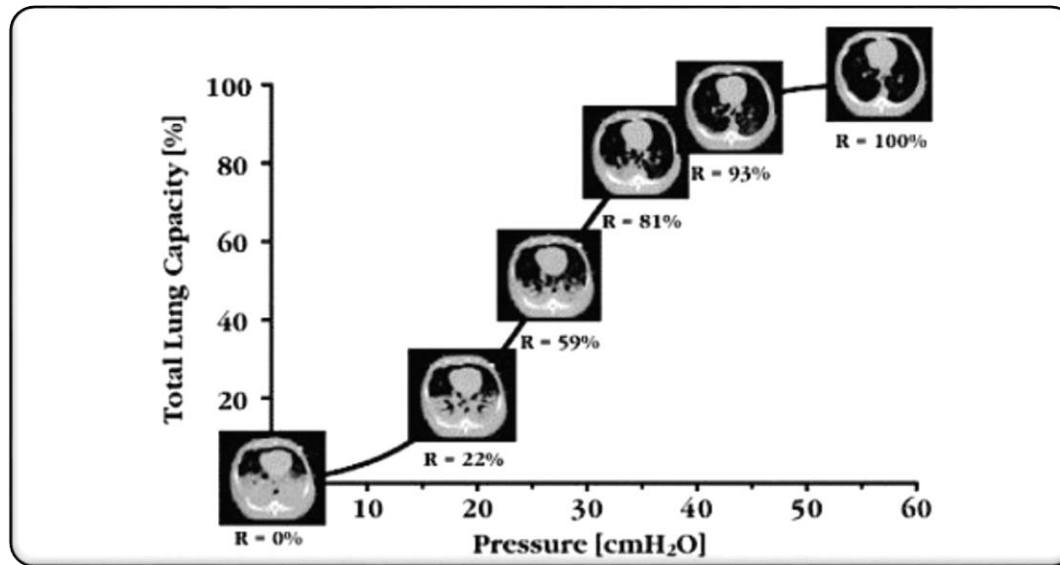


# THỦ THUẬT TÁI HUY ĐỘNG PHẾ NANG (RECRUITMENT MANEUVER)



TS. BSCKII PHAN THỊ XUÂN

KHOA HSCC-BVCR

BỘ MÔN HSCCĐ - ĐHYDTPHCM

# NỘI DUNG

1. Đại cương
2. Cơ sở của thủ thuật tái huy động phế nang
3. Cách thực hiện thủ thuật
4. Hiệu quả của thủ thuật
5. Các biến chứng của thủ thuật
6. Kết quả nghiên cứu ART và ý kiến các chuyên gia
7. Kết luận

# 1. ĐẠI CƯƠNG

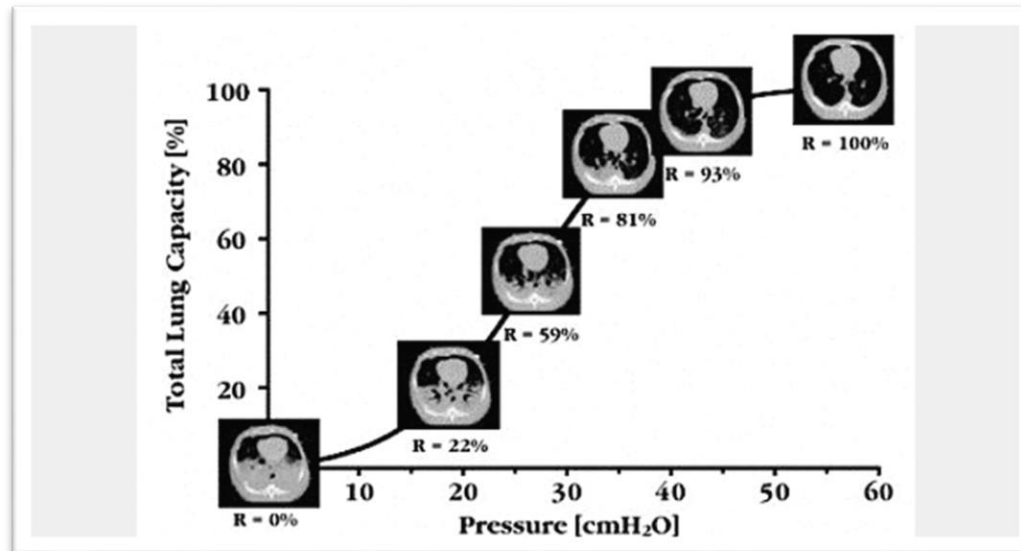
Thuật ngữ:

- Thủ thuật tái huy động phế nang *hoặc*  
Thủ thuật mở phổi  
Recruitment maneuver: RM
- Chiến lược thông khí mở phổi  
Open lung approach: OLA  
Open lung strategy

# ĐẠI CƯƠNG

Thủ thuật tái huy động phế nang (RM) là thủ thuật làm gia tăng áp lực xuyên phổi tạm thời, với mục tiêu là mở những phế nang không được thông khí hoặc thông khí kém

Áp lực xuyên phổi = áp lực phế nang - áp lực màng phổi



# ĐẠI CƯƠNG

## Open up the lung and keep the lung open

B. Lachmann

Department of Anesthesiology, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands

Intensive Care Med (1992) 18:319-321

Chiến lược thông khí mở phổi (OLA) bao gồm 2 giai đoạn:

1. Mở phổi “**open collapsed lung**”: thực hiện thủ thuật tái huy động phế nang (RM) để mở các phế nang bị xẹp.
  2. Giữ cho phổi mở “**keep it open**”: sau khi mở phổi, giảm dần PEEP để tìm PEEP “tối ưu”, cài đặt mức PEEP này cho bn sau thủ thuật để ngăn phế nang bị xẹp trở lại.
- => Cải thiện oxy máu đồng thời giảm tổn thương phổi do thở máy (VILI)

# ĐẠI CƯƠNG

RM, OLA là một trong những vấn đề gây nhiều tranh cãi nhất trong thông khí bn ARDS

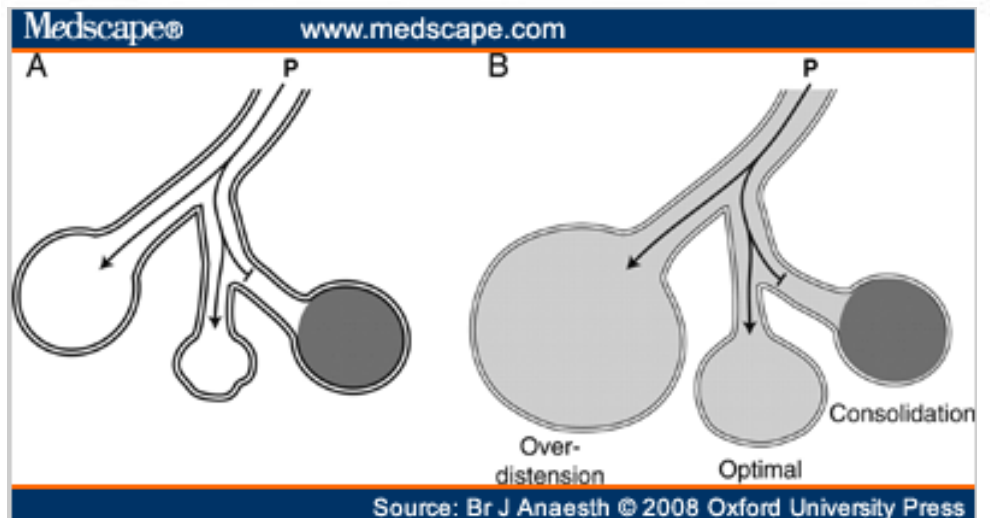
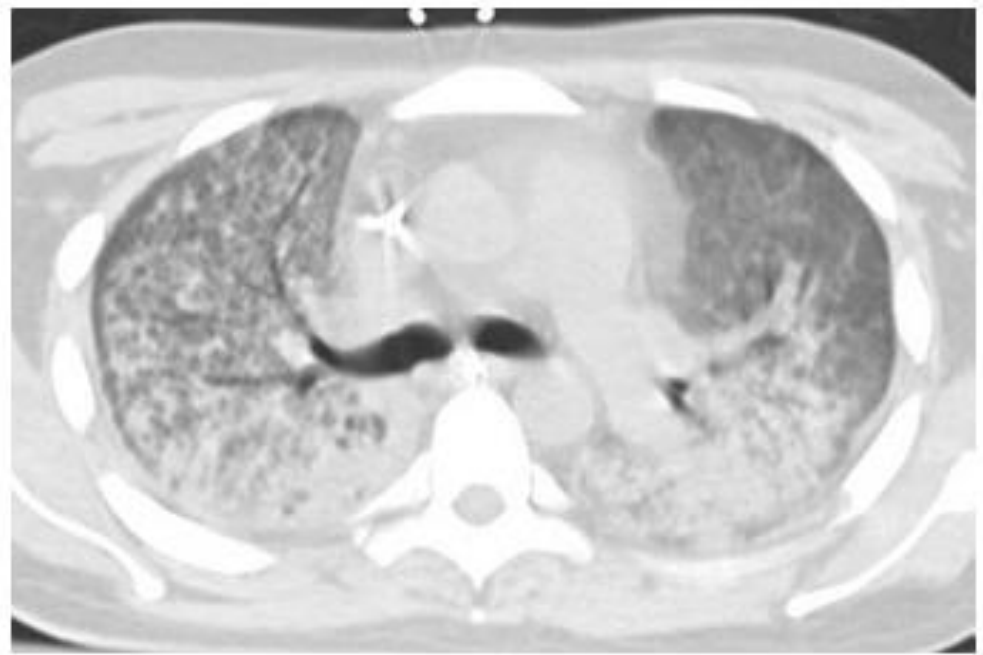
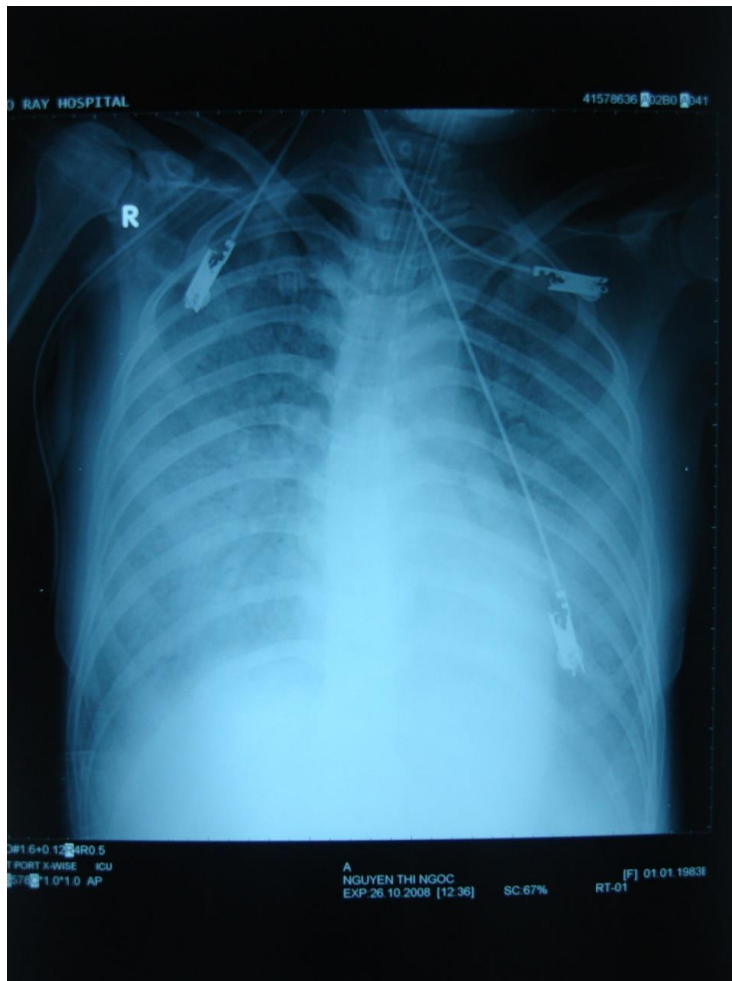
Đặc biệt sau khi kết quả nghiên cứu ART cho thấy nhóm bn sử dụng OLA có tỉ lệ tử vong cao hơn nhóm bn sử dụng PEEP thấp theo bảng PEEP/FiO<sub>2</sub> của ARDS Network.

## 2. CƠ SỞ CỦA RM

### 1. Đặc điểm của phổi trong ARDS

- ✓ Ngoài tình trạng ngập dịch phù và TB viêm, phế nang bị xẹp do
    - Giảm số lượng và chất lượng surfactant
    - Tăng áp lực mô kẽ phổi
    - Trọng lượng của phổi
- tình trạng này có thể gia tăng bởi nhiều yếu tố:
- |                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| Tăng áp lực ổ bụng | FiO <sub>2</sub> cao            |
| Béo phì            | Ngắt máy thở tạm thời, hút đàm. |
- ✓ Phế nang bị xẹp có thể phòng lên khi tăng áp lực phế nang, chính xác hơn là tăng áp lực xuyên phổi.

# Đặc điểm của phổi trong ARDS





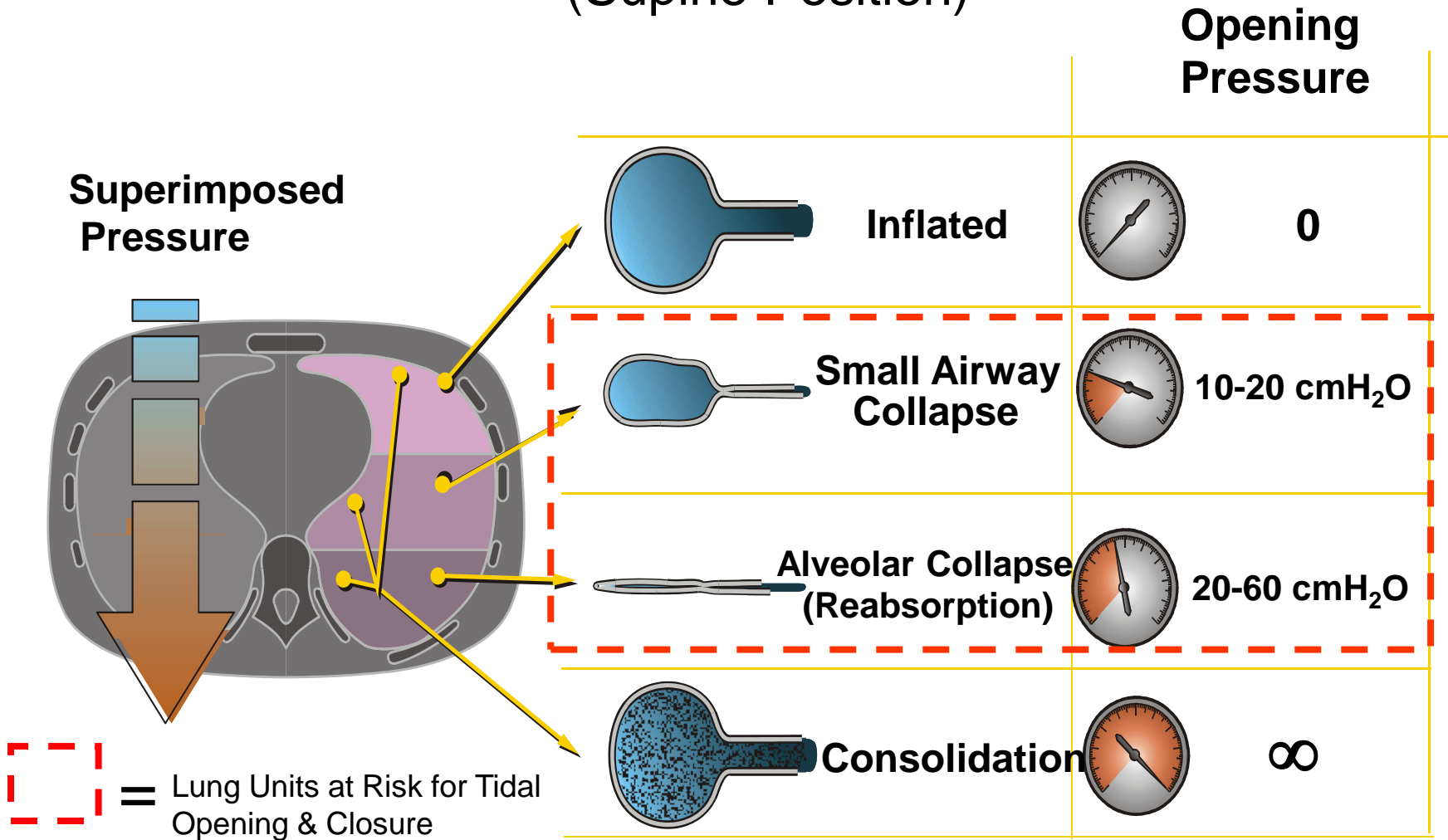
# CƠ SỞ CỦA RM

## 2. Khái niệm COP (Critical Opening Pressure)

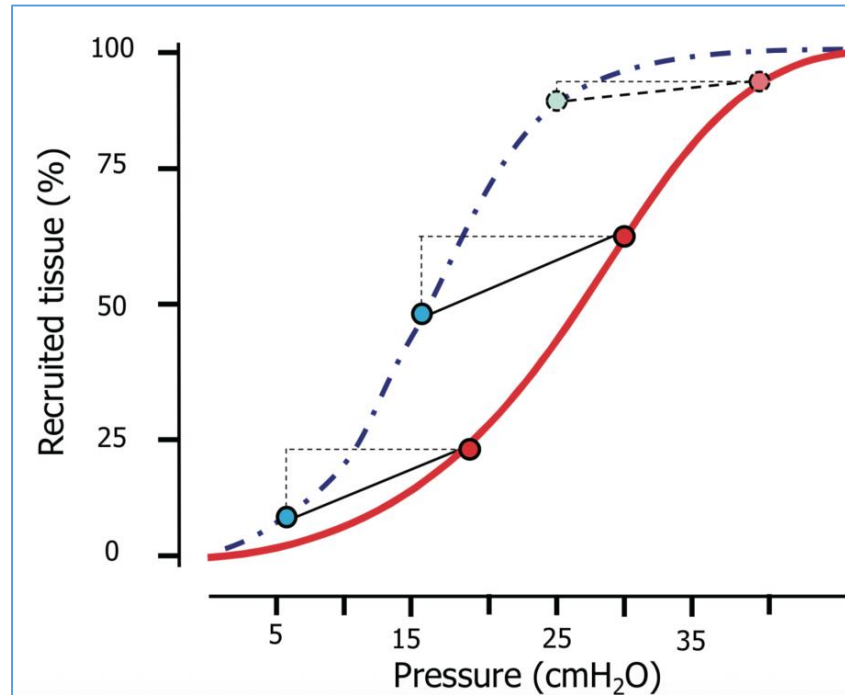
(critical: tới hạn)

- Nếu áp lực phế nang lớn hơn COP sẽ mở được các tiểu phế quản và phế nang bị xẹp.
- Áp lực này tùy thuộc vào cơ chế xẹp và vị trí của phế nang, có thể đến 60cmH<sub>2</sub>O

# Spectrum of Regional Opening Pressures (Supine Position)



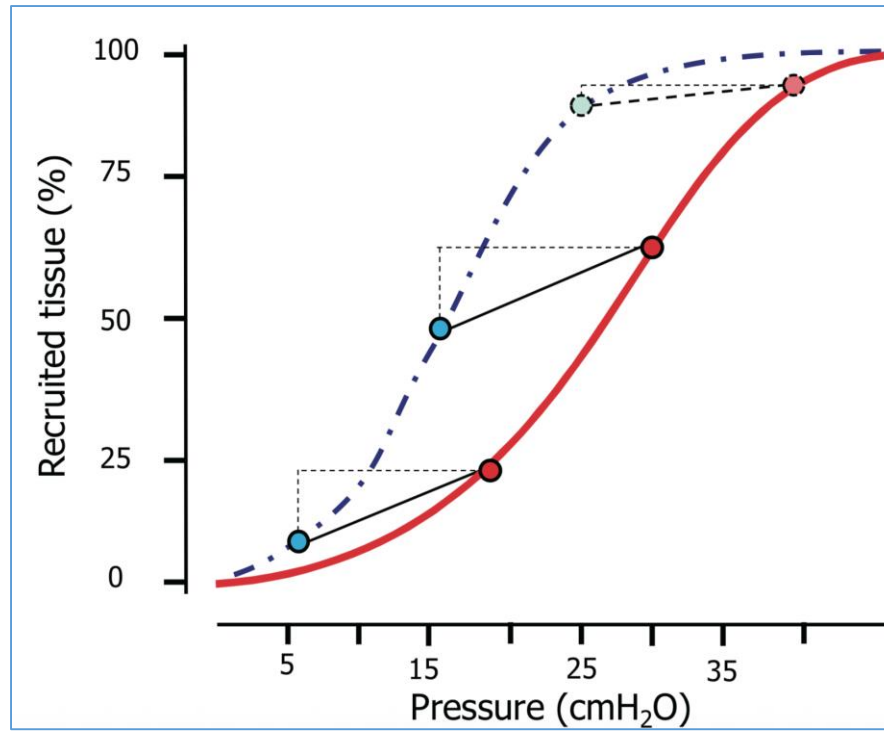
# Áp lực mở phổi (opening pressure)



Opening pressure =

compressive forces (10–15 cmH<sub>2</sub>O) +  
surface tension (15–20 cmH<sub>2</sub>O) +  
chest wall (5–10 cmH<sub>2</sub>O)  
= # 30–45 cmH<sub>2</sub>O

# Áp lực mở phổi (opening pressure)



Áp lực mở phổi (đường kẻ màu đỏ): mức áp lực 45 cmH<sub>2</sub>O đã huy động (mở) phần lớn các phế nang có thể huy động, còn 2 - 3% cần mức áp lực cao hơn 45 – 60 cmH<sub>2</sub>O

# Áp lực mở phổi (opening pressure)

NC 33 bn ARDS:

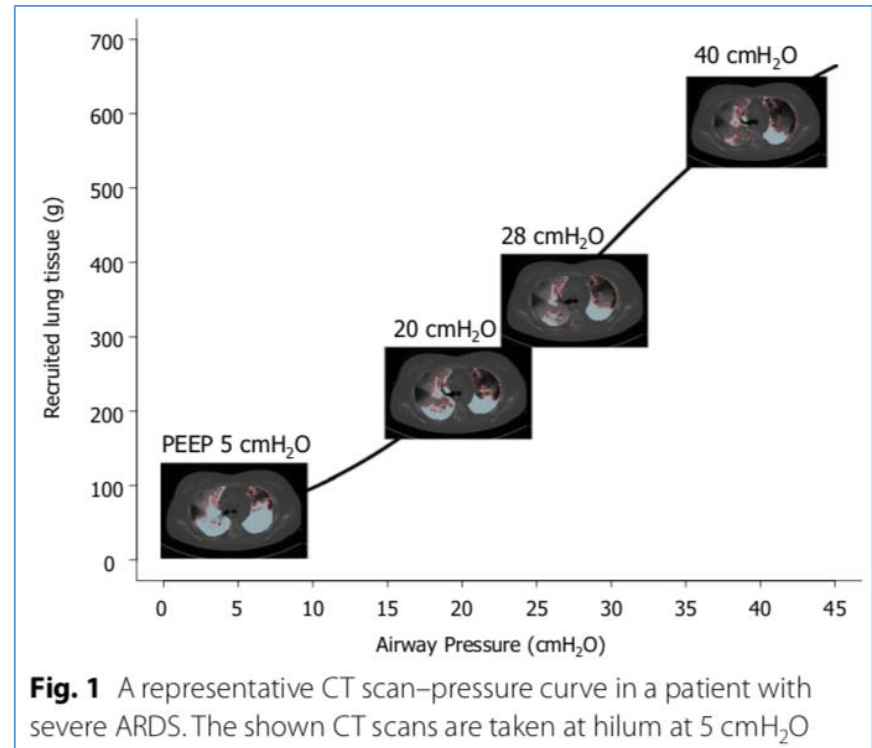
5 nhẹ

10 trung bình

9 nặng có ECMO

9 nặng không ECMO

đánh giá mức độ huy động  
phế nang bằng CT scan



NC cho thấy để huy động phần lớn các phế nang, cần áp lực mở phổi

- 30 cmH<sub>2</sub>O ở bn ARDS nhẹ
- 30 - 45 cmH<sub>2</sub>O ở bệnh nhân ARDS trung bình và nặng

# CƠ SỞ CỦA RM

## 3. Đây là một thủ thuật có lợi

Gia tăng thể tích phổi được thông khí, giảm “strain” và hiện tượng phồng – xẹp phế nang theo chu kỳ

- Cải thiện oxy máu
- Cải thiện cơ học phổi: tăng độ giãn nở phổi, giảm áp lực bình nguyên đường thở, giảm áp lực đẩy (driving pressure)
- Giảm tổn thương phổi do thở máy (VILI)

Guerin et al, Annals of intensive care 2011, 1:9

Keenan JC et al, Curr Opin Crit Care 2014, 20:63 – 68

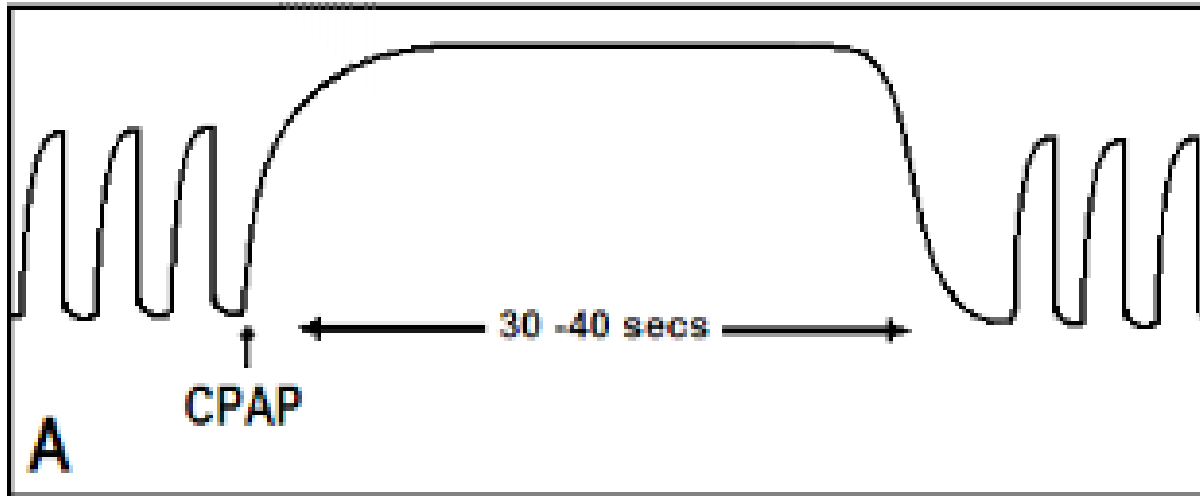
### 3. CÁCH THỰC HIỆN RM

- Sustained inflation (continuous inflation): bơm phòng phổi kéo dài
- Stepwise: bậc thang, tăng dần PEEP hoặc mức áp lực để áp lực đường thở 40 – 50 cmH<sub>2</sub>O

Các NC cho thấy RM kiểu bậc thang ít tác dụng phụ hơn

# RM kiểu bơm phồng phổi kéo dài (sustained inflation)

Cài CPAP 30 – 40 cmH<sub>2</sub>O trong 30 – 40 giây





# Bơm phồng phổi kéo dài (sustained inflation)

- CPAP 40cmH<sub>2</sub>O trong 40 giây
- Sau thủ thuật cài PEEP 2cmH<sub>2</sub>O trên điểm uốn dưới (LIP)

Trước thủ thuật



Sau thủ thuật



Tỉ lệ % phổi xẹp 63%

5%

# RM theo kiểu bậc thang

Dùng mode A/C kiểm soát áp lực, với mức áp lực 15 cmH<sub>2</sub>O

1. Tăng dần PEEP để áp lực đường thở lên đến mức cao nhất 40 – 50 – 60 cmH<sub>2</sub>O.
2. Giảm dần PEEP để tìm PEEP tối ưu (mức PEEP có compliance cao nhất)

# Cách thực hiện RM theo kiểu bậc thang

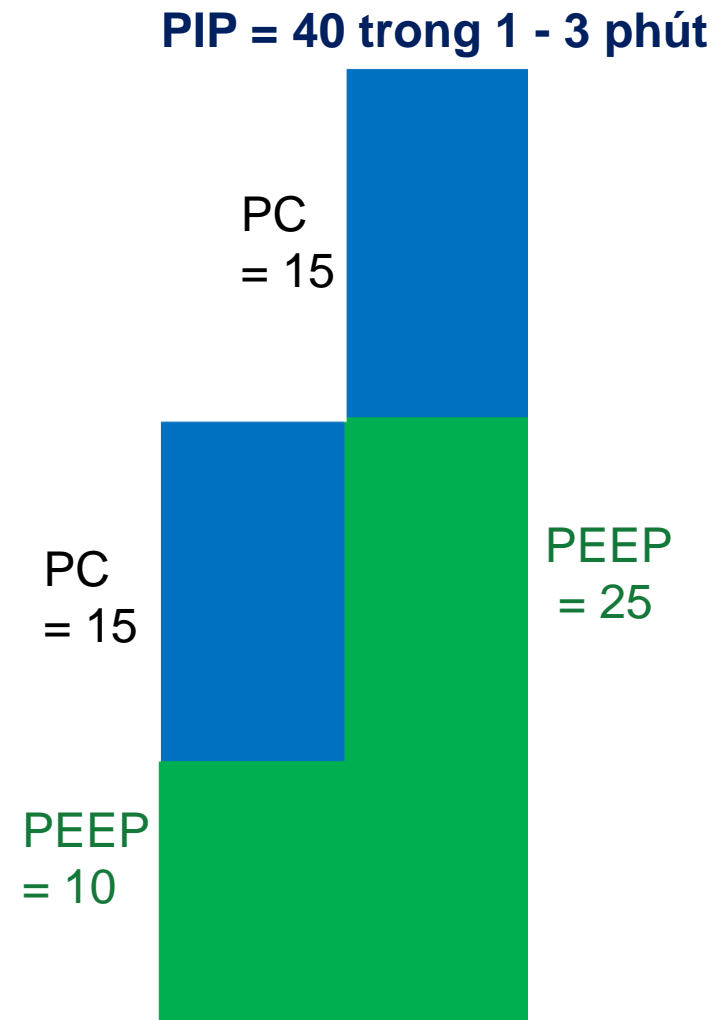
## **Trước khi thực hiện thủ thuật**

- Phải ổn định huyết động (đặt catheter ĐM, đường truyền tĩnh mạch trung tâm)
- Cho bn ngủ sâu đến ngưng thở (có thể dùng thêm thuốc giãn cơ)

# Cách thực hiện RM theo kiểu bậc thang

## Thực hiện thủ thuật

- Mode A/C thông khí áp lực
- $FiO_2$  100%
- Tần số thở: 8 – 20 / phút
- Thời gian hít vào 1 – 3 giây
- Mức áp lực P level 15cmH<sub>2</sub>O
- **PEEP 25 – 35 cmH<sub>2</sub>O**
- **PIP 40 – 50 cmH<sub>2</sub>O**
- Thời gian: 1 – 3 phút



# Cách thực hiện RM theo kiểu bậc thang

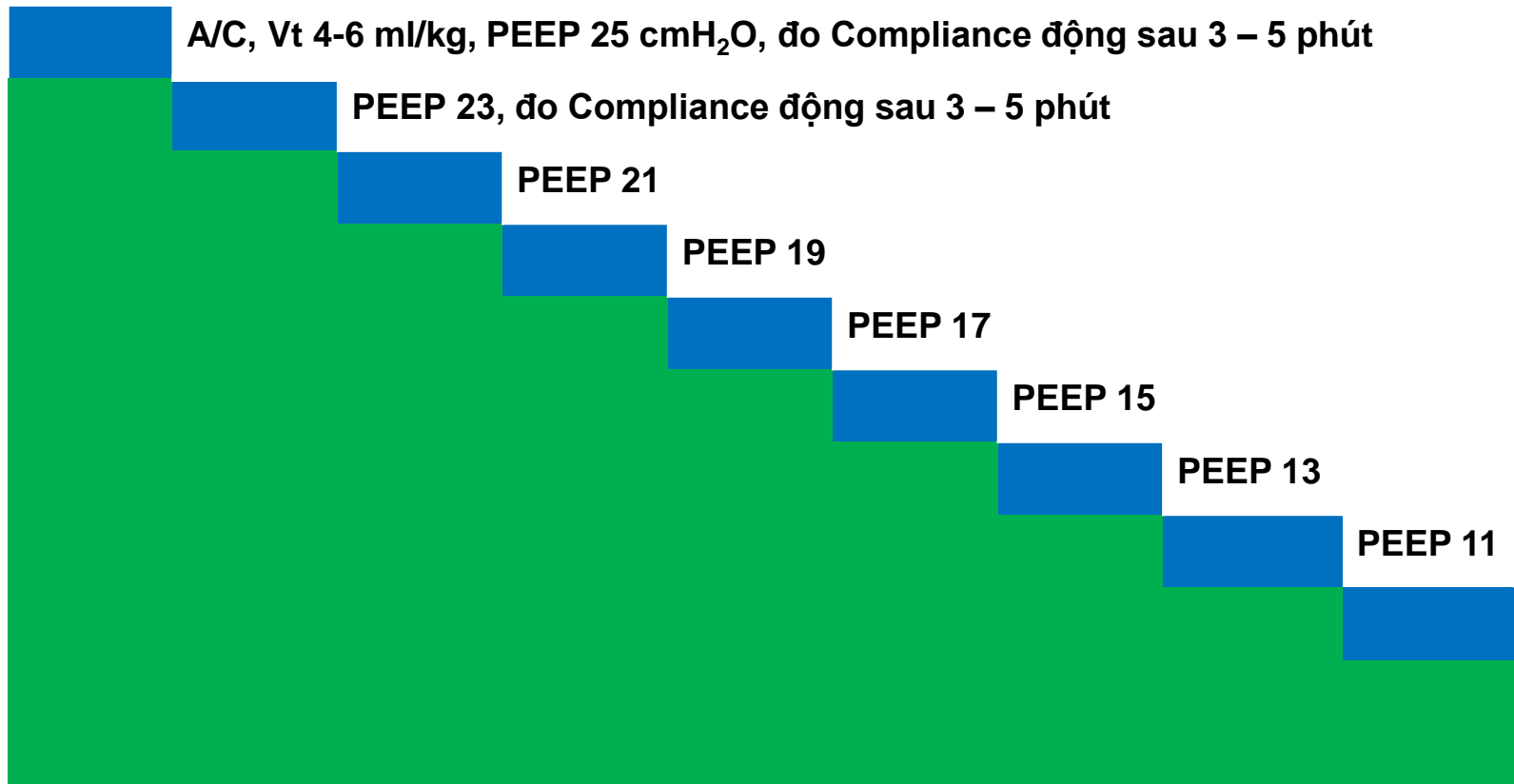
## Tìm PEEP tối ưu

- Sau đó cài PEEP 25cmH<sub>2</sub>O, A/C thông khí thể tích với Vt 4 – 6 ml/kg IBW, tăng tần số, chú ý tránh autoPEEP
- Đo độ giãn nở động của phổi sau 3 – 5 phút
- Giảm PEEP 2 cmH<sub>2</sub>O
- Đo độ giãn nở động của phổi sau 3 – 5 phút
- Lập lại cho đến khi xác định được mức PEEP mà độ giãn nở phổi cao nhất
- PEEP tối ưu là mức PEEP có được độ giãn nở cao nhất + 2cmH<sub>2</sub>O

# Cách thực hiện RM theo kiểu bậc thang

**Tìm PEEP tối ưu:**

tìm mức PEEP có độ giãn nở cao nhất + 2 cmH<sub>2</sub>O

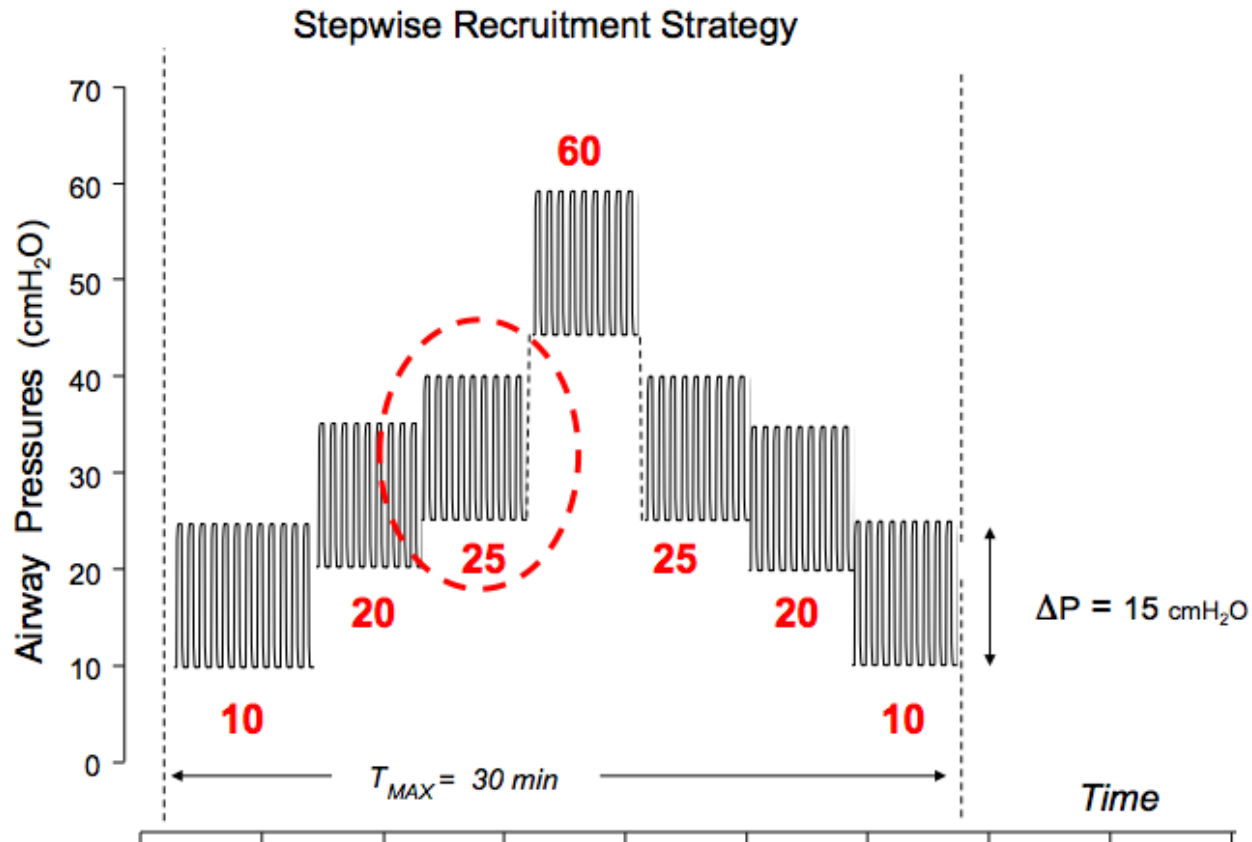


# Cách thực hiện RM theo kiểu bậc thang

- **Lập lại thủ thuật mở phổi** và cài PEEP ở mức tìm được, sau đó chỉnh Vt để  $P_{plat} < 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ , giảm  $FiO_2$  cho đến khi  $PaO_2$  đạt mục tiêu.
- Nếu bn dung nạp với thủ thuật nhưng oxy máu không hoặc ít cải thiện, lập lại thủ thuật với PEEP  $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ , PIP  $45 \text{ cmH}_2\text{O}$
- Nếu bn dung nạp với thủ thuật nhưng oxy máu không hoặc ít cải thiện, lập lại thủ thuật với PEEP  $35 \text{ cmH}_2\text{O}$ , PIP  $50 \text{ cmH}_2\text{O}$
- Áp lực mở phổi tối đa được khuyến cáo là  $50 \text{ cmH}_2\text{O}$

# RM theo kiểu bậc thang

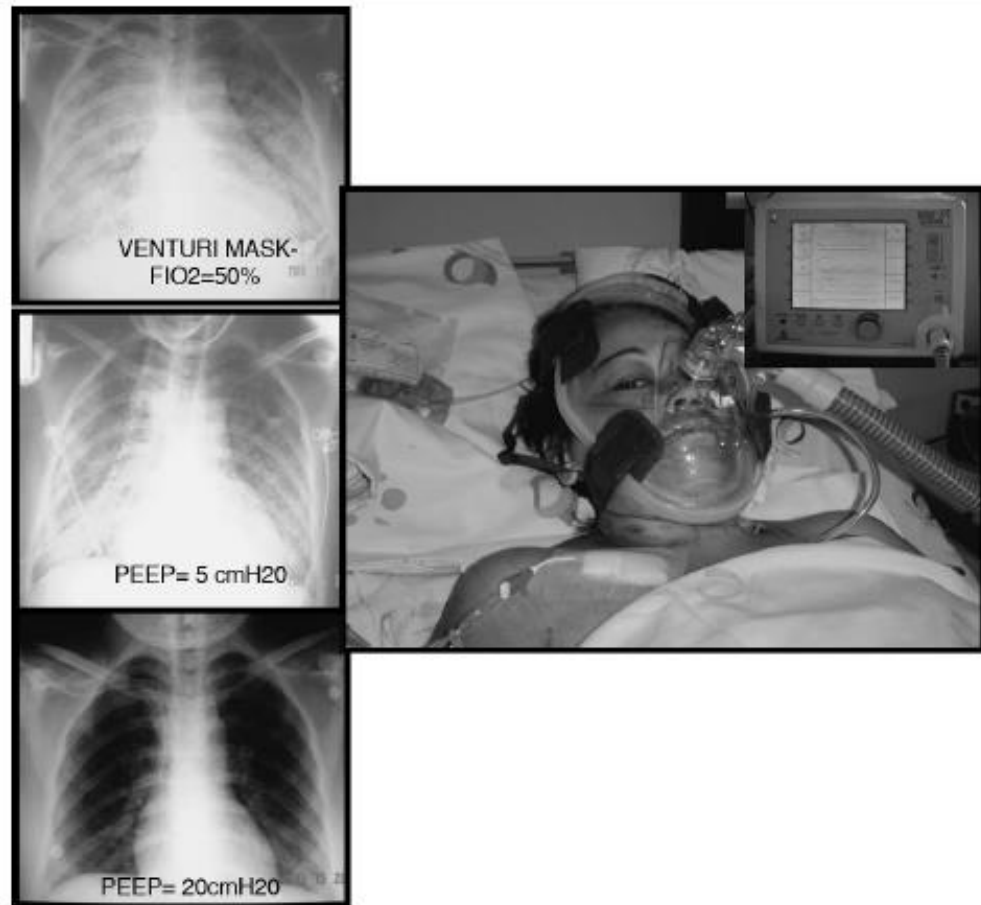
Mode A/C thông khí áp lực, tăng PEEP mỗi lần 5 cmH<sub>2</sub>O, thời gian 2-5 phút/ lần, PIP 40 - 60 cmH<sub>2</sub>O





# RM theo kiểu bậc thang

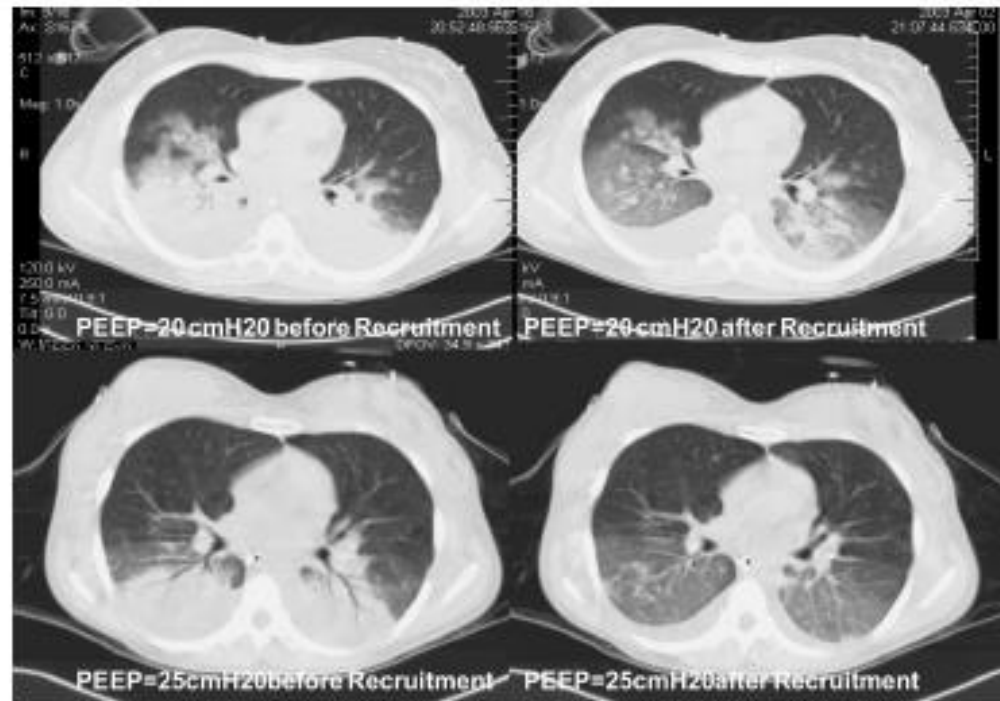
**Figure 3. Stepwise end-expiratory pressure (PEEP) recruitment maneuver and PEEP titration during noninvasive ventilation in acute respiratory distress syndrome**



Important recruitment of the lung parenchyma obtained during noninvasive ventilation in a patient with ARDS.

# RM theo kiểu bậc thang

**Figure 9. Positive end-expiratory pressure (PEEP) titration at thoracic tomograph after stepwise PEEP recruitment maneuvers (expiratory pause)**



A more open and homogeneous ARDS lungs after PEEP of 25 cmH2O and stepwise PEEP recruitment maneuver.

# CÁC CÁCH THỰC HIỆN KHÁC

- PEEP 15cmH<sub>2</sub>O và khoảng ngừng thì hít vào 7 giây, 2 lần/phút trong 15 phút (cài pause)

Odenstedt et al, Intensive Care Med, 2005

- A/C thông khí áp lực, tăng dần áp lực thì hít vào 15-20-25 cmH<sub>2</sub>O trên PEEP 15cmH<sub>2</sub>O

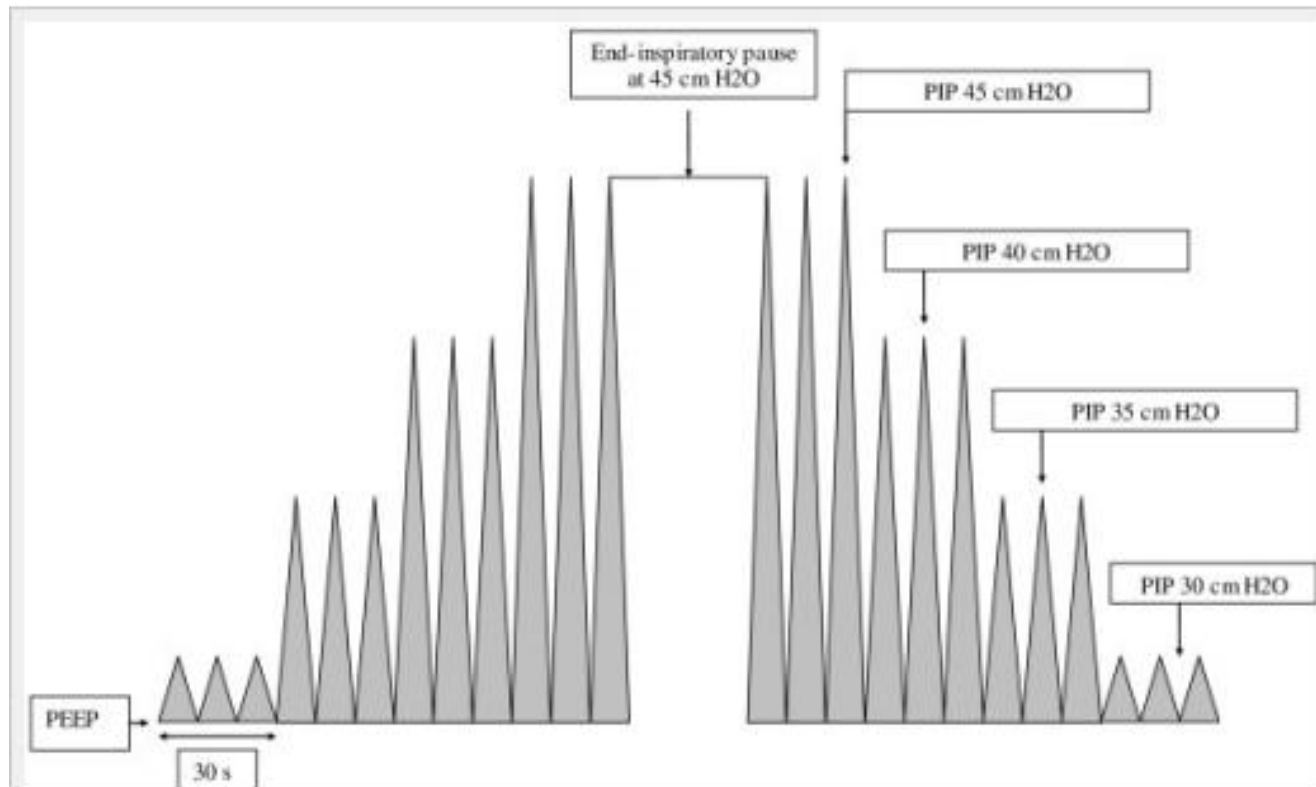
Rzezinski et al, Respir Physiol Neurobiol 2009, 169(3):271-281

PCV, tăng mức áp lực mỗi 30 giây để PIP 35, 40, 45 cmH<sub>2</sub>O.

Khi PIP 45 cmH<sub>2</sub>O, tạo end-inspiratory pause 30 giây.

Giảm mức áp lực từng bước mỗi 30 giây.

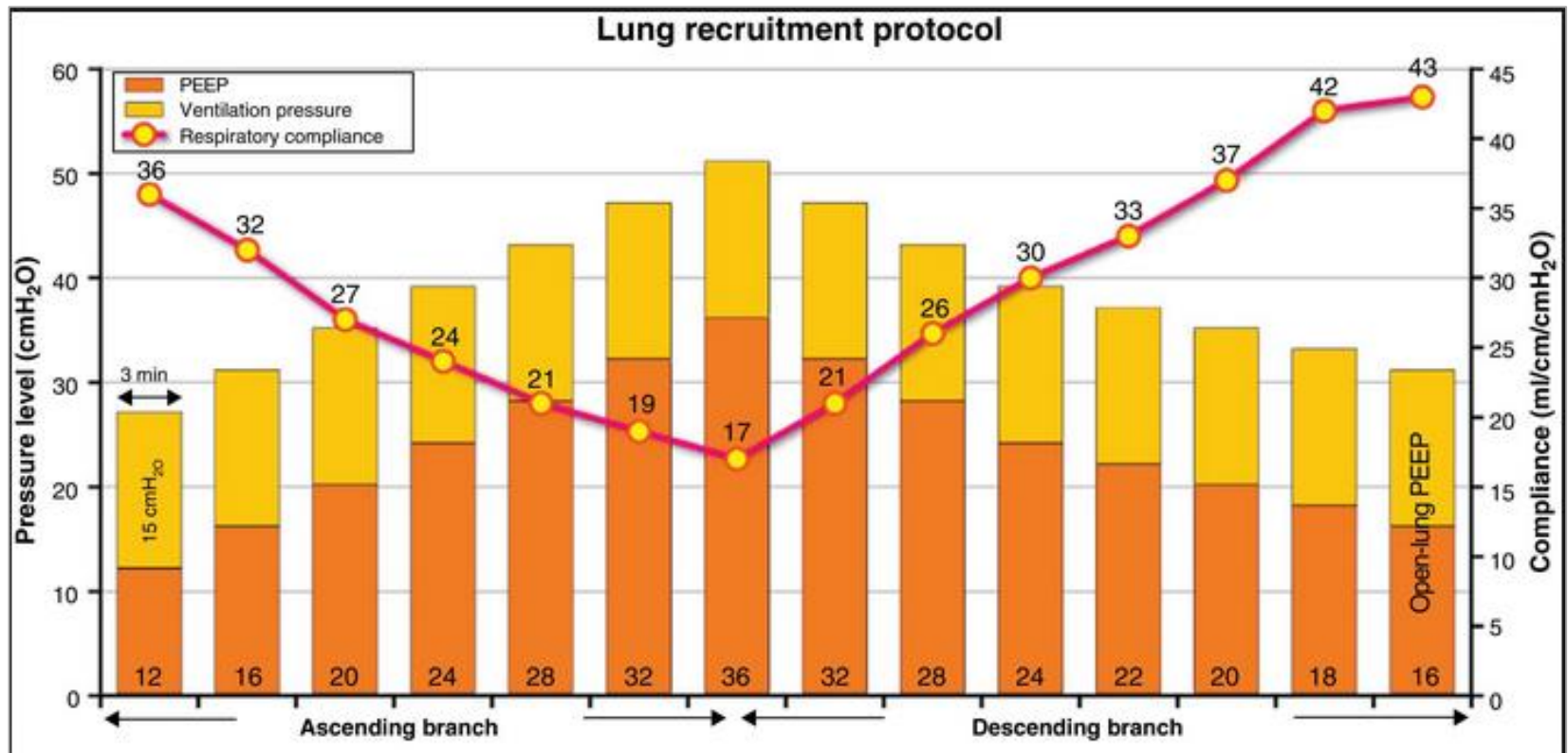
I/E ratio 1:1, tần số thở, PEEP and FiO<sub>2</sub> không đổi suốt TT.



# PCV

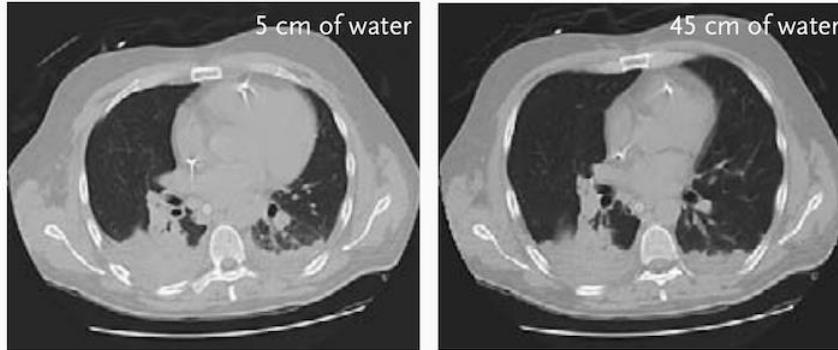
Tăng PEEP 4cmH<sub>2</sub>O mỗi 3 phút cho đến PEEP tối đa 36

Giảm dần PEEP 2cmH<sub>2</sub>O mỗi 3 phút cho đến khi xác định được mức PEEP mở phổi (độ giãn nở phổi cao nhất)



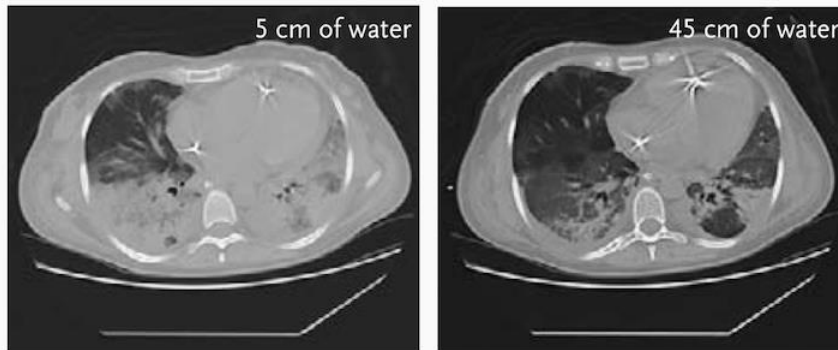
# 4. HIỆU QUẢ CỦA RM

Lower Percentage of Potentially Recrutable Lung



Không thành công:  
Tỉ lệ phế nang được  
huy động thấp sau  
thủ thuật

Higher Percentage of Potentially Recrutable Lung



Thành công:  
Tỉ lệ phế nang  
được huy động  
cao sau thủ  
thuật

CT Scan ngực trước và sau khi thực hiện RM

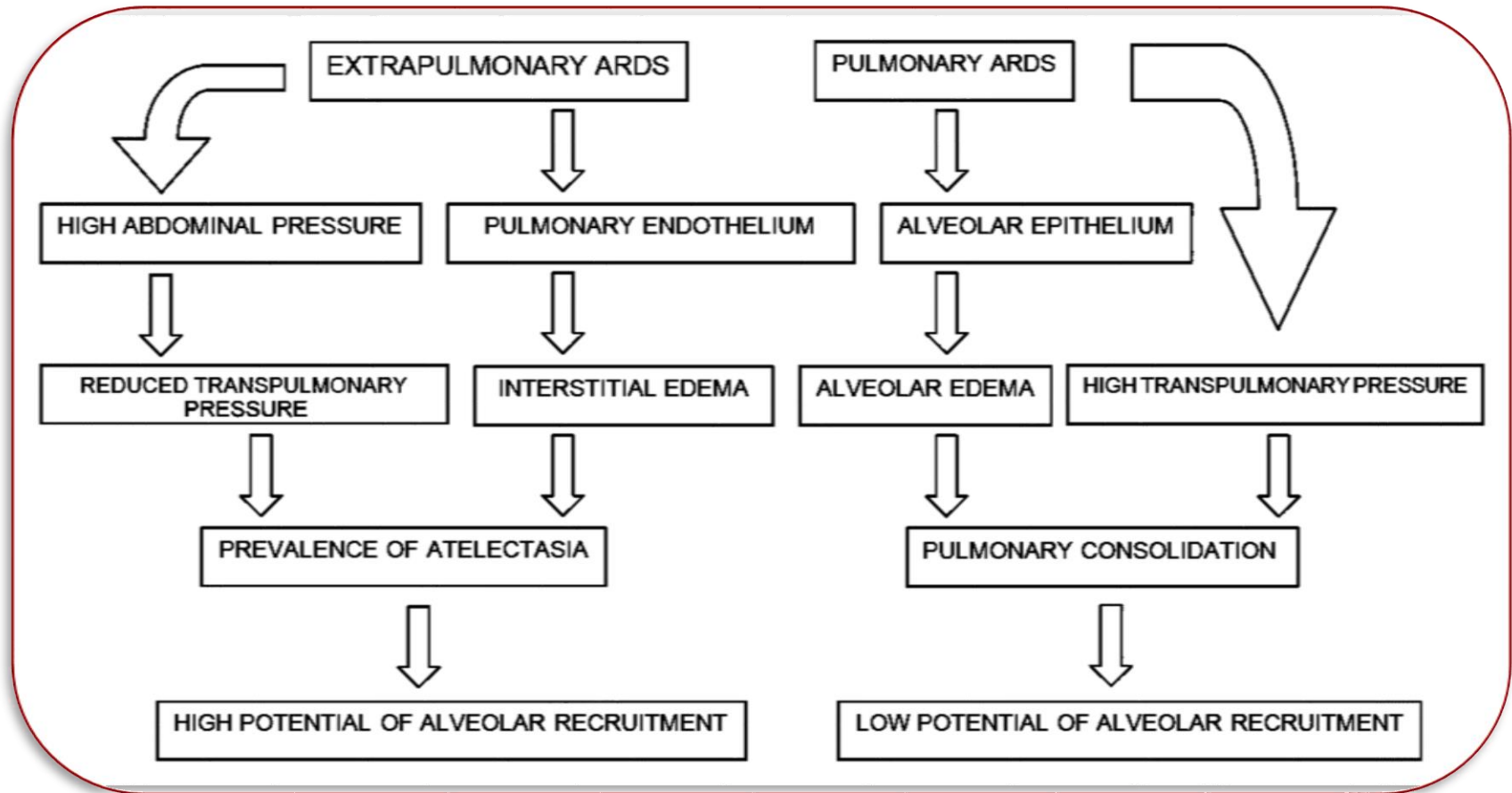
Gattinoni et al, N Engl J Med 2006, 354:1775- 1786

# HIỆU QUẢ CỦA RM

## Cải thiện oxy máu, cải thiện cơ học hô hấp tùy thuộc

- Bản chất tổn thương phổi (ARDS nguyên nhân tại phổi hoặc ngoài phổi)
- Độ nặng của tổn thương phổi
- Áp lực xuyên phổi đạt được khi thực hiện thủ thuật
- Cách thực hiện thủ thuật
- Mức PEEP cài sau thủ thuật
- Tư thế bệnh nhân (sấp, ngửa)
- Sử dụng thuốc vận mạch

# HIỆU QUẢ CỦA RM



Sinh lý bệnh và đáp ứng với TT trong ARDS nguyên nhân tại phổi và ARDS nguyên nhân ngoài phổi



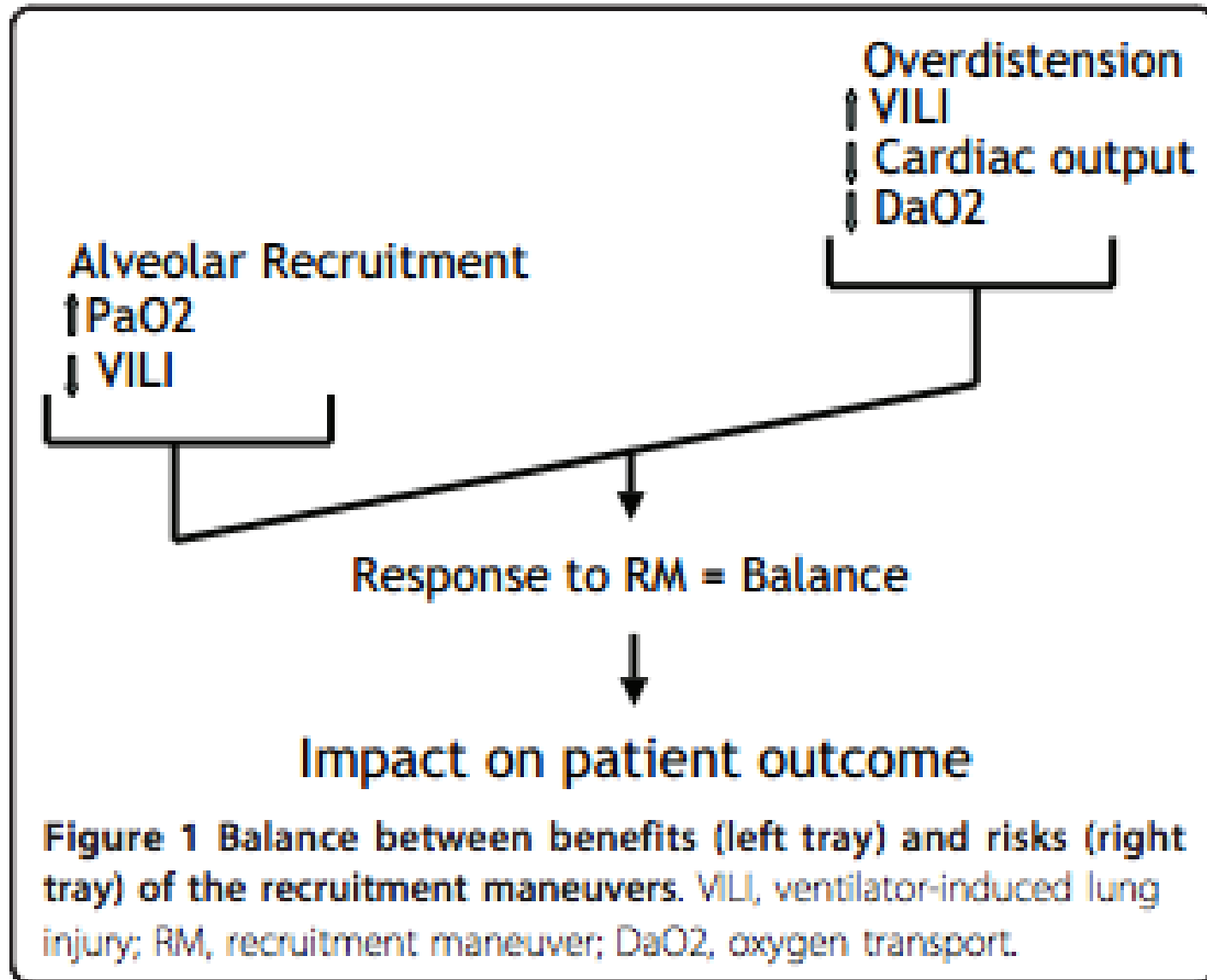
# HIỆU QUẢ CỦA RM

## Tư thế bệnh nhân

- Tư thế nằm sấp cải thiện oxy máu nhiều hơn và giảm nhu cầu PEEP hơn so với khi làm thủ thuật ở tư thế nằm ngửa.
- Tư thế nằm sấp làm gia tăng áp lực xuyên phổi ở vùng lưng, dẫn đến mở phế nang và cải thiện oxy máu.
- Tư thế nằm sấp giảm VILI

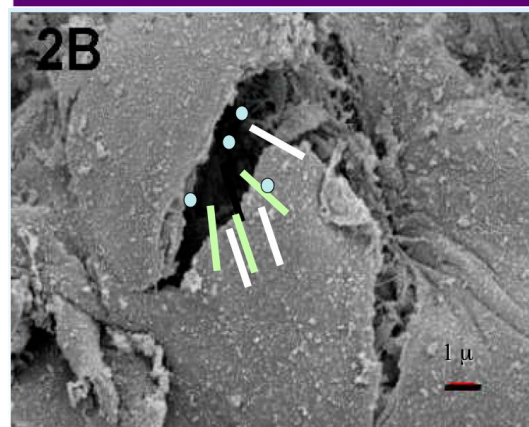
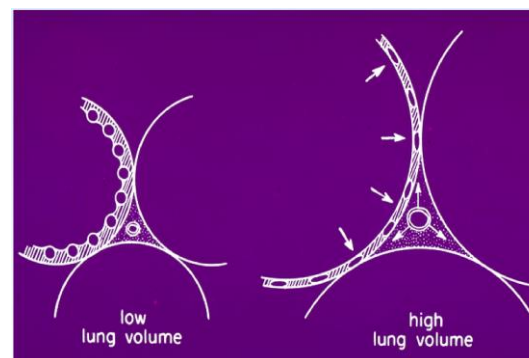
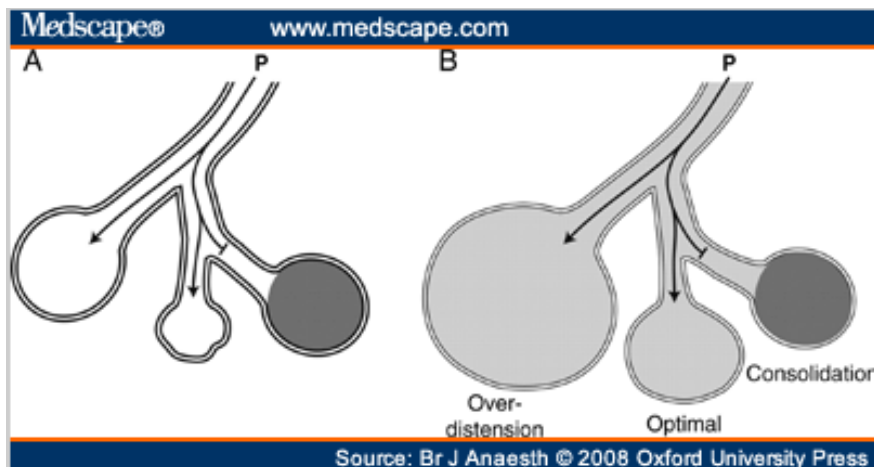


## 5. BIẾN CHỨNG CỦA RM



# BIẾN CHỨNG CỦA RM

- Góp phần gây tổn thương phổi do thở máy (VILI) [1], [2]
- Chuyển vị vi khuẩn và cytokin từ phổi vào hệ tuần hoàn [3], [4]
- Gây tụt huyết áp do giảm lượng máu về tim [5]
- Giảm oxy máu



- [1]. Tremblay LN, Intensive Care Med 2006, 32:24-33
- [2]. Gattinoni L, Intensive Care Med 2005, 31:776-784
- [3]. Cakar N, Crit Care Med 2002, 30:2103-2106
- [4]. Halbertma FJ, J Crit Care 2009
- [5]. Lim SC, Crit Care Med 2004, 32:2378-2384

# BIẾN CHỨNG CỦA RM

## Recruitment Maneuvers for Acute Lung Injury, A Systematic Review

**TABLE 5. ADVERSE EVENTS AND MORTALITY**

Adverse Event or Outcome	Pre-RM	During RM	Post-RM
<b>Cardiovascular,* no. (%)</b>			
Cardiac arrest	0	0	0
Arrhythmia	0	8 (1)	0
Myocardial ischemia/infarction	0	0	0
Hypertension	0	0	0
Hypotension	0	114 (12)	0
Other cardiovascular	0	24 (2)	0
<b>Respiratory,* no. (%)</b>			
Desaturation	1 (0)	82 (8)	0
Barotrauma	0	9 (1)	9 (1)
Refractory respiratory acidosis	0	0	0
Other respiratory	0	5 (1)	0
<b>Other (noncardiovascular, nonrespiratory),* n (%)</b>			
Other (noncardiovascular, nonrespiratory),* n (%)	0	4 (1)	0
Studies with no adverse events, n (no. of patients)		17 (287)	
Studies that did not report adverse events, n (no. of patients)		9 (201)	
RMs terminated due to adverse events, n (%)		10 (1)	
Mortality, <sup>†</sup> n (%)		157 (38)	
Studies that did not report mortality, n (no. of patients)		20 (736)	

40 NC, 1185 bn

*Definition of abbreviations:* ICU = intensive care unit; RM = recruitment maneuver.

\* Adverse events were reported in 31 studies (985 patients).

<sup>†</sup> Mortality was reported in 20 studies (409 patients).

# BIẾN CHỨNG CỦA RM

Type of RM used	N (%)
Sustained inflation	18 (45)
High pressure-controlled ventilation	9 (23)
Incremental positive end-expiratory pressure	8 (20)
High Vt/sigh*	4 (10)
Other	1 (2)

40 NC, 1185 bn

(\* 3 lần thở sâu liên tiếp với áp lực 45 cmH<sub>2</sub>O)

# BIẾN CHỨNG CỦA RM

Adverse Event or Outcome	Pre-RM	During RM	Post-RM
Cardiovascular,* no. (%)			
Cardiac arrest	0	<b>0</b>	0
Arrhythmia	0	<b>8 (1)</b>	0
Myocardial ischemia/infarction	0	<b>0</b>	0
Hypertension	0	<b>0</b>	0
Hypotension	0	<b>114 (12)</b>	0
Other cardiovascular	0	<b>24 (2)</b>	0
Respiratory,* no. (%)			
Desaturation	1 (0)	<b>82 (8)</b>	0
Barotrauma	0	<b>9 (1)</b>	9 (1)
Refractory respiratory acidosis	0	<b>0</b>	0
Other respiratory	0	<b>5 (1)</b>	0
RMs terminated due to adverse events, <i>n</i> (%)		<b>10 (1)</b>	

40 NC, 1185 bn

# BIẾN CHỨNG CỦA RM

## Complications From Recruitment Maneuvers in Patients With Acute Lung Injury: Secondary Analysis From the Lung Open Ventilation Study

Table 2. Frequency and Timing of Complications From Recruitment Maneuvers

Complication	Frequency, no. (%) ( <i>n</i> = 366)*	Timing, no. (%) (≤ 7 d)†
Respiratory		
Desaturation ( $S_{aO_2} < 85\%$ )	36 (10)	32 (64)
Cardiovascular		
Heart rate < 60 or > 140 beats/min	19 (5)	10 (45)
Hypotension (mean arterial pressure < 60 mm Hg)	40 (11)	37 (71)
New arrhythmia	3 (1)	3 (75)
New air leak through an existing chest tube	4 (1)	3 (75)

\* Frequency of complications from recruitment maneuvers are reported per patient. Patients may have experienced more than one complication.

† Timing of complications from recruitment maneuvers are reported per episode. Percentages (in parentheses) represent proportion of total complications that occurred within 7 days of recruitment maneuvers. Patient may have experienced more than one complication per episode.

# Complications From Recruitment Maneuvers in Patients With Acute Lung Injury: Secondary Analysis From the Lung Open Ventilation Study

Complication	Frequency, no. (%) (n 366)
Desaturation	36 (10)
Hypotension	40 (11)
New arrhythmia	3 (1)
New air leak through an existing chest tube	4 (1)

RM: applying continuous positive airway pressure of 40 cm H<sub>2</sub>O for 40 seconds, with FIO<sub>2</sub> of 1.0.



**eTable 1 - Lung Recruitment Maneuver and Titrated PEEP Levels**

Characteristic	Lung Recruitment Maneuver with PEEP Titration Group (n=501)
Maximum alveolar recruitment maneuver, No. of events(%)	
Completed (PEEP = 45 cmH <sub>2</sub> O)	200 (39.9)
Completed (PEEP = 35 cmH <sub>2</sub> O)	202 (40.3)
Interrupted at PEEP = 45 cmH <sub>2</sub> O	28 (5.6)
Interrupted at PEEP = 35 cmH <sub>2</sub> O	31 (6.2)
Interrupted at PEEP = 30 cmH <sub>2</sub> O	2 (0.4)
Interrupted at PEEP = 25 cmH <sub>2</sub> O	14 (2.8)
Interrupted at other PEEP levels	3 (0.6)
Not attempted	21 (4.2)
Neuromuscular blocking agent immediately before alveolar recruitment maneuver, No. of events(%)	470 (94.0)
Volemia optimized before alveolar recruitment, No. of events (%) <sup>a</sup>	341 (89.7)
Reason for interrupting alveolar recruitment maneuver, No. of events (%)	
Heart rate <60bpm or >150bpm	2/78 (2.6)
Mean blood pressure <65mmHg or systolic blood pressure <90mmHg	57/78 (73.1)
SpO <sub>2</sub> <88% for longer than 30s	16/78 (20.5)
Other	3/78 (3.8)
Titrated PEEP, mean (SD), cmH <sub>2</sub> O	16.8 (3.8)
Recruitment maneuver repeated immediately after PEEP titration (on day 0), No. of events (%)	393 (78.4)
Recruitment maneuver repeated on days 1 to 7 – No./total No. (%)	
No	314 (62.7)
Once	95 (19.0)
Twice	46 (9.2)
Three or more times	46 (9.2)

RM 501 bn

78 bn ngưng thủ thuật (15%)

73% do tụt HA

20% do spO<sub>2</sub> < 88%

PEEP denotes positive end expiratory pressure. SpO<sub>2</sub> denotes peripheral oxygen saturation.

<sup>a</sup> Volemia is considered optimized when fluids are administered before recruitment maneuver if dynamic signs of fluid responsiveness are present (such as pulse pressure variation >13%) or central venous pressure < 10cmH<sub>2</sub>O.

Supplementary Online Content. *JAMA*. doi:10.1001/jama.2017.14171

*ART study group. JAMA*. 2017;318(14):1335-1345.

## CHỐNG CHỈ ĐỊNH CỦA RM

- Huyết động không ổn định
- Tràn khí màng phổi (chưa dẫn lưu hoặc mới xảy ra )
- Tràn khí trung thất
- Nguy cơ cao tràn khí MP: phổi có kén
- Tăng áp lực nội sọ
- Co thắt phế quản
- Tương đối: BN ARDS thở máy > 1 tuần thường không đáp ứng với thủ thuật

## 6. Nghiên cứu ART

Research

JAMA | **Original Investigation** | CARING FOR THE CRITICALLY ILL PATIENT

### Effect of Lung Recruitment and Titrated Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) vs Low PEEP on Mortality in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome A Randomized Clinical Trial

Writing Group for the Alveolar Recruitment for Acute Respiratory Distress Syndrome Trial (ART) Investigators

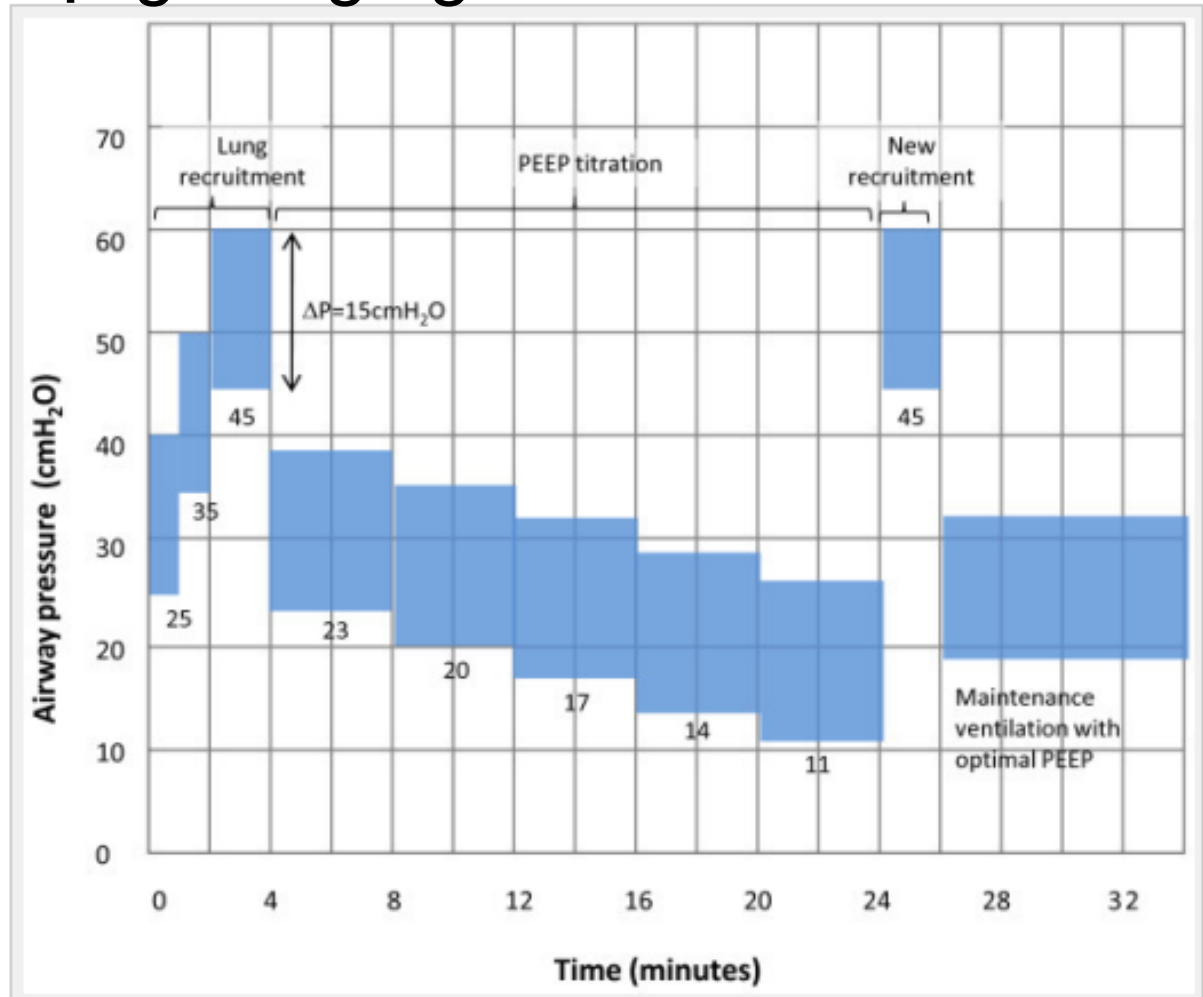
RCT, 120 ICU, 9 quốc gia, 11/2011 - 4/2017; 1010 bn ARDS trung bình và nặng

- 501 bn can thiệp: chiến lược thông khí mở phổi (OLA)
- 509 bn trong nhóm chứng: VT thấp (4-8 mL/kg PBW) và PEEP thấp

# RM được sử dụng trong nghiên cứu ART

A/C thông khí áp lực,  
P=15 cmH<sub>2</sub>O  
Tăng PEEP 25, 35, 45  
cmH<sub>2</sub>O trong 4 phút,  
sau đó giảm dần PEEP,  
chọn PEEP có độ giãn  
nở tĩnh cao nhất.  
Sau đó mở phổi lại và  
cài PEEP đã chọn + 2  
cmH<sub>2</sub>O.

Trial. ARDSnet 2012



© Copyright Policy - open-access

License

**Figure 1:** ART strategy: maximum alveolar recruitment maneuver associated with PEEP titration.

**Mentions:** Summary of mechanical ventilation procedures in the ART strategy groups vs. ARDSNet strategy group

# PEEP/FiO<sub>2</sub> nhóm chứng

## Lower PEEP/higher FiO<sub>2</sub>

FiO <sub>2</sub>	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
PEEP	5	5	8	8	10	10	10	12

FiO <sub>2</sub>	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
PEEP	14	14	14	16	18	18-24

## Higher PEEP/lower FiO<sub>2</sub>

FiO <sub>2</sub>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
PEEP	5	8	10	12	14	14	16	16

FiO <sub>2</sub>	0.5	0.5-0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
PEEP	18	20	22	22	22	24

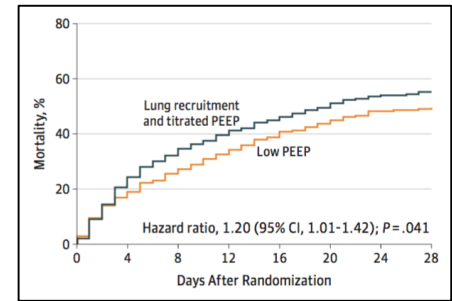
Table 1. Baseline Characteristics of the Patients

Characteristic	Lung Recruitment Maneuver With PEEP Titration Group (n = 501)	Low-PEEP Group (n = 509)
Age, mean (SD), y	51.3 (17.4)	50.6 (17.4)
Women, No. (%)	188 (37.5)	191 (37.5)
SAPS 3 score, mean (SD) <sup>a</sup>	63.5 (18.1)	62.7 (18.1)
No. of nonpulmonary organ failures, median (IQR)	2 (2-3)	2 (2-3)
Septic shock, No. (%)	336 (67.1)	331 (65.0)
Cause of ARDS, No. (%)		
Pulmonary ARDS		
Pneumonia	313 (62.5)	313 (61.5)
Pneumonia	280 (55.9)	276 (54.2)
Gastric aspiration	26 (5.2)	32 (6.3)
Lung contusion	7 (1.4)	4 (0.8)
Near drowning	0	1 (0.2)
Extrapulmonary ARDS		
Nonseptic shock	188 (37.5)	196 (38.5)
Sepsis or septic shock	9 (1.8)	12 (2.4)
Sepsis or septic shock	99 (19.8)	97 (19.1)
Trauma without lung contusion	5 (1.0)	5 (1.0)
Cardiac surgery	3 (0.6)	0
Other major surgery	20 (4.0)	23 (4.5)
Head trauma	4 (0.8)	6 (1.2)
Smoke inhalation	4 (0.8)	6 (1.2)
Multiple transfusions	8 (1.6)	3 (0.6)
Drug or alcohol abuse	1 (0.2)	2 (0.4)
Other	35 (7.0)	42 (8.3)

Sốc NK 67,1%; 65%

ARDS  
tạì phổi 62,5%; 61,5%

Characteristic	Lung Recruitment Maneuver With PEEP Titration Group (n = 501)	Low-PEEP Group (n = 509)
Prone position, No./total No. (%) <sup>b</sup>	31/304 (10.2)	30/303 (9.9)
Time since onset of ARDS, median (IQR), h	15 (7-34)	16 (7-30)
Days intubated prior to randomization, median (IQR)	2 (1-4)	2 (1-4)
Respiratory measures, mean (SD)		
Pao <sub>2</sub> :Fio <sub>2</sub> <sup>c</sup>	119.5 (43.5)	117.2 (41.9)
Tidal volume, mL/kg predicted body weight	5.8 (1.1)	5.8 (1.0)
Plateau airway pressure, cm H <sub>2</sub> O	25.8 (4.7)	26.2 (5.2)
Minute ventilation, L/min	8.9 (2.5)	8.9 (2.4)
Respiratory rate, breaths/min	25.3 (6.4)	25.3 (6.4)
Driving pressure, cm H <sub>2</sub> O <sup>d</sup>	13.5 (4.2)	13.5 (4.6)
Positive end-expiratory pressure, cm H <sub>2</sub> O	12.2 (3.0)	12.7 (3.3)
Respiratory system static compliance, mL/cm H <sub>2</sub> O <sup>e</sup>	29.2 (12.4)	30.3 (14.4)



**Table 2. Outcomes Among Patients Treated With Lung Recruitment Maneuver With Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) vs Low-PEEP Strategy**

Outcome	Lung Recruitment Maneuver With PEEP Titration Group (n = 501)	Low-PEEP Group (n = 509)	Type of Effect Estimate	Effect Estimate (95% CI)	P Value
<b>Primary Outcome</b>					
Death ≤28 d, No. of events/total No. (%)	277/501 (55.3)	251/509 (49.3)	HR	1.20 (1.01 to 1.42)	.041
<b>Secondary Outcomes</b>					
Death, No. of events/total No. (%)					
In intensive care unit	303/500 (60.6)	284/509 (55.8)	RD	4.8 (-1.5 to 11.1)	.13
In hospital	319/500 (63.8)	301/508 (59.3)	RD	4.5 (-1.7 to 10.7)	.15
Within 6 mo <sup>a</sup>	327/501 (65.3)	305/509 (59.9)	HR	1.18 (1.01 to 1.38)	.04
Length of stay, d					
Intensive care unit, mean (SD)	18.2 (22.4)	19.2 (25.9)	MD	-1.0 (-4.0 to 2.0)	.51
Median (IQR)	12.0 (5.0 to 23.0)	14.0 (7.0 to 23.0)			
Hospital, mean (SD)	25.5 (32.3)	26.2 (31.7)	MD	-0.7 (-4.6 to 3.3)	.74
Median (IQR)	15.0 (5.0 to 32.0)	18.0 (7.0 to 35.0)			
No. of ventilator-free d from d 1 to d 28, mean (SD), d	5.3 (8.0)	6.4 (8.6)	MD	-1.1 (-2.1 to -0.1)	.03
Median (IQR)	0.0 (0.0 to 11.0)	0.0 (0.0 to 14.0)			
Pneumothorax requiring drainage ≤7 d, No./total No. (%)	16/501 (3.2)	6/509 (1.2)	RD	2.0 (0.2 to 3.8)	.03
Barotrauma ≤7 d, No./total No. (%)	28/501 (5.6)	8/509 (1.6)	RD	4.0 (1.5 to 6.5)	.001



# Should the ART trial change our practice?

Jesús Villar<sup>1,2,3</sup>, Fernando Suárez-Sipmann<sup>1,4,5</sup>, Robert M. Kacmarek<sup>6,7</sup>

## Is there still a role for alveolar recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome?

Richard H. Kallet<sup>1</sup>, Michael S. Lipnick<sup>2</sup>

## Lung Recruitment and Titrated PEEP in Moderate to Severe ARDS Is the Door Closing on the Open Lung?

Sarina K. Sahetya, MD; Roy G. Brower, MD

## State-of-the-ART Trial: Do Recruitment Maneuvers & Higher PEEP Raise Mortality?

Kenny J-E S, Sep 2017, <https://pulmccm.org/randomized-controlled-trials/state-art-trial-recruitment-maneuvers-higher-peep-raise-mortality/>

			PEEP cm/H <sub>2</sub> O	Respiratory system compliance mL/cmH <sub>2</sub> O	Driving Pressure cmH <sub>2</sub> O	Respiratory Rate Breaths/min	Tidal Volume mL/kg <u>pbw</u>	PaCO <sub>2</sub> mmHg	PaO <sub>2</sub> : FiO <sub>2</sub> ratio	28-Day Mortality
Day 1	Low PEEP Group	ALVEOLI	8.9	31	15.1	29 (+6.2)	6.1 (-2.1)	41	168 (+3.0)	24.9%*
		LOVS	10.1	--	14.8 (-3.3)	26 (+3.6)	6.8 (-1.6)	44.6	149 (+4.0)	32.3%
		EXPRESS	7.1	33.7 (-2.4)	14 (-1.0)	27.8 (+3.1)	6.1 (-1.4)	43	150 (+7.0)	31.2%
		ART	12.0	29.7 (-0.6)	13.5 (0.0)	29.1 (+3.8)	5.7 (-0.1)	51.4	165 (+48)	49.3%
	High PEEP Group	ALVEOLI	14.7	39	12.3	29 (+5.8)	6.0 (-2.0)	41	220 (+69)	27.5%*
		LOVS	15.6	--	14.6 (-4.3)	25 (+3.1)	6.8 (-1.6)	45.5	187 (+42)	28.4%
		EXPRESS	14.6	37.2 (+0.8)	12.9 (-2.6)	28.2 (+3.8)	6.1 (-1.3)	44	218 (+74)	27.8%
		ART	16.2	32.8 (+3.6)	11.7 (-1.8)	30.4 (+5.1)	5.6 (-0.2)	52.3	222 (+103)	55.3%

**Table 2:** comparison table between trials discussed within text. This represents data at the end of day 1 following randomization. Values in parentheses indicate change from baseline value if reported. \*the ALVEOLI trial did not report death at 28 days, but instead in house mortality. Figure 1 from ALVEOLI depicts survival curves for the keen reader to scrutinize.

## Tử vong bn trong ART cao hơn các NC khác 49,3% và 55,3%

- ART chọn bn ARDS trung bình và nặng?  
Subgroup  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$  trong phân tích gộp 3 NC ALVEOLI, LOVS và EXPRESS cho thấy tử vong bệnh viện là 34,1% vs 39.1% cho nhóm PEEP cao vs PEEP thấp.
- ART có tỉ lệ bn ARDS tại phổi cao hơn?  
Đây là tỉ lệ thường thấy trong các NC về ARDS

# Should the ART trial change our practice?

Jesús Villar<sup>1,2,3</sup>, Fernando Suárez-Sipmann<sup>1,4,5</sup>, Robert M. Kacmarek<sup>6,7</sup>

## Concerns and sources of bias in ART

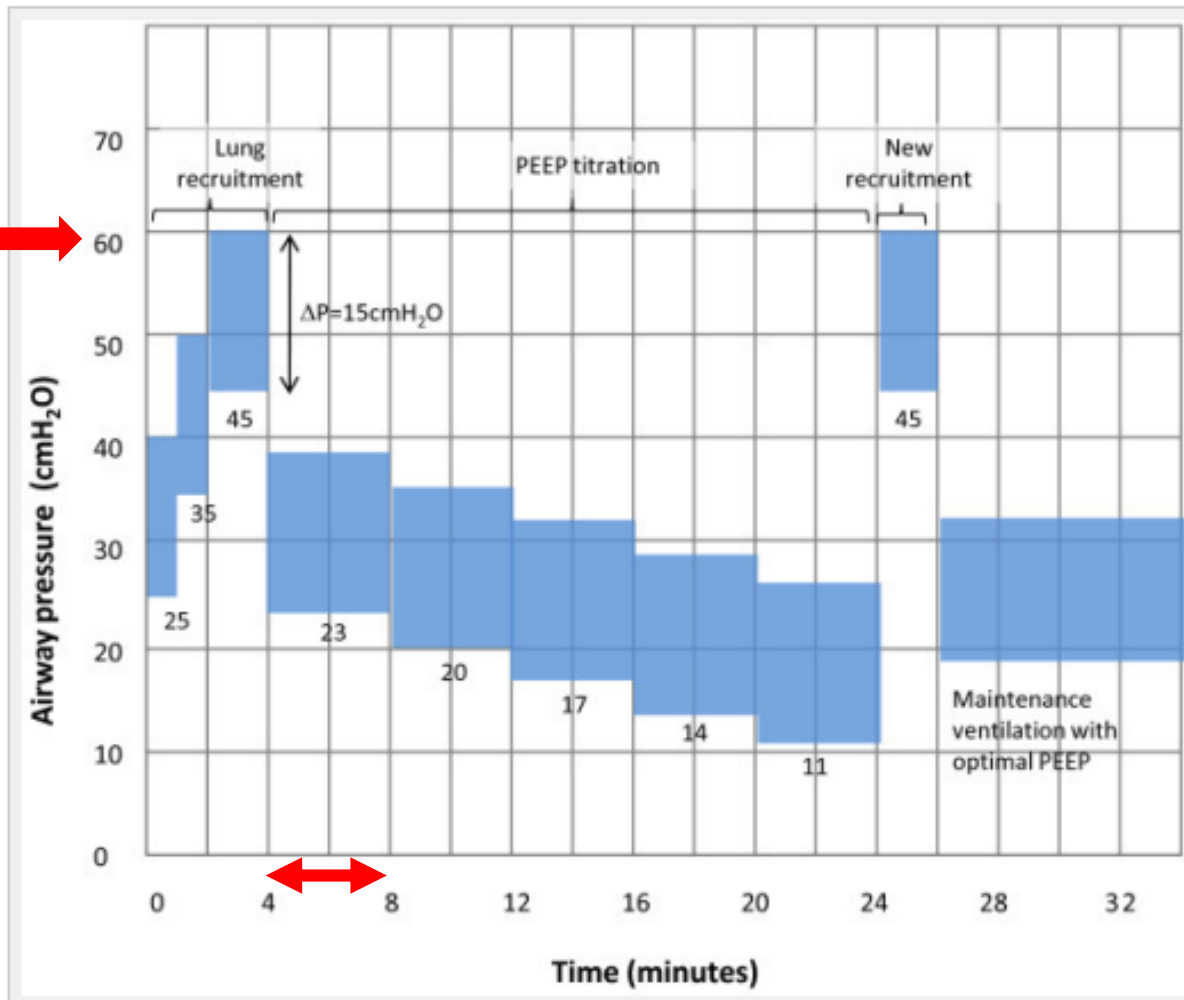
- ART thực hiện ở 9 nước nhưng chủ yếu ở Brazil  
104/120 ICU, WHO xếp hạng Y Tế Brazil 125/190 nước.
- Áp dụng nghiêm ngặt Protocol 112 trang ở 120 ICU ?
- Thủ thuật tái huy động phế nang thực hiện trong NC:
  - Áp lực mở phổi quá cao 60 cmH<sub>2</sub>O
  - Thời gian kéo dài
  - Kỹ năng thực hiện

# Should the ART trial change our practice?

Jesús Villar<sup>1,2,3</sup>, Fernando Suárez-Sipmann<sup>1,4,5</sup>, Robert M. Kacmarek<sup>6,7</sup>

- Áp lực đường thở cao nhất lên đến 60 cmH<sub>2</sub>O (sau 555 bn, giảm còn 50 cmH<sub>2</sub>O)
- Thời gian kéo dài 24 phút (sau đó giảm còn 19 phút)
  - Trong khi thực hiện thủ thuật
    - 3 bn bị ngừng tim
    - 7 bn bị tràn khí màng phổi
  - 44 bn tràn khí nhóm RM vs 14 ở nhóm PEEP thấp
- Gỡ tìm PEEP tối ưu, mức PEEP thấp nhất là 11 cmH<sub>2</sub>O, nên mức PEEP thấp nhất ở nhóm can thiệp là 13 cmH<sub>2</sub>O, có thể một số bn bị cài mức PEEP cao hơn cần thiết.

# Điều chỉnh RM trong quá trình thực hiện NC



Sau 550 bn  
Áp lực mở phổi 60 cmH<sub>2</sub>O,  
giảm còn 50 cmH<sub>2</sub>O

Thời gian giảm PEEP  
để chọn PEEP tối ưu  
từ 4 phút giảm còn 3 phút  
mỗi lần giảm PEEP

© Copyright Policy - open-access

License

**Figure 1:** ART strategy: maximum alveolar recruitment maneuver associated with PEEP titration.

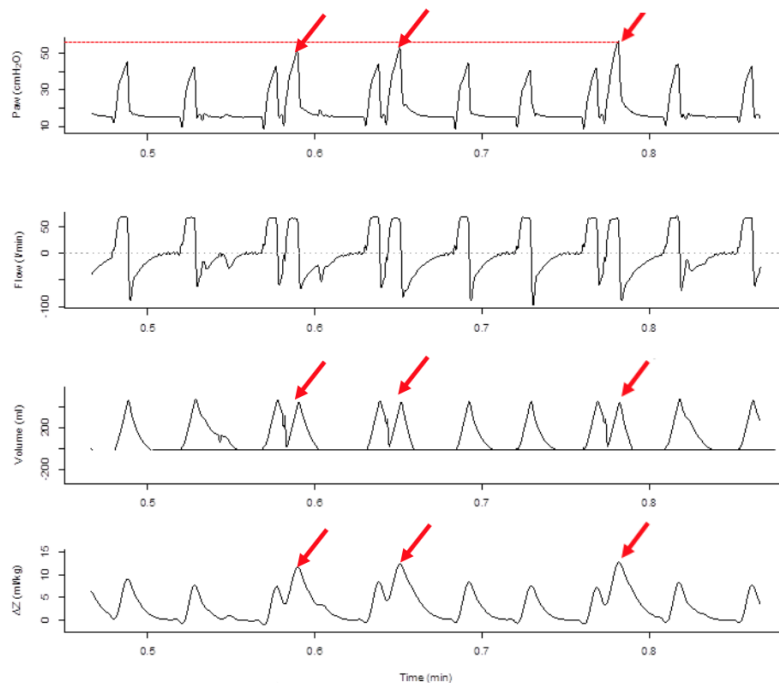
**Mentions:** Summary of mechanical ventilation procedures in the ART strategy groups vs. ARDSNet strategy group



# Should the ART trial change our practice?

Jesús Villar<sup>1,2,3</sup>, Fernando Suárez-Sipmann<sup>1,4,5</sup>, Robert M. Kacmarek<sup>6,7</sup>

Double trigger thường xảy ra ở bn trong nghiên cứu



Supplementary Online Content. *JAMA*. doi:10.1001/jama.2017.14171



Sau RM, cải thiện oxy máu (P/F +103) và cơ học hô hấp so với trước RM: Compliance +3,6; Driving Pressure -1,8

			PEEP cm/H <sub>2</sub> O	Respiratory system compliance mL/cmH <sub>2</sub> O	Driving Pressure cmH <sub>2</sub> O	Respiratory Rate Breaths/min	Tidal Volume mL/kg <u>pbw</u>	PaCO <sub>2</sub> mmHg	PaO <sub>2</sub> : FiO <sub>2</sub> ratio	28-Day Mortality
Day 1	Low PEEP Group	ALVEOLI	8.9	31	15.1	29 (+6.2)	6.1 (-2.1)	41	168 (+3.0)	24.9%*
		LOVS	10.1	--	14.8 (-3.3)	26 (+3.6)	6.8 (-1.6)	44.6	149 (+4.0)	32.3%
		EXPRESS	7.1	33.7 (-2.4)	14 (-1.0)	27.8 (+3.1)	6.1 (-1.4)	43	150 (+7.0)	31.2%
		ART	12.0	29.7 (-0.6)	13.5 (0.0)	29.1 (+3.8)	5.7 (-0.1)	51.4	165 (+48)	49.3%
	High PEEP Group	ALVEOLI	14.7	39	12.3	29 (+5.8)	6.0 (-2.0)	41	220 (+69)	27.5%*
		LOVS	15.6	--	14.6 (-4.3)	25 (+3.1)	6.8 (-1.6)	45.5	187 (+42)	28.4%
		EXPRESS	14.6	37.2 (+0.8)	12.9 (-2.6)	28.2 (+3.8)	6.1 (-1.3)	44	218 (+74)	27.8%
		ART	16.2	32.8 (+3.6)	11.7 (-1.8)	30.4 (+5.1)	5.6 (-0.2)	52.3	222 (+103)	55.3%

**Table 2:** comparison table between trials discussed within text. This represents data at the end of day 1 following randomization. Values in parentheses indicate change from baseline value if reported. \*the ALVEOLI trial did not report death at 28 days, but instead in house mortality. Figure 1 from ALVEOLI depicts survival curves for the keen reader to scrutinize.

# Tăng tử vong do RM, OLA làm tăng tổn thương phổi do thở máy ?

- Cả 2 nhóm cài Vt tương tự, sau RM mức PEEP nhóm can thiệp cao hơn, độ giãn nở phổi tăng, áp lực đẩy giảm chứng tỏ có cải thiện về cơ học hô hấp.
- RM cùng với mức PEEP cao cài sau thủ thuật, tần số thở cao làm tăng “công suất” (mechanical power) làm tăng tổn thương phổi do thở máy.

1973



Barotrauma

1988



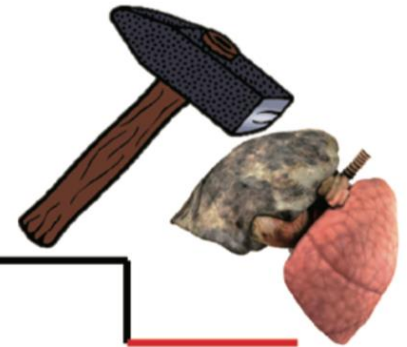
Volutrauma

1997



Atelectrauma  
(Biotrauma)

2016



Ergotrauma

**Evolution of the concept of VILI.** From left to right: barotrauma, volutrauma, atelectrauma/biotrauma, ergotrauma. VILI, ventilator-induced lung injury.

## Mechanical power (Công suất)

$$Power_{rs} = 0.098 \cdot RR \cdot \left\{ \Delta V^2 \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot E_{rs} + RR \cdot \frac{(1 + I:E)}{60 \cdot I:E} \cdot R_{aw} \right] + \Delta V \cdot PEEP \right\}$$

0.098 is the conversion factor from L × cmH<sub>2</sub>O to J,

RR is the ventilatory rate

E<sub>rs</sub> is the elastance of the respiratory system

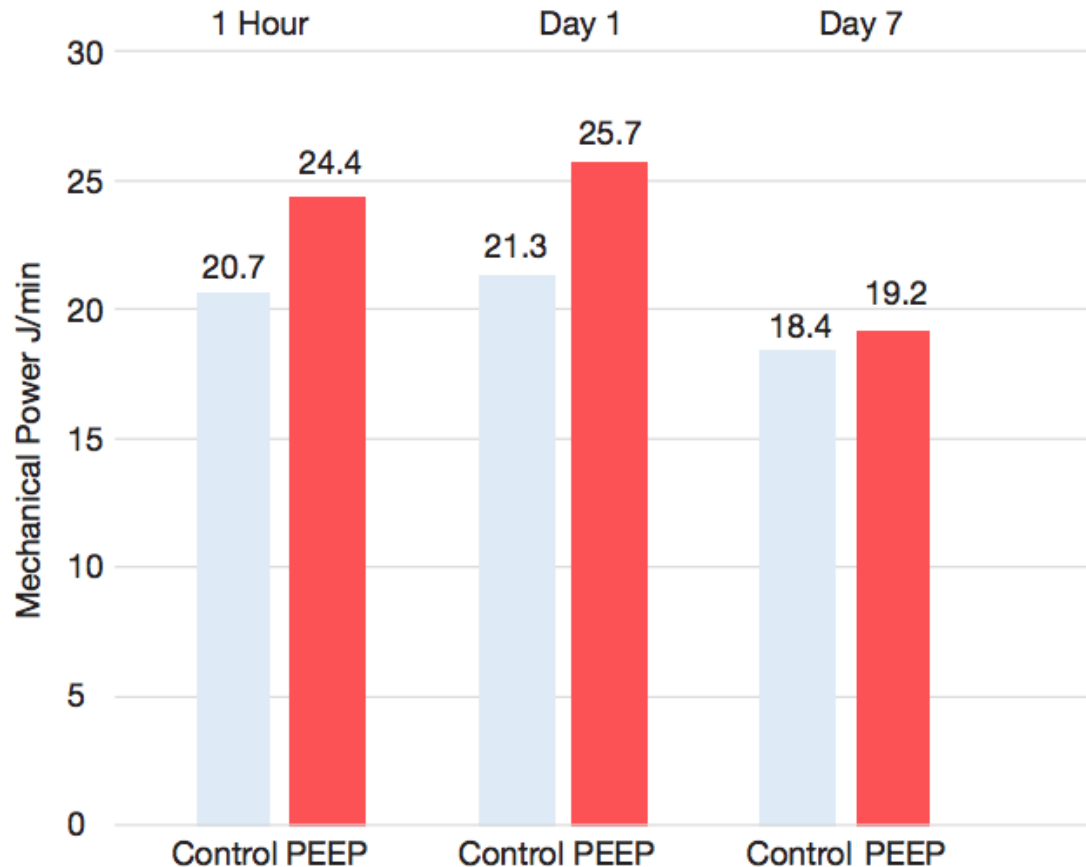
I:E is the ratio between inspiratory and expiratory time

R<sub>aw</sub> is the airway resistance

ΔV is the tidal volume.

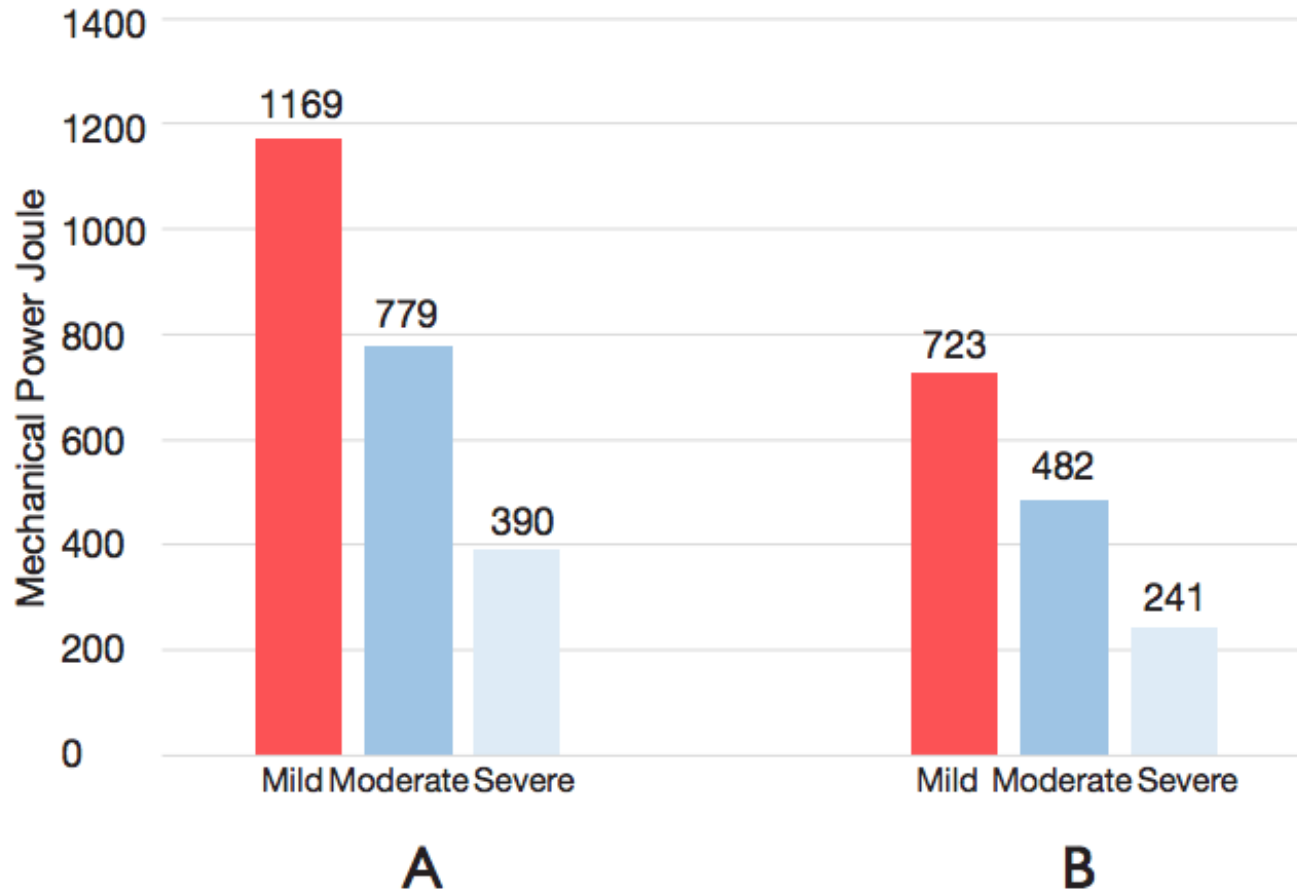
Accordingly, in a normal subject breathing at 15 bpm, with a tidal volume of 0.5 L with an I:E of 1:1, a normal respiratory system elastance of 10 cmH<sub>2</sub>O/L and R<sub>aw</sub> of 10 cmH<sub>2</sub>O/L/s at 0 PEEP, the mechanical power in J/min equals 3.675.

## The ART trial: why did it fail?



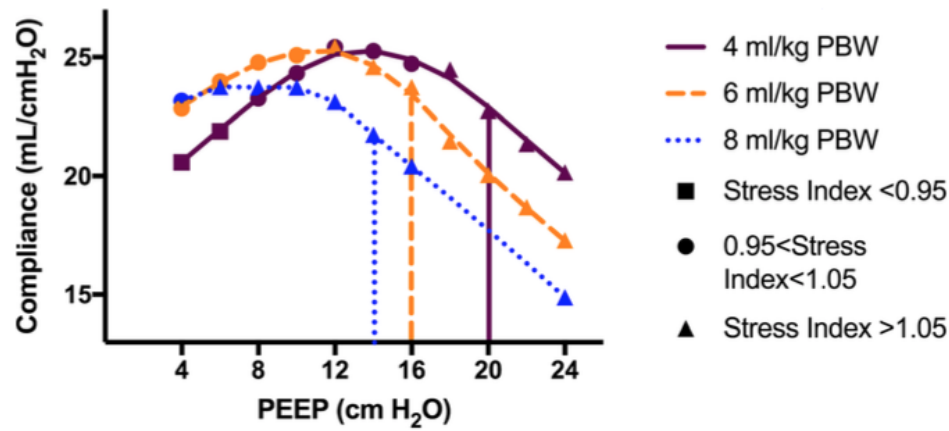
Estimate of mean mechanical power of the RS (first 7 days of ICU stay) applied to the control group (left, grey column) and to the PEEP group (right, red) of the ART trial. PEEP, positive end-expiratory pressure; ART, Alveolar Recruitment for ARDS Trial; ICU, intensive care unit; RS, respiratory system.

## The ART trial: why did it fail?

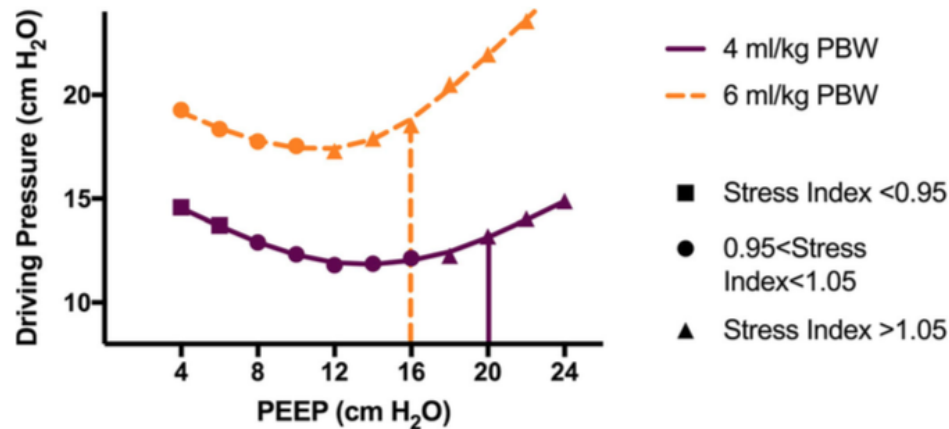


Estimate of mechanical power delivered during the overall recruitment maneuver of the ART trial before (A) and after (B) the amendment of the protocol. ART, Alveolar Recruitment for ARDS Trial.

# Best PEEP trials are dependent on tidal volume



**Fig. 1** Point of maximal compliance depends on tidal volume used in PEEP trial. Plotted markers represent static compliance of respiratory system ( $C_{RS}$ ) at each PEEP level during a decremental PEEP trial for a single patient. Marker shapes correspond to measured stress index for the PEEP–tidal volume pairing, and marker color corresponds to tidal volume. Loess curve connects points with identical tidal volumes. Vertical lines indicate the PEEP selected by ART protocol for a given tidal volume. PBW predicted body weight, PEEP positive end-expiratory pressure



**Fig. 2** Point of minimal driving pressure depends on tidal volume used in PEEP trial. Plotted markers are measured driving pressure at each PEEP level for a given tidal volume. Marker shapes coded by stress index, and superimposed loess lines show estimated driving pressure over the range of PEEP by tidal volume. Corresponding vertical lines indicate the PEEP selected by ART protocol for a given tidal volume. PBW predicted body weight, PEEP positive end-expiratory pressure

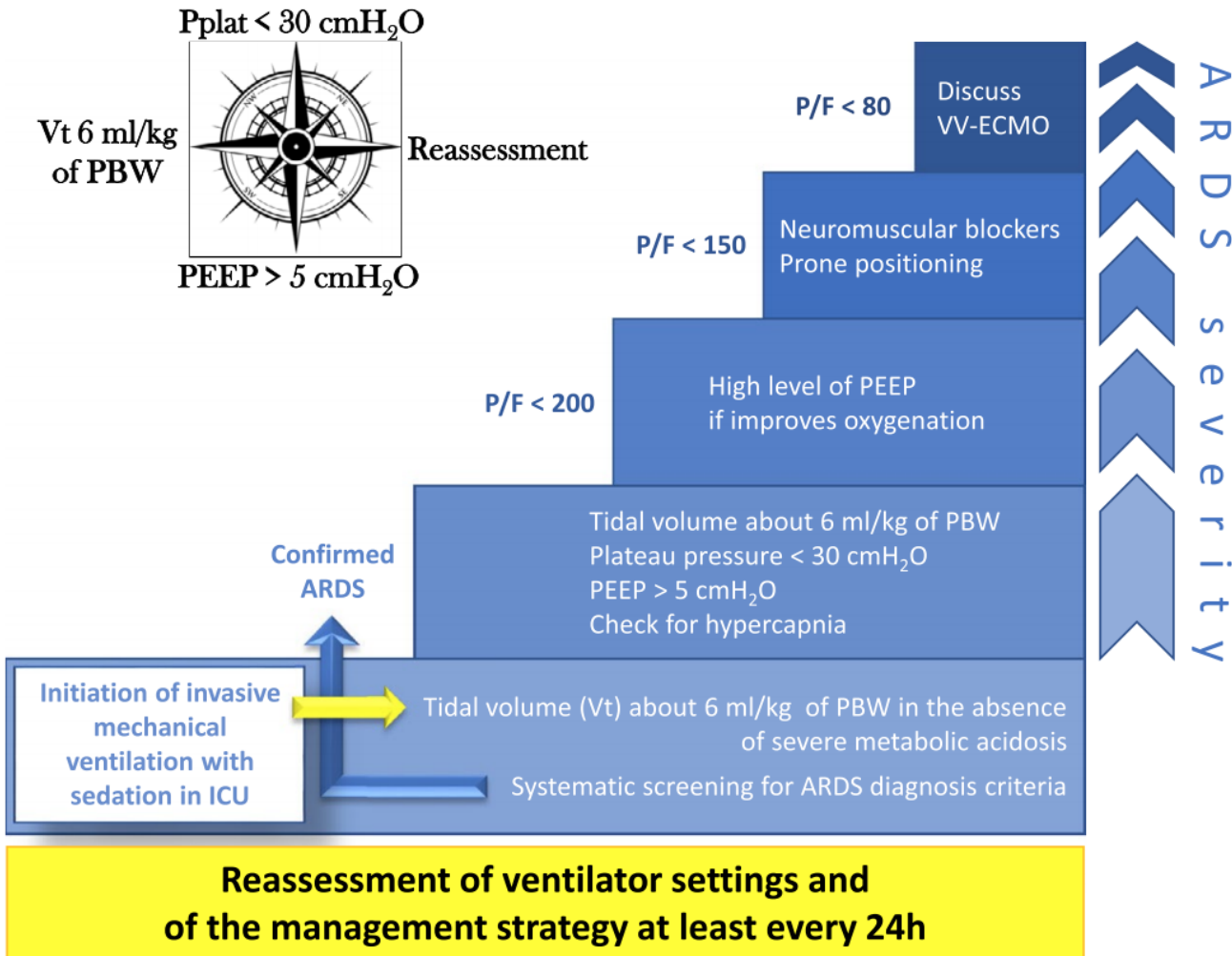
## Should the ART trial change our practice?

Jesús Villar<sup>1,2,3</sup>, Fernando Suárez-Sipmann<sup>1,4,5</sup>, Robert M. Kacmarek<sup>6,7</sup>

**“We believe there is still a strong pathophysiological rationale for the use of RM and decremental PEEP trial in moderate to severe ARDS, supporting the principle that “never give the lung a chance to collapse”. Unfortunately, the ART study forces us to reassess the use of RMs and decremental PEEP trials since the results of the ART trial conflict with previously acquired data. The results of this study have not dampened our enthusiasm for the OLA but have identified the need for another RCT that is designed and implemented in a manner that will more appropriately test the ability of the OLA to improve outcome in ARDS”**



# Early management of ARDS in 2019



**Veno-venous ECMO**

- In case of refractory hypoxemia or when protective ventilation can not be applied
- To be discussed with experienced ECMO centres

**Neuromuscular blockers: continuous intravenous infusion**

- Early initiation (within the first 48h of ARDS diagnosis)

**Prone positioning methods :**

- Applied for >16h a day, for several consecutive days

**Moderate or severe ARDS -> High PEEP test (> 12 cmH<sub>2</sub>O)**

Use high levels if:

- Oxygenation improvement
- Without hemodynamic impairment or significant decrease in lung compliance
- Maintain Pplat < 30 cmH<sub>2</sub>O, continuous monitoring

**ARDS diagnosis criteria**

- PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ≤ 300 mmHg
- PEEP ≥ 5 cmH<sub>2</sub>O
- Bilateral opacities on chest imaging
- Not fully explained by cardiac failure or fluid overload
- Within a week of a known clinical insult

**Might be applied**

- Inhaled Nitric Oxide (iNO), when severe hypoxemia remains despite prone positioning and before considering VV-ECMO
- Partial ventilation support after early phase to generate tidal volume about 6 ml/kg and less than 8 ml/kg

**No recommendation could be made**

- ECCO<sub>2</sub>R
- Driving pressure
- Partial ventilation support at the early phase

**Should probably not be done**

- Systematic recruitment maneuvers

**Should not be done**

- HFOV

# Early management of ARDS in 2019

## **Might be applied**

- Inhaled Nitric Oxide (iNO), when severe hypoxemia remains despite prone positioning and before considering VV-ECMO
- Partial ventilation support after early phase to generate tidal volume about 6 ml/kg and less than 8 ml/kg

## **No recommendation could be made**

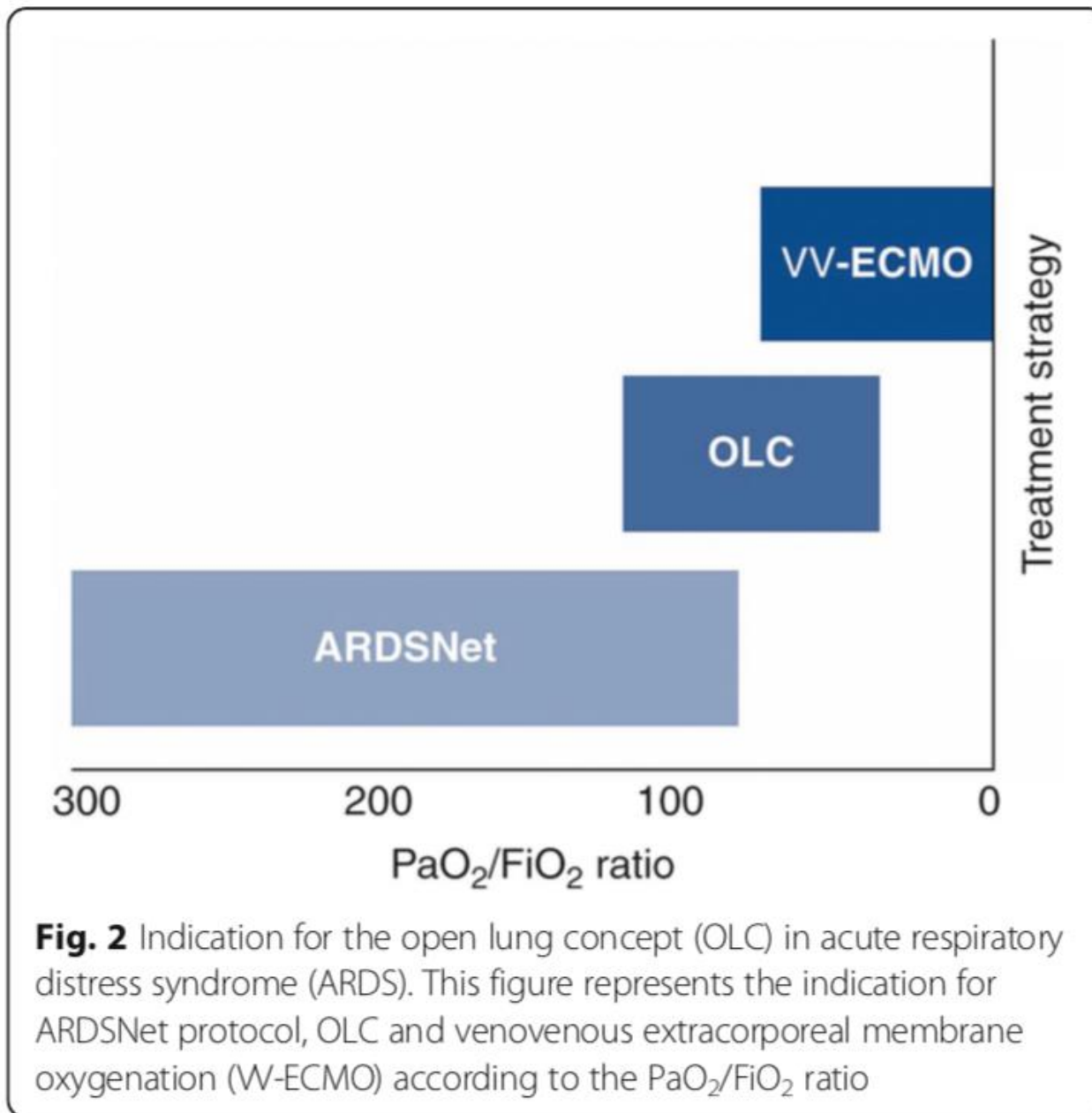
- ECCO<sub>2</sub>R
- Driving pressure
- Partial ventilation support at the early phase

## **Should probably not be done**

- Systematic recruitment maneuvers

## **Should not be done**

- HFOV



# KẾT LUẬN

- RM, OLA còn nhiều tranh cãi: thực hiện hay không? Cách thực hiện?
- Có thể thực hiện khi oxy giảm nặng do mất PEEP như hút đàm, đặt NKQ, nội soi hoặc sử dụng như điều trị “cứu vãn” ở bệnh nhân ARDS nặng.
- Trước khi thực hiện huyết động bn phải ổn định, cho an thần có thể kèm giãn cơ để bn ngừng thở.
- Theo dõi sát các biến chứng có thể xảy ra khi thực hiện thủ thuật.

**XIN CHÂN THÀNH CẢM ƠN**

