipercapnia y acidosis respiratoria que aceptaremos o “hipercapnia permisiva”, es importante que el alza de pCO2 no sea brusca y que el pH se mantenga alrededor de 7.2

VENTILACION PULMONAR PROTECTORA

- Este tipo de VM requiere de sedación profunda y/o relajación muscular.

- En los pacientes más graves una saturometría de 88-92% es aceptable para no emplear $FiO_2 > 0.6$ que pueden desencadenar toxicidad por oxígeno.

VENTILACION PULMONAR PROTECTORA

- Este tipo de ventilación debe considerarse el standard de calidad aceptable hoy en día.

- Hay evidencias que este tipo de ventilación disminuye la mortalidad en SDRA.

  (NEJM 2000, 342(18): 1301)

VENTILACION PULMONAR PROTECTORA

- Es necesario recordar que esta “ventilación protectora” no lo es para todos los pacientes c/SDRA, particular-mente en los más severos, puede provocar hiper-inflación y mayor concentración de mediadores de inflamación (NEJM 2007, 357:1113).

VENTILACION PULMONAR PROTECTORA

- De allí que estén apareciendo trabajos que ventilen pacientes con 3 cc Kg peso combinado al uso de Mb extracorpórea veno-venosa sin bomba que remueven el CO2, con lo cual se disminuye la injuria asociada a VM y con menores niveles séricos de IL-6, por ahora no habría efecto sobre la mortalidad (Intensive Care Med 2013,39:847 / Anesthesiology 2009,111:826).

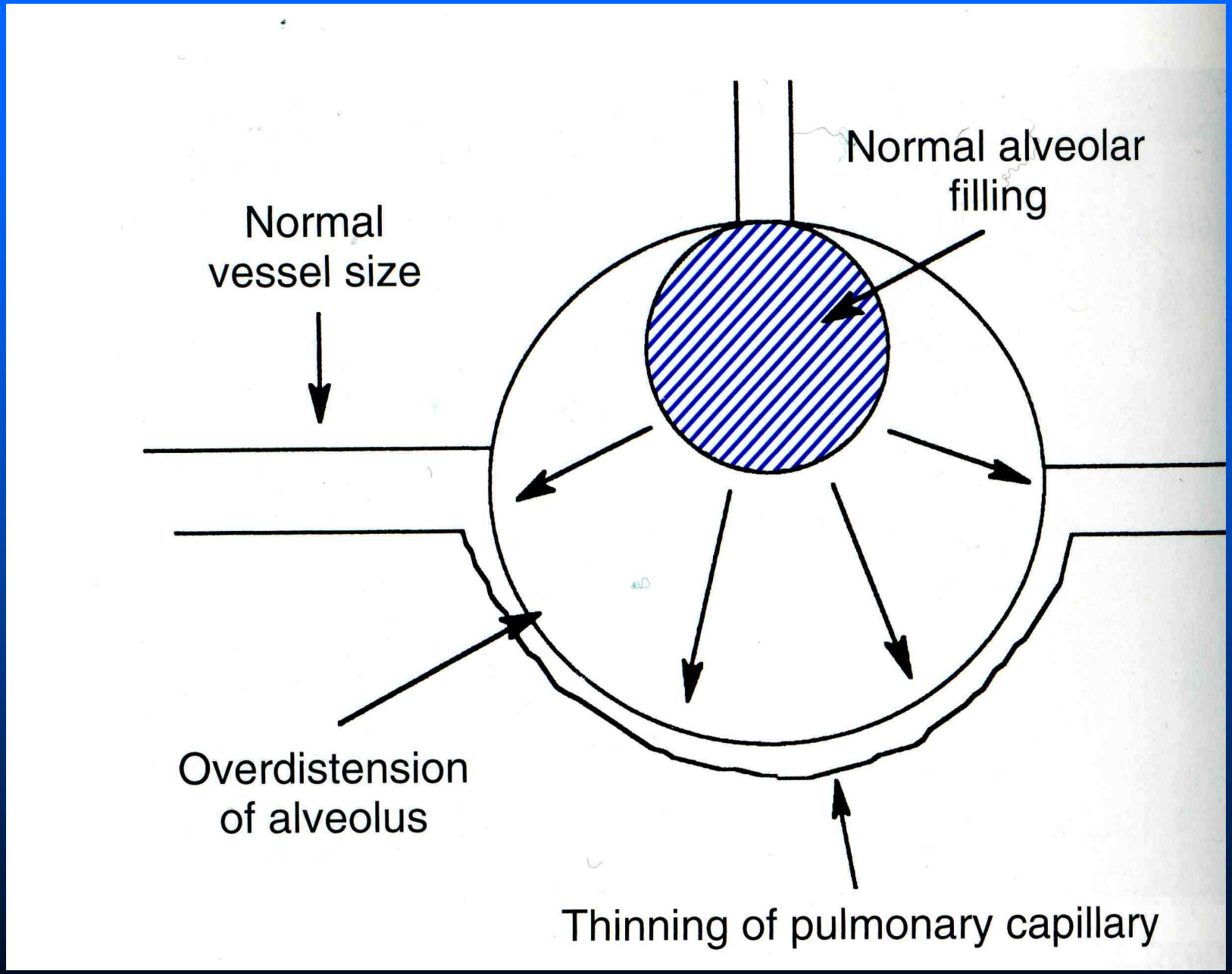
PEEP

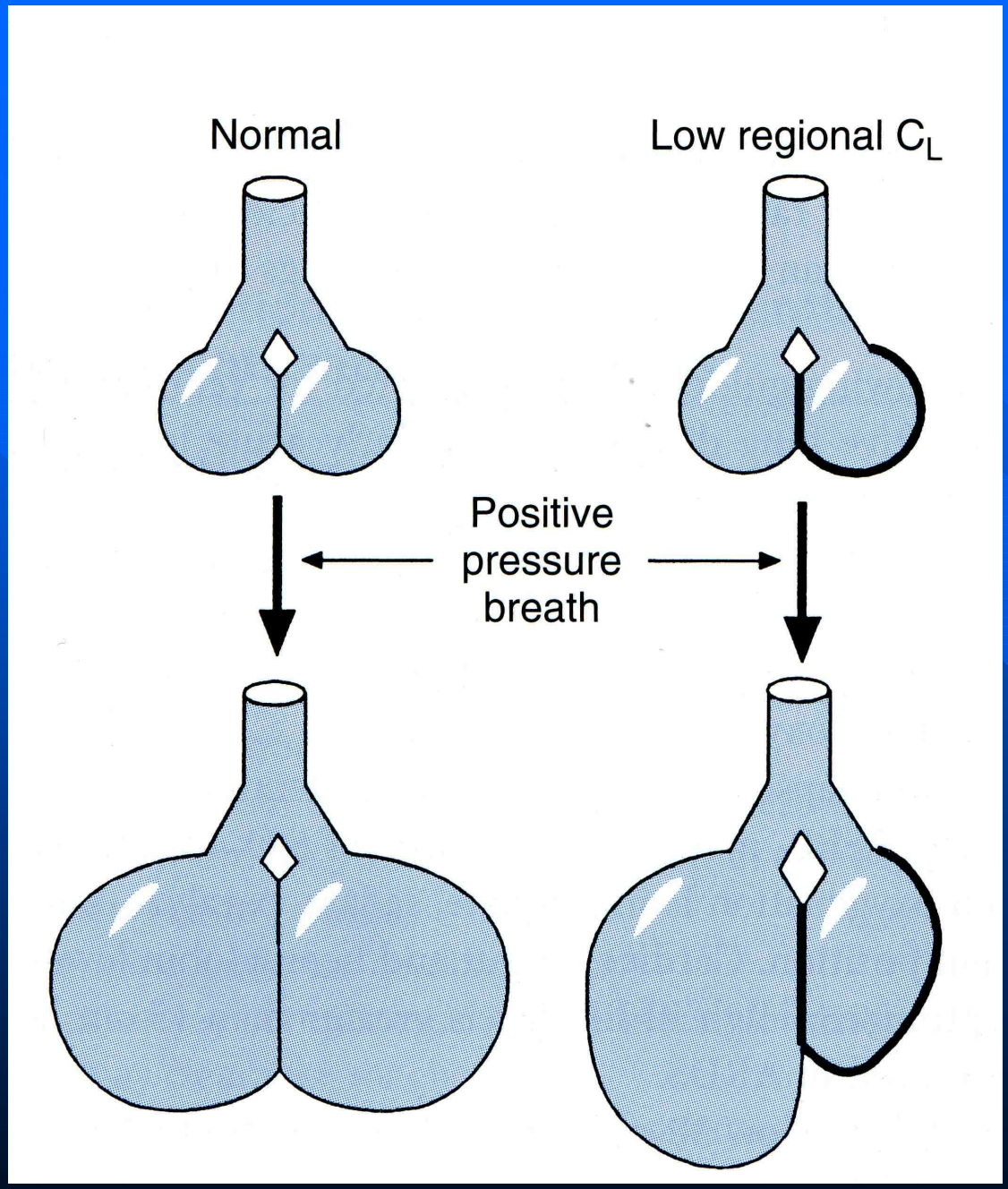
- Recordemos que en el SDRA existe colapso alveolar al final de la expiración y el objetivo del PEEP es justamente reclutar alvéolos colapsados, con mejor V/Q y mejor oxigenación.

- El PEEP debiera ser el menor posible para no provocar alteraciones hemodinámicas o sobredistensión en las unidades alveolares no dependientes, pero lo suficientemente alto para reclutar alvéolos colapsados. No existe un valor categórico pero sería entre 10-15 cms.

PEEP

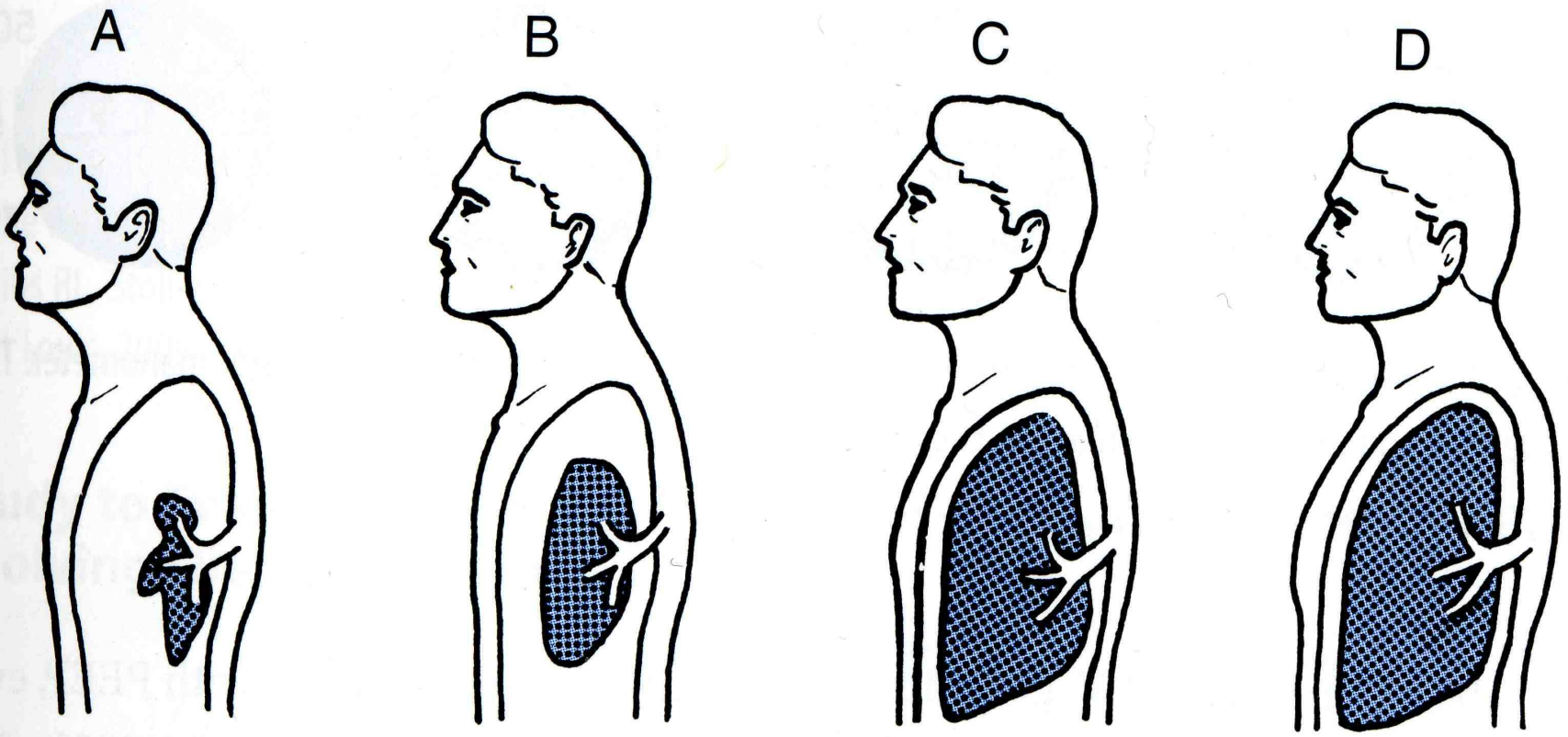
- Sin embargo, el uso de PEEP de 13 cm vs 8 cm no produjo disminución en mortalidad o menores días de ventilación (NEJM 2004,351:327).


Normal alveolar filling
Normal vessel size
Overdistension of alveolus
Thinning of pulmonary capillary


Normal
Low regional C_L
Positive pressure breath

RECLUTAMIENTO ALVEOLAR

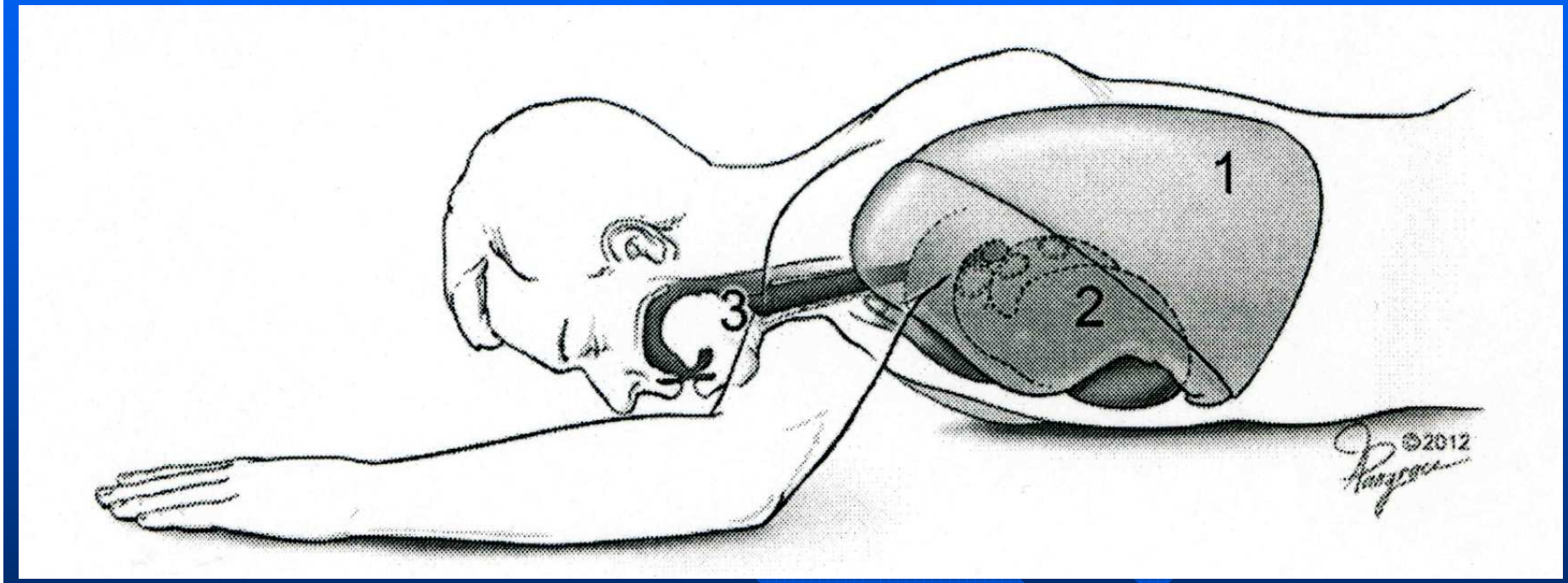
- Aumento sostenido en la presión del pulmón con el objeto de abrir la mayor cantidad de unidades alveolares colapsadas, lo que mejora ventilación y la relación V/Q.
- No hay evidencias que el reclutamiento sea beneficioso o que haya que reclutar a cualquier precio.
- Hay varias estrategias: aumentando P. inspiratoria a 30-50 cm x 30 a 40” o aumentar PEEP en forma incremental.

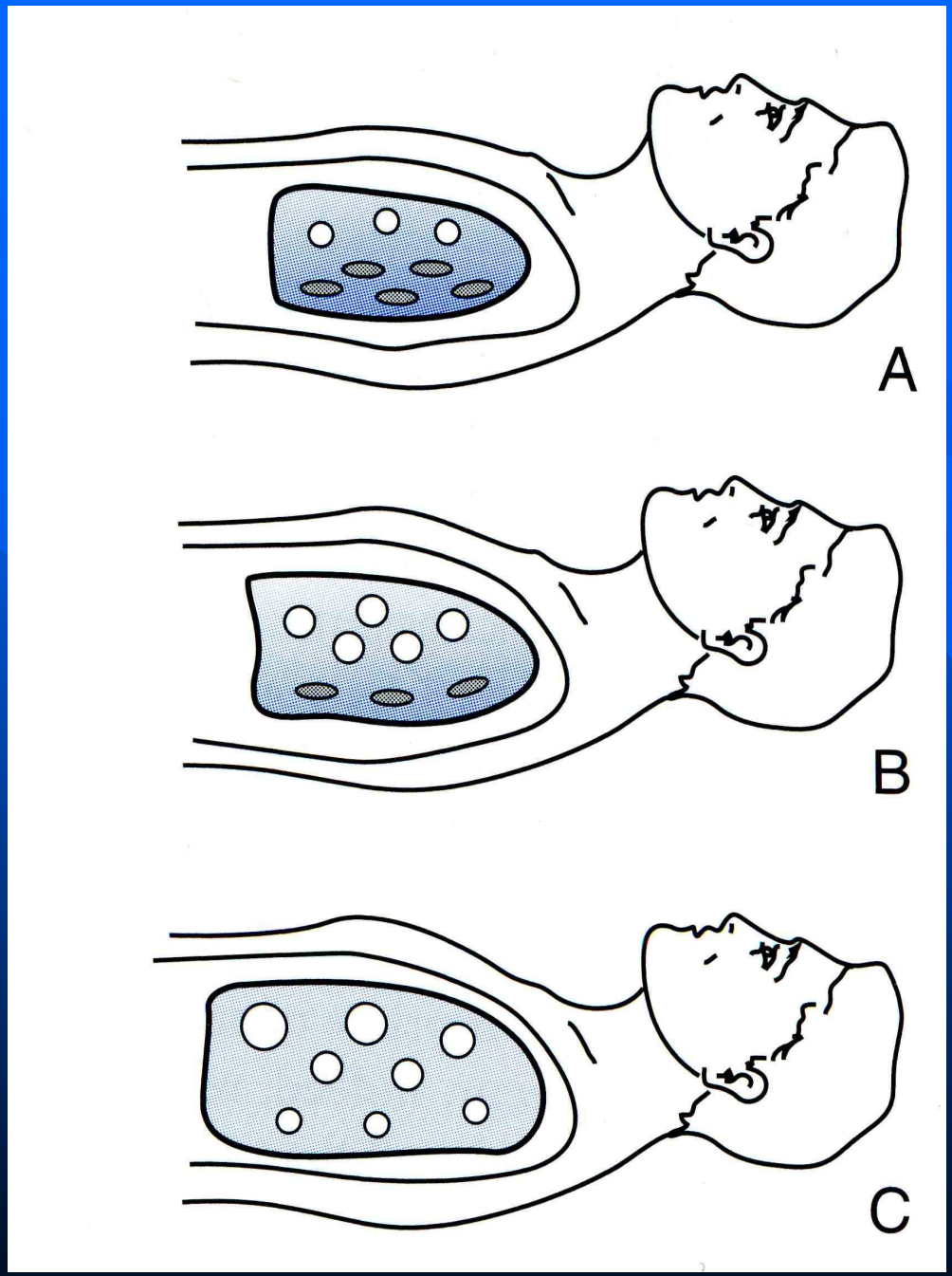

A
B
C
D
↑ PaO_2
↓ FRC
↓ C_s
↑ Shunt
↑ PaO_2
↑ FRC
↑ C_s
↓ Shunt
↑ PaO_2
↑ FRC
↑ C_s
↑ FRC
↓ C_s
↓ C.O.

POSICION PRONA

- Normalmente en posición supina por acción de la gravedad, por el peso del corazón y grandes vasos y la presión que ejercen las vísceras abdominales, las unidades alveolares ventrales están más abiertas que las dorsales. Recordar, además, que hay mayor superficie alveolar dorsal que ventral.

Posicion Prona




A
B
C

POSICION PRONA

- En SDRA el pulmón pesa más pues tienen más edema, por ende, las unidades alveolares dorsales en posición supina están más colapsadas y con mayor edema.

POSICION PRONA

- En posición prona la sangre y el edema se redistribuye siendo en esta posición más dependientes las áreas ventrales y las dorsales menos dependientes mejorando globalmente la relación V/Q con mejoría en la PO2 ↓ espacio muerto, mejorando pCO2.

POSICION PRONA

- Hay evidencias que la posición prona en SDRA severas, disminuye la injuria por ventilador pues disminuye distorsión alveolar, favorece reclutamiento alveolar con menor mortalidad 16% vs 32.8% (NEJM 2013,368:2159 / Minerva Anestesiológica 2010,76:448).

R E S U M E N

- La Mb alveolo capilar es extremadamente fina y susceptible de ser dañada por diversos stress, incluso en condiciones normales.

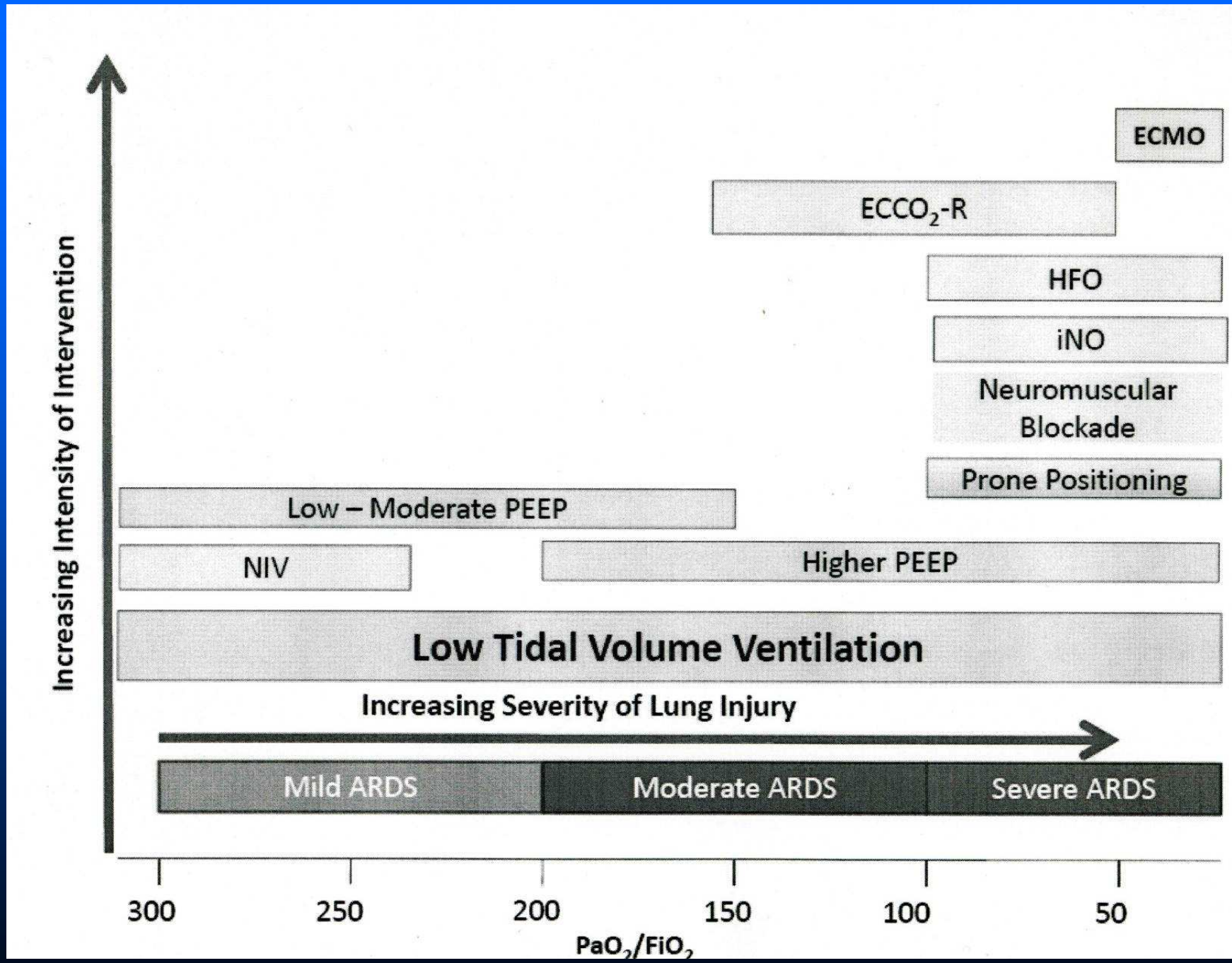
  Por ej: ejercicios extremos.
- La VM no es fisiológica y provoca injuria apenas se inicia por barotrauma, volutrauma y bio-trauma.
- La ventilación pulmonar protectora es un standard de calidad en VM, claramente disminuye la mortalidad y la injuria por VM.

R E S U M E N

- En SDRA severos, ventilar con 6 cc Kg peso puede provocar hiperinflación y mayor inflamación.
- En SDRA severos el uso de 3 cc Kg peso más remoción de CO2 parece prometedor.

R E S U M E N

- No hay evidencias que el reclutamiento alveolar sea beneficioso ni que disminuya la mortalidad.
- La posición prona por tiempos largos disminuye la injuria por ventilador y mejor aún, disminuye la mortalidad.


ECMO
ECCO2-R
HFO
iNO
Neuromuscular Blockade
Prone Positioning
Low – Moderate PEEP
NIV
Higher PEEP
Low Tidal Volume Ventilation
Increasing Intensity of Intervention
Increasing Severity of Lung Injury
Mild ARDS
Moderate ARDS
Severe ARDS
300
250
200
150
100
50
PaO2/FiO2