

Lung Recruitment in ALI/ARDS

น.พ. สมรัก รังकुณวัฒน์

ภาควิชากุมารเวชศาสตร์

คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Definition of ARDS

ARDS: inflammatory lung injury with alveolar flooding and abnormalities in surfactant function

collapse of peripheral lung units, pulmonary infiltrates, stiff lungs, and hypoxemia.

1. Acute onset (less than 7 days)
2. $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300 \text{ mmHg}$
3. Diffuse bilateral pulmonary infiltration
4. Absence of left atrial hypertension or pulmonary artery occlusion pressure $\leq 18 \text{ mmHg}$

Overview of treatment of ARDS

- Treatment for the causes
- Mechanical ventilation
- Supportive care
- Fluid management
- Medication
- ECMO

Types of lung injury associated with the application of mechanical ventilation

Oxygen toxicity

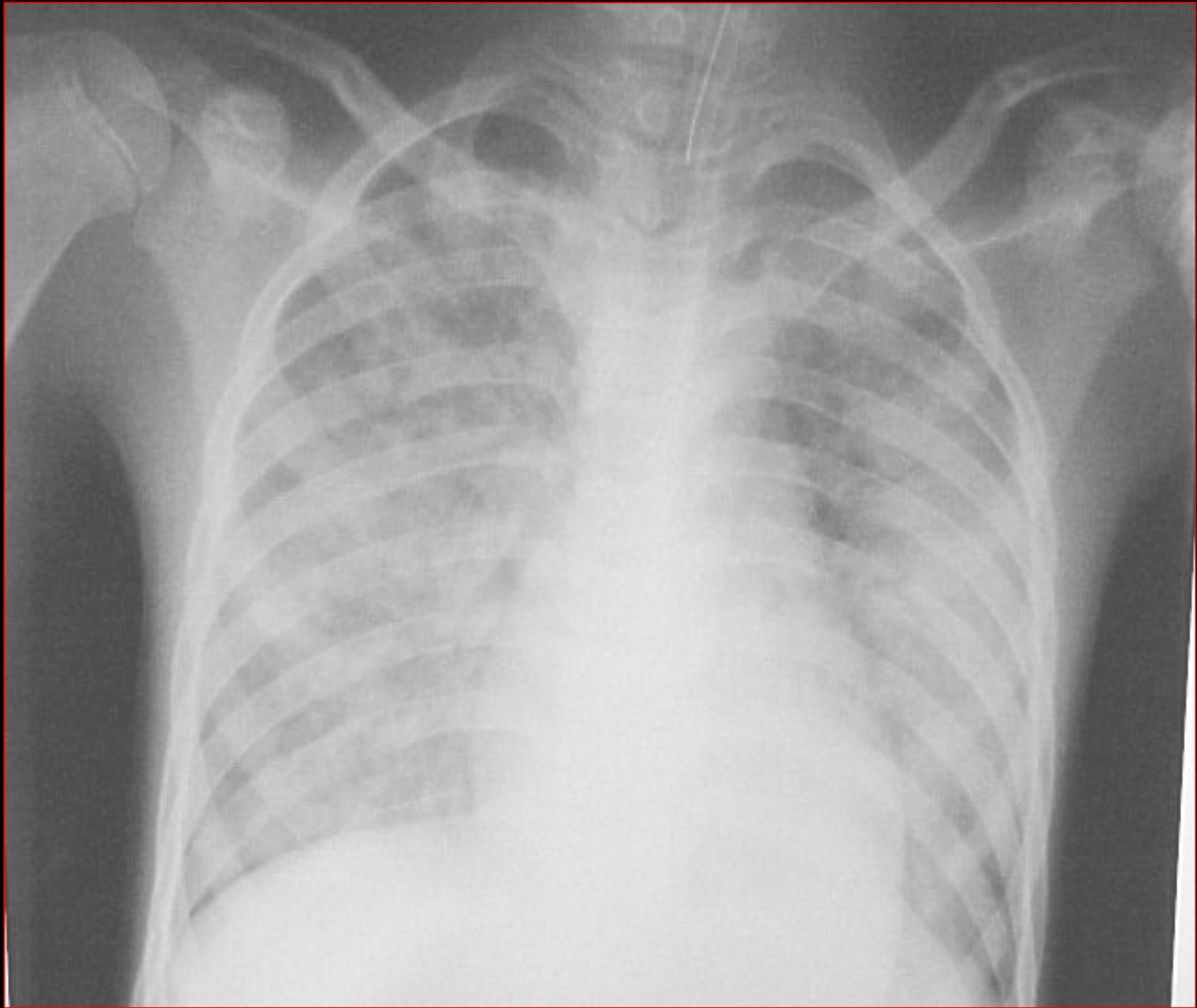
Ventilator induced lung injury

Volutrauma : Regional alveolar overdistension

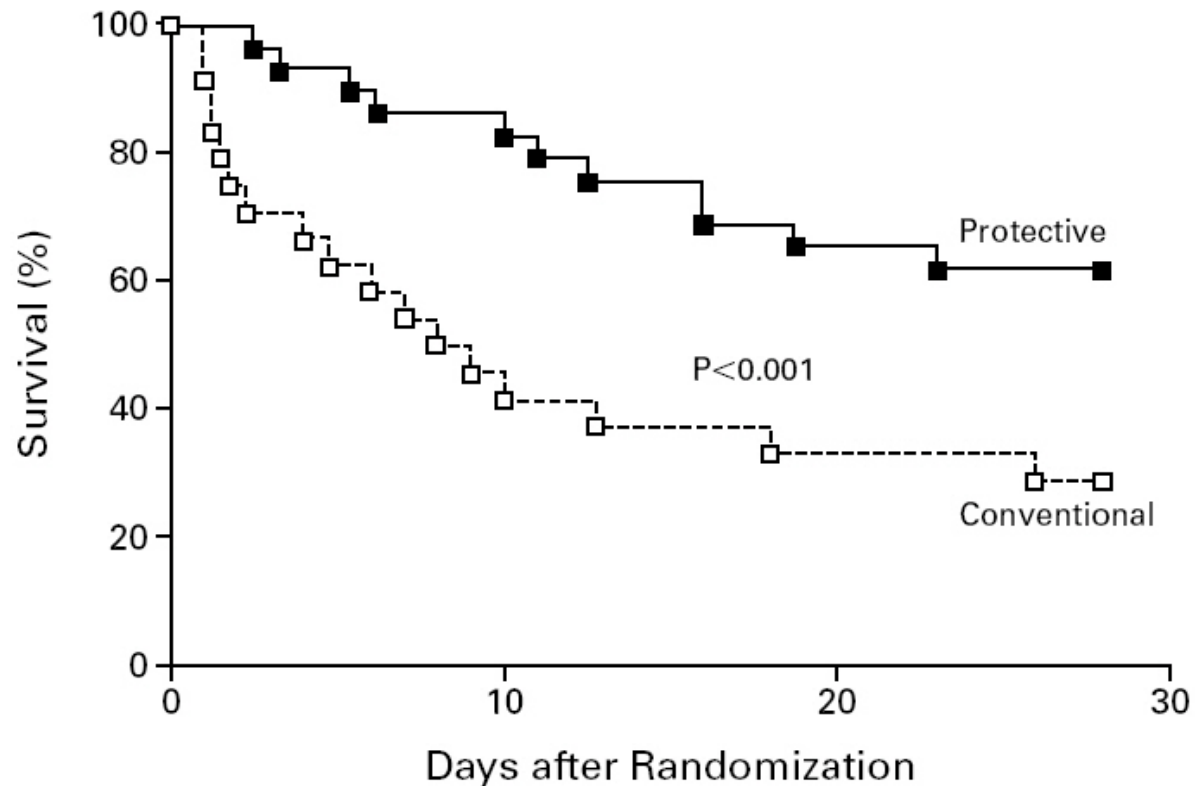
Atelectrauma: shearing from cyclic open and close alveoli

Barotrauma : extra alveolar air leak from high P_{aw} ventilation

Biotrauma : inflammatory cytokine release from injured alveoli



Survival among 53 patients with ARDS Assigned to Protective or Conventional Mechanical Ventilation.



No. AT RISK

Protective	29	25	20	18
Conventional	24	11	9	7

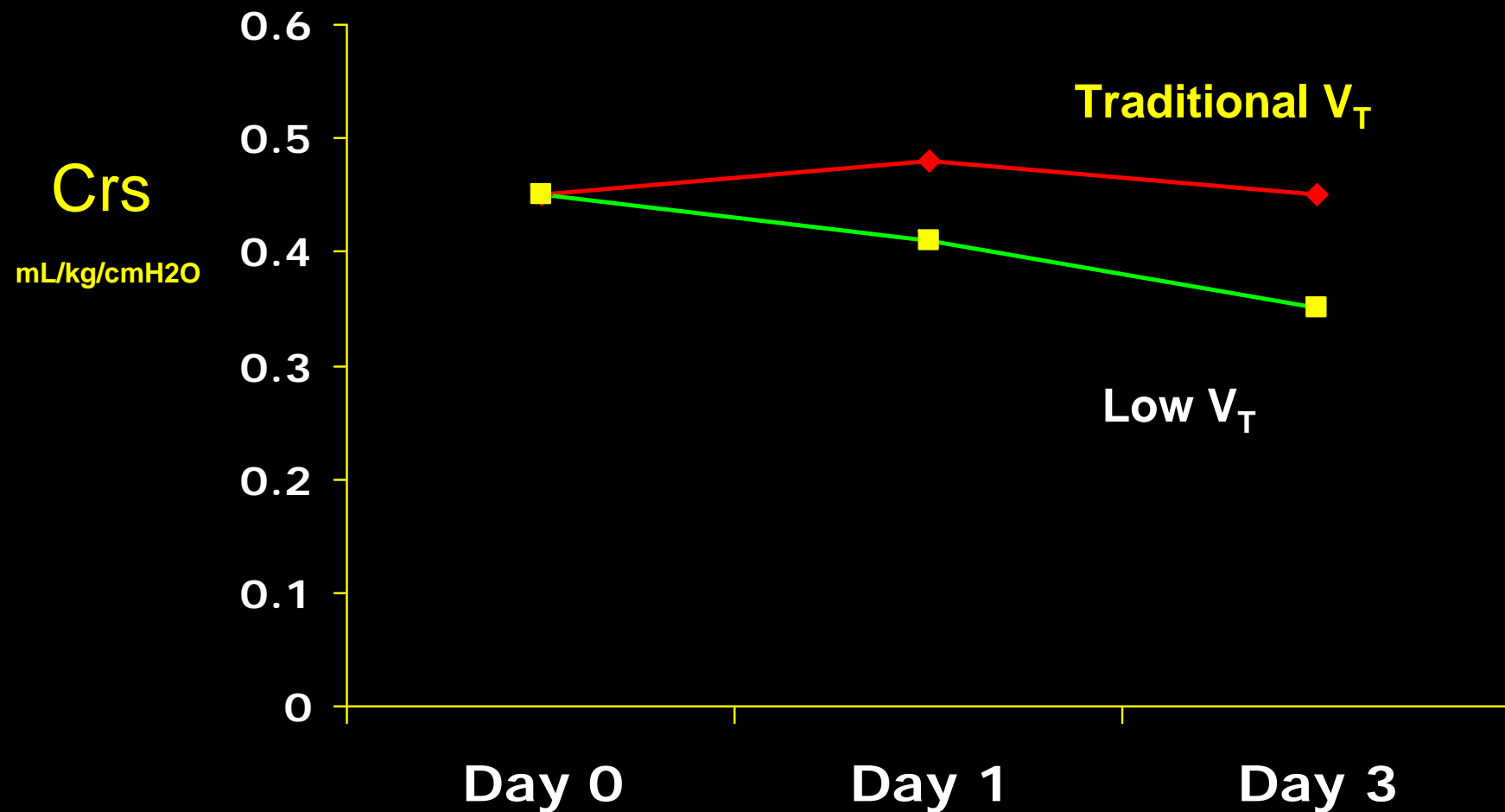
Protective Lung Strategies

- Low tidal volume (6-8 mL/kg)
- Limit Plateau pressure ≤ 30 cmH₂O
- Target : $7.30 < \text{pH} \leq 7.45$
- Target: PaO₂ = 55-80 mm Hg or
SaO₂ = 88-95%

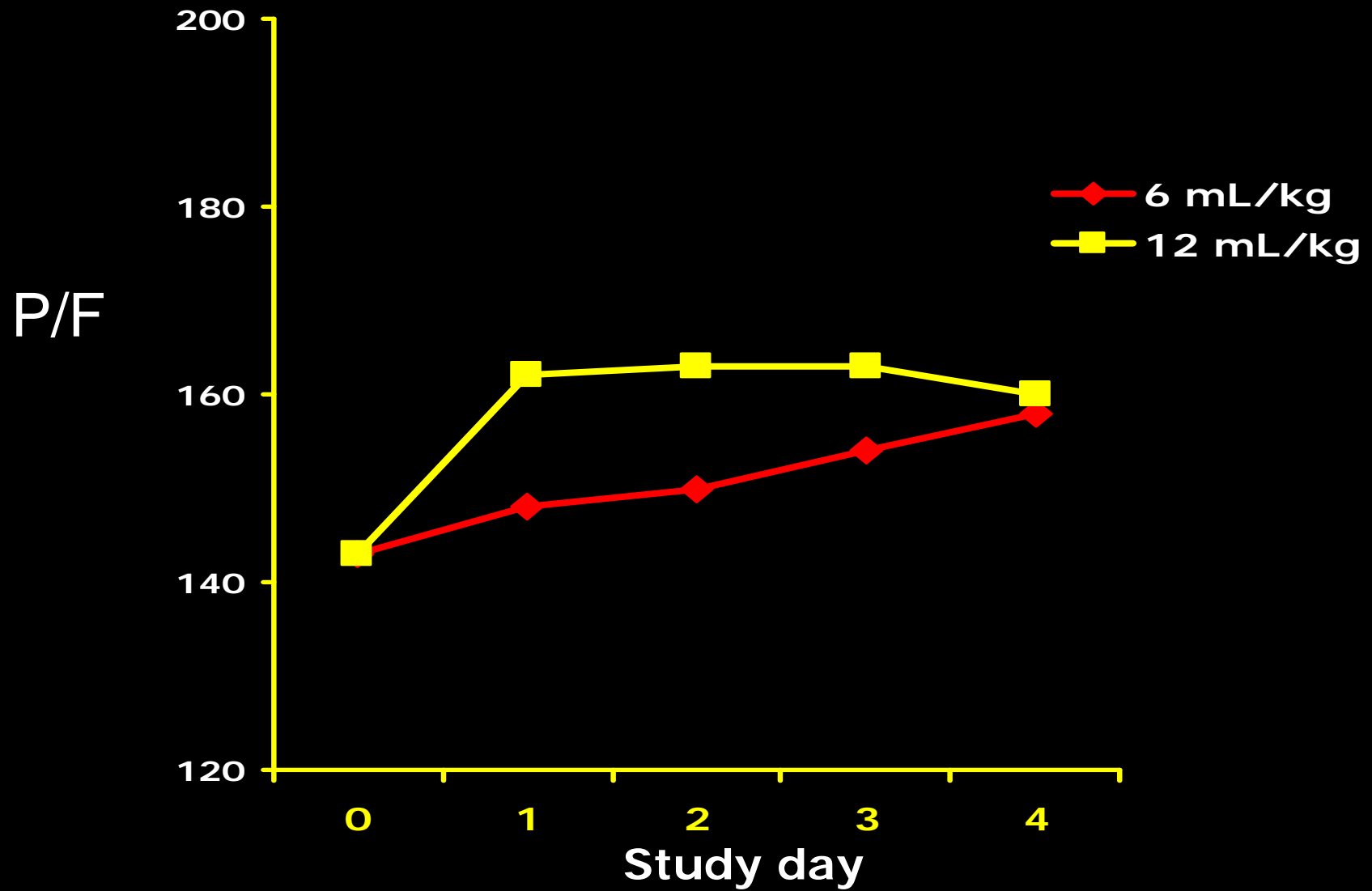
Tidal volumes used in clinical trials of lung-protective strategies in ARDS

Study	Tidal Volumes, mL/kg		Mortality, %	
	Higher	Lower	Higher	Lower
Amato et al.1998	12	6	71	38
Brochard et al.1998	10.3	7.1	38	47
Stewart et al.1998	10.8	7.2	47	50
Brower et al. 1999	10.2	7.3	46	31
ARDS Network 2000	11.8	6.2	40	31

Effect of V_T on Respiratory System Compliance



$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$



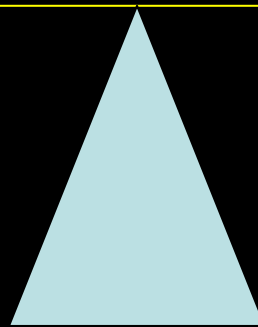
Tidal volume strategy in ARDS

Generous Tidal Volume

- Better gas exchange
- May cause ventilator associated lung injury (VALI)

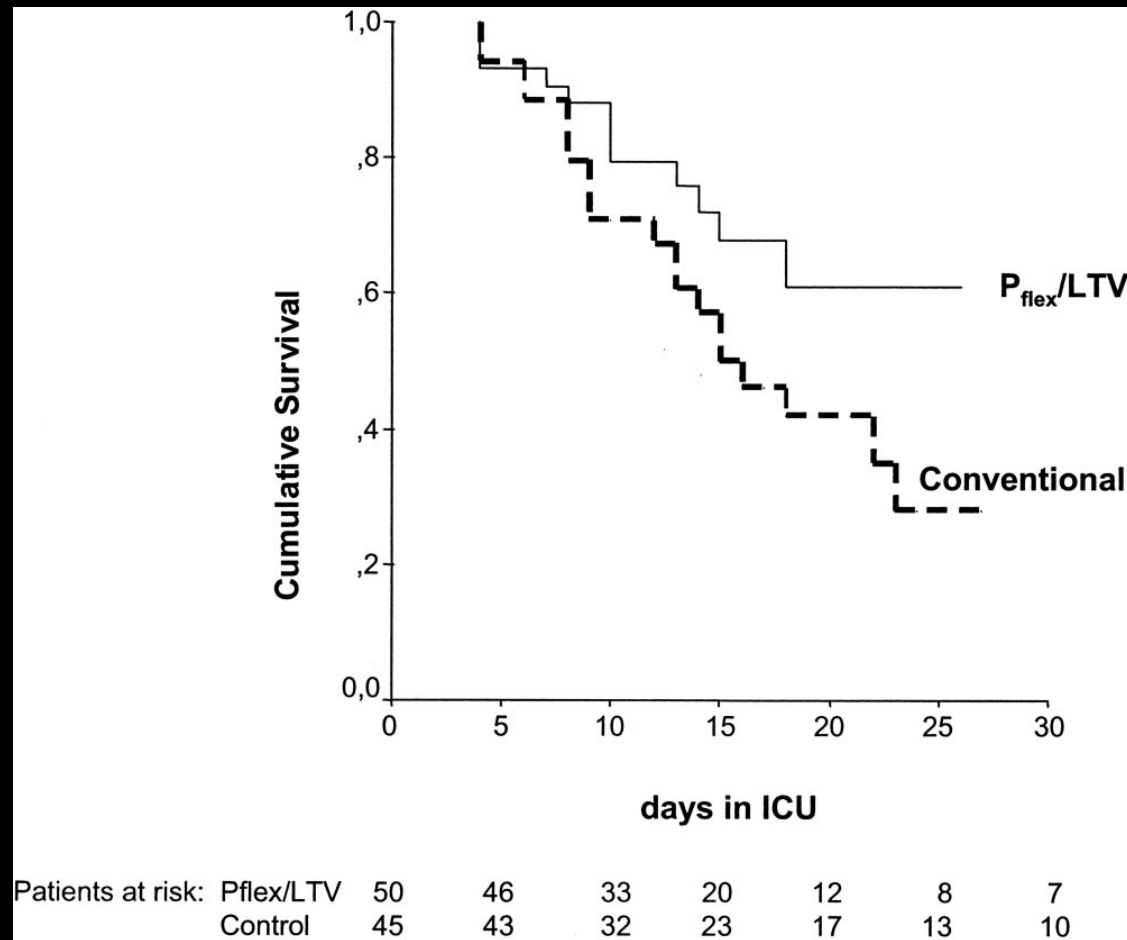
Low Tidal Volume

- Less VALI
- Worse oxygenation
- Hypercapnia, acidosis
- Lower Crs



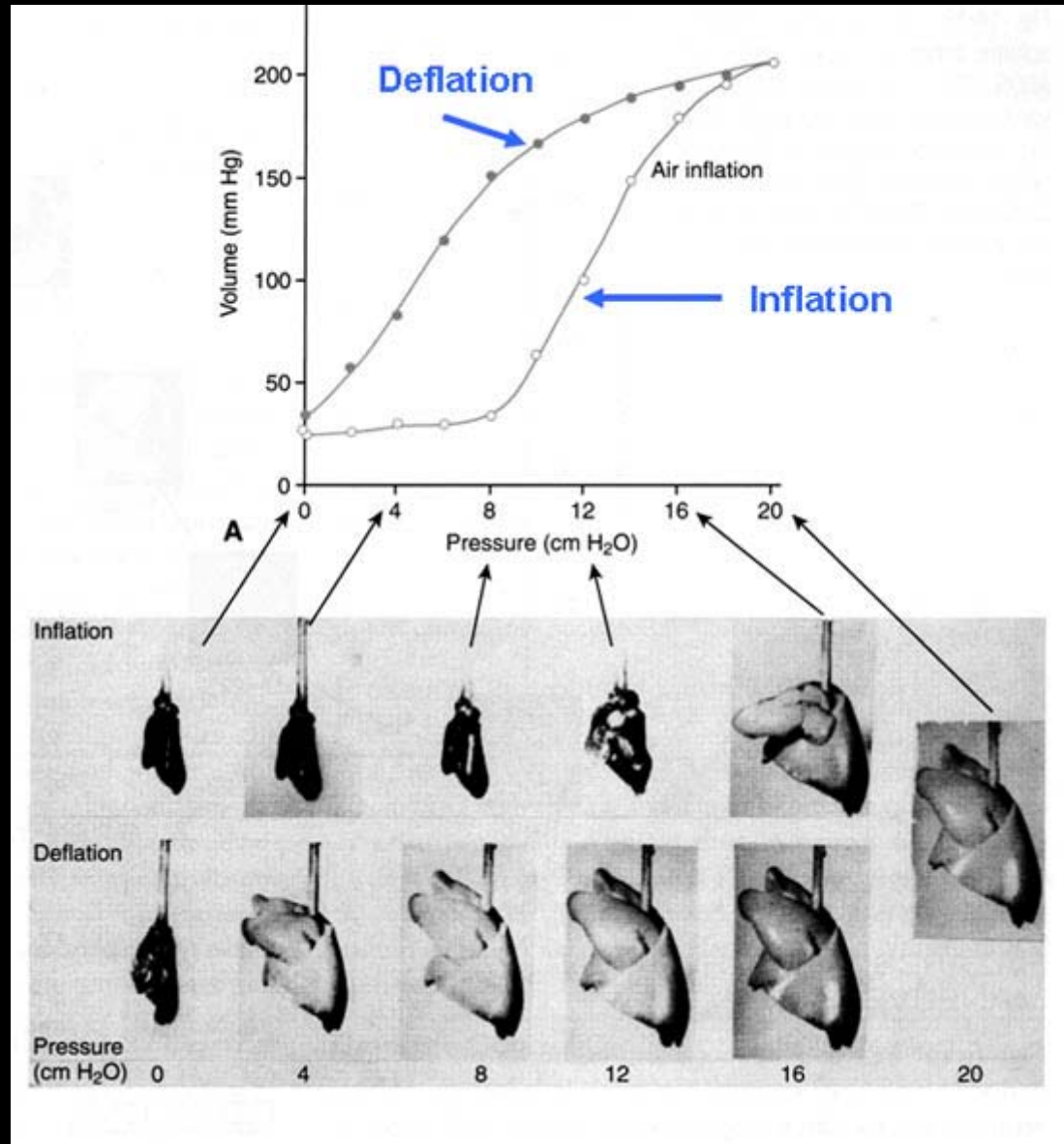
Is lung recruitment necessary?

A high PEEP, low V_T ventilatory strategy improves outcome in persistent ARDS: A randomized, controlled trial (N=103)



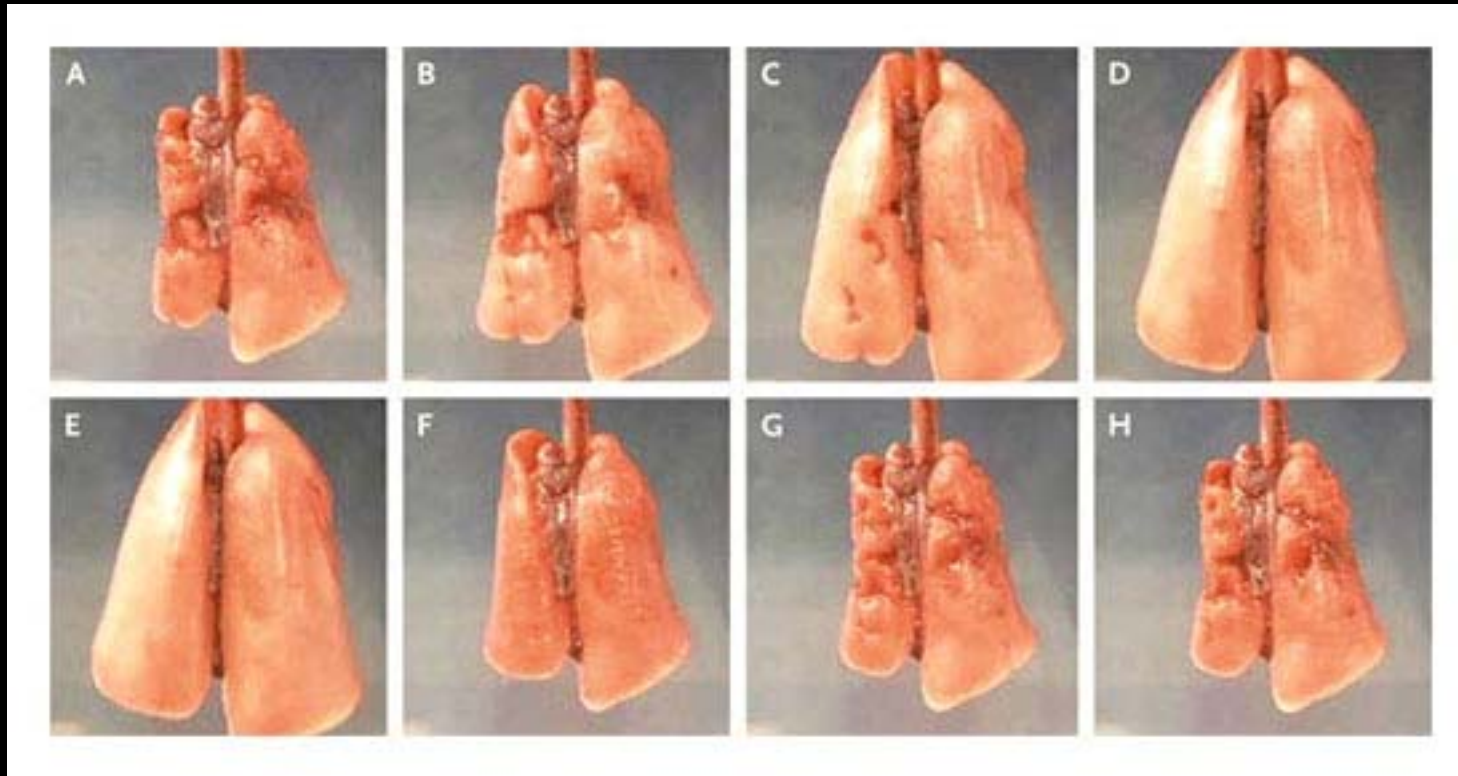
Lung recruitment

.....กระบวนการช่วยหายใจที่ใช้ **high inflation pressure** ที่สูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ เพื่อเปิดถุงลมของปอดส่วนที่แฟบให้มากที่สุด เพื่อที่จะได้กลับมาทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดั้งเดิม เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนตามความต้องการของร่างกาย วิธีการคือเพิ่ม **transpulmonary pressure** และให้ความดันที่เกิดขึ้นคงอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ถุงลมในปอดขยายตัวได้เต็มที่และเมื่อปอดทั้งหมด (หรือบางส่วนเท่าที่สามารถจะเปิดขยายได้) ขยายตัวแล้ว จะผนวกการใช้ **PEEP** ที่สูงพอที่จะทำให้ปอดส่วนนั้นคงรูปและไม่แฟบกลับไปในช่วงหายใจออก



Ventilation of an ex Vivo Rat Lung

7 ml per kilogram, with and without PEEP



Slutsky AS, Hudson LD. *N Engl J Med* 354: 1839—1841, 2006

Recruitment maneuver ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

- **Inflation maneuver** เพื่อ เปิด non-aerated lung unit
- **Deflation maneuver** เพื่อหาจุดที่ lung unit ส่วนใหญ่จะแฟบลงเมื่อระดับความดันในปอดลดลง จุดนี้เป็นจุดที่จะ **set** ค่า ของ **PEEP** เพื่อให้ปอดขยายตัวอยู่ตลอดในช่วงหายใจออก
- **Re-inflation** เพื่อเปิด lung unit หลังจากที่แฟบลง ตอนนี้จะ เป็นช่วงที่จะใช้ความดันที่ได้จากข้อ 1 และ ข้อ 2 มาใช้ในการปรับ เครื่องช่วยหายใจเพื่อป้องกัน **end-expiratory alveolar collapse**

Methods of recruitment maneuver

- **Sustain high pressure inflation**
- **Pressure control ventilation with high PEEP**
- **Pressure control ventilation with incremental PEEP**
- **Intermittent extended sighs**

Optimal PEEP

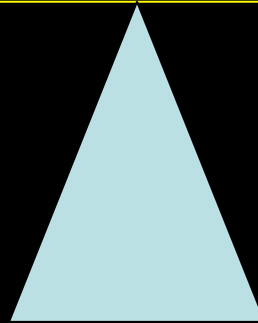
FiO_2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Conventional PEEP cmH_2O	5	5-8	8-10	10	10-14	14	14-18	18-24
Lung open ventilation PEEP, cmH_2O	5-10	10-14	14-20	20	20	20	20	20-24

Successful Recruitment Maneuver

- Pressure controlled ventilation
 - Pressure and time
- PEEP
- Mechanism of injury
- Patient body position (prone)
- Prevent derecruitment
 - Unnecessary disconnection
 - Unnecessary suctioning
 - Agitation, cough

Recruitment maneuver

- Reduce shear injury
- Reduce O₂ toxicity
- ↑ Stress injury
- Barotrauma
- Circulatory depression



การคัดเลือกผู้ป่วยในการทำ **recruitment maneuver**

- ผู้ป่วย **ARDS** ที่ไม่ได้มีสาเหตุที่เกิดจากพยาธิสภาพของปอดโดยตรง (indirect lung injury)
- การทำ **recruitment maneuver** ในช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นให้การช่วยหายใจ จะได้ผลลัพธ์ที่ดี
- ผู้ป่วยควรมี **hemodynamic stability** ความดันโลหิต ระดับสารน้ำในร่างในระดับปกติ
- ผู้ป่วยที่ไม่มี **chest wall defect** หรือ **deformity**
- การทำ **recruitment maneuver** มักไม่ได้ผลในผู้ป่วยที่ต้องใช้ O_2 ในปริมาณที่สูง เช่น 100% O_2 เนื่องจากว่าหลังการทำแล้วผู้ป่วยมักจะมี **absorption atelectasis** ตามมาจากปริมาณของ O_2 ที่สูง

Complication of Recruitment Maneuver

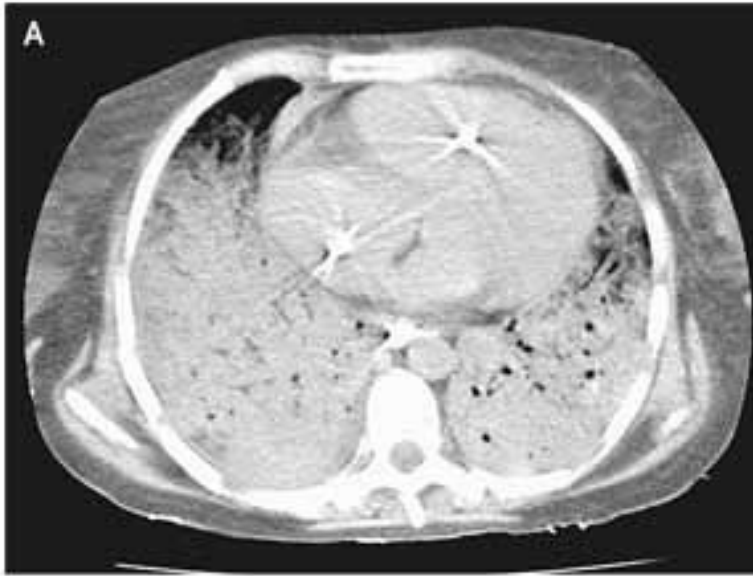
- Decrease cardiac output
- Decrease cerebral perfusion pressure
- Barotrauma : pneumomediastinum, pneumothorax
- Pulmonary bacterial translocation from alteration of alveolar-capillary membrane

ข้อห้ามในการทำ **recruitment maneuver**

- Hemodynamic instability
- Preexisting pulmonary cysts
- Preexisting bullous lung disease
- Preexisting barotrauma
- Unilateral lung disease

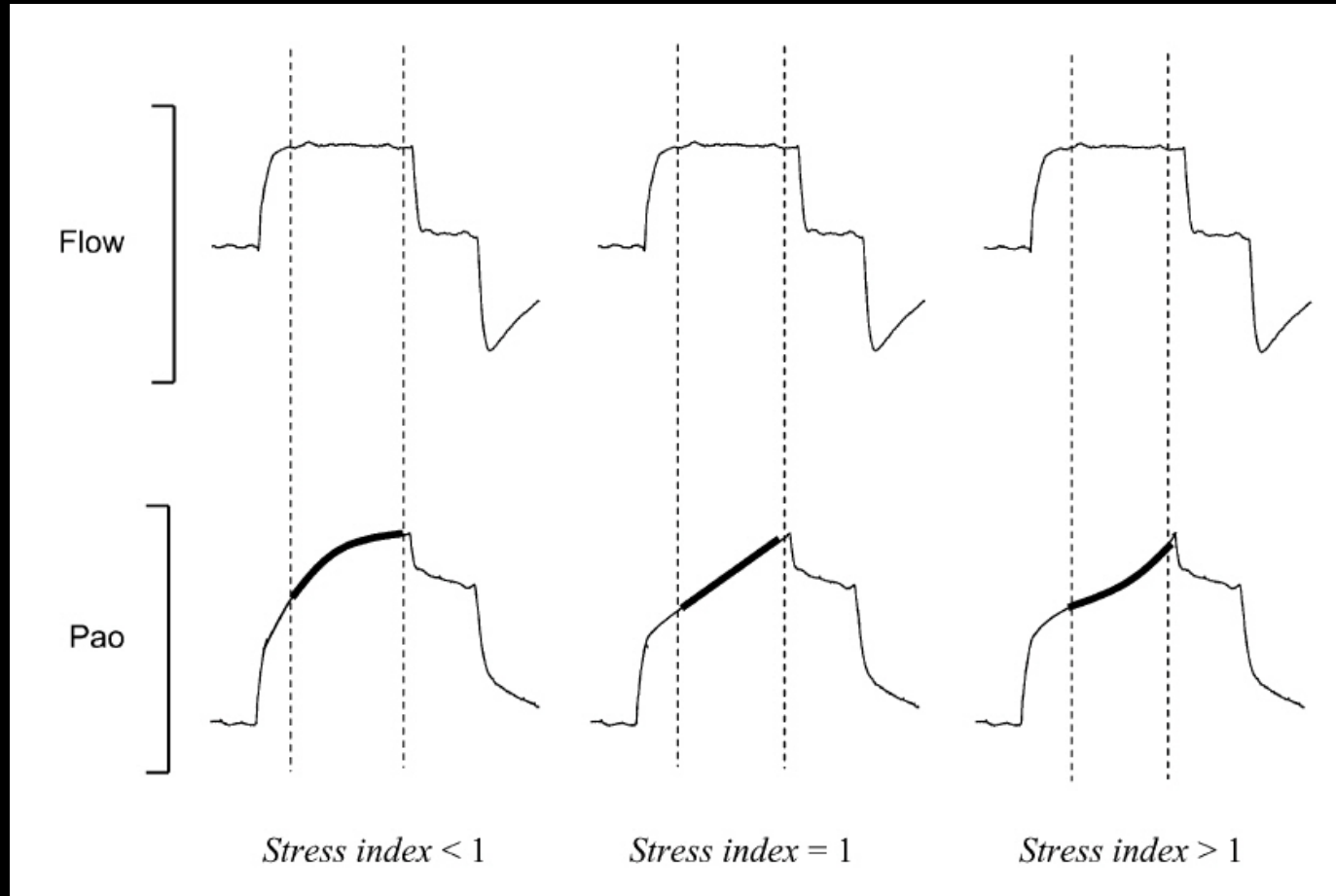
การประเมินและการดูแลผู้ป่วยระหว่างการทำ **recruitment maneuver**

- Respiratory system compliance
- Analysis of airway pressure curve
- Volume of gas penetration in lung CT scan
- Arterial oxygenation ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)



Borges, J. B., C. R. Carvalho, et al. (2006) *N Engl J Med* 355(3): 319-20

Stress Index concept



**continuous alveolar
recruitment**

No recruitment

**Lung
overdistention**

safety and efficacy of sustained inflations as lung recruitment maneuvers in ventilated PICU patients

- Observational, prospective data collection
- 93 RM in 32 consecutive ventilated pediatric patients (11 days to 14 yrs)..
- RMs were done after suctioning (62%), ventilator disconnect (5%), desaturation (9%) routine (24%)
- no evidence of statistically significant changes in systolic BP, HR, O₂ saturation, no air leaks.
- Spike of intracranial pressure (3 pts)
- Sustained significant decrease in FiO₂ by 6.1% lasting up to 6 h post-RM.

Outcome of Lung Recruitment

Ventilatory strategy using **low tidal volumes**, **recruitment maneuvers**, and high PEEP for ALI and ARDS: a randomized controlled trial

Meade MO et al. JAMA. 2008 Feb 13;299:637-45.

Cont.

- Control: V_t 6 mL/kg $P_{plat} \leq 30$ cm H₂O, conventional levels of PEEP (n = 508). mean PEEP = 9.8
- experimental : V_t 6 mL/kg $P_{plat} \leq 40$ cm H₂O, recruitment maneuvers (sustained inflation), higher PEEP (n = 475) mean PEEP = 14.6

Cont.

- All-cause **hospital mortality** rates (36.4% VS 40.4%)

–(RR, 0.90); CI, 0.77-1.05; $P=.19$

- **Barotrauma** rates (11.2% VS 9.1%)

–(RR, 1.21) CI, 0.83-1.75; $P=.33$).

- Rates of **refractory hypoxemia** (4.6% VS 10.2%)

–(RR, 0.54) CI, 0.34-0.86; $P = .01$,

- death with **refractory hypoxemia** (4.2% VS 8.9%);)

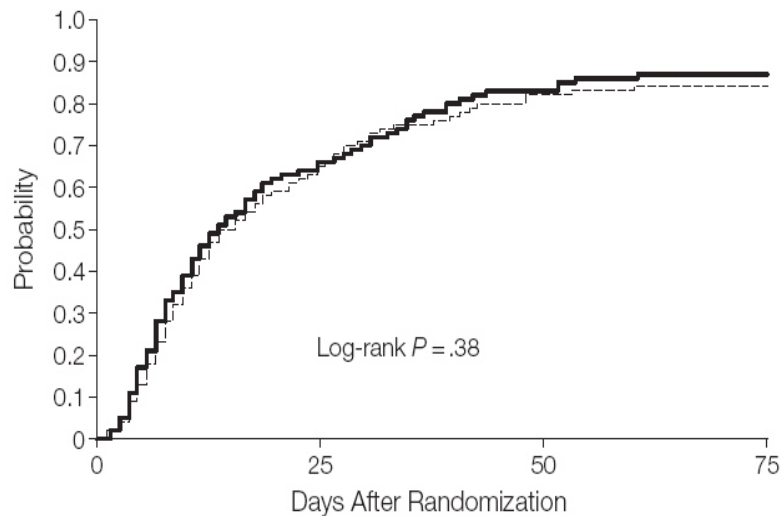
(RR, 0.56) CI, 0.34-0.93; $P = .03$

- eligible use of **rescue therapies** (5.1% VS 9.3%)

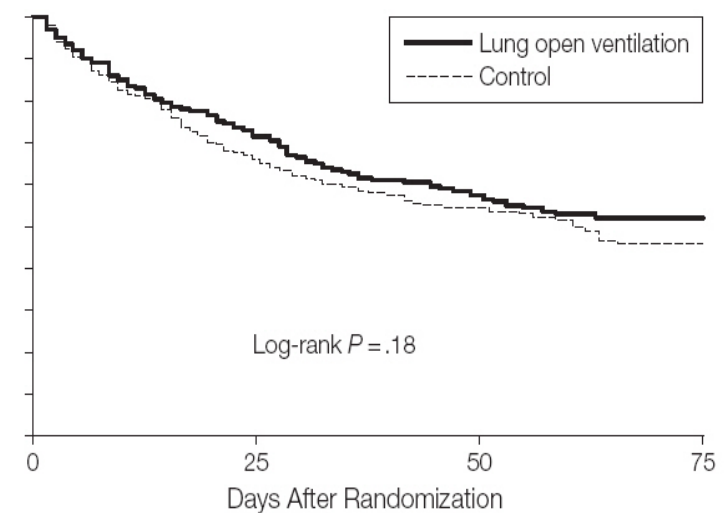
- (RR, 0.61) CI, 0.38-0.99; $P = .045$

Probabilities of Survival and Unassisted Breathing Among Patients in the Lung Open Ventilation and Control Groups

Breathing independently



All-cause mortality



No. at Risk

Lung open ventilation	475	99	23	11	475	223	91	43
Control ventilation	508	95	26	1	508	220	97	47

Recommendations

- Use Methods of preference: PCV, sustained inflation.
 - Safer, “multiple”, effective, maintains ventilation, simple
- Monitor hemodynamics during recruiting interval.
- Repeat recruiting maneuver after position change, circuit break, or deterioration of Mechanics or PaO₂
- Consider multiple RMs and high pressures in refractory cases.
- Employ PEEP and/or Prone Position to consolidate RM benefit.

สรุป

- **recruitment maneuver** จะเพิ่มออกซิเจนให้กับผู้ป่วย และลด **intrapulmonary shunt** และเพิ่ม **pulmonary compliance** โดยการเปิดถุงลมที่แฟบทั้งหมด
- **recruitment maneuver** จะได้ประโยชน์มากในผู้ป่วยที่เกิด **ARDS** จากสาเหตุอื่นๆ ที่ไม่ได้เกิดจากพยาธิสภาพที่ปอดโดยตรง
- การทำ **recruitment maneuver** ในช่วงแรกของการดำเนินโรคใน **ARDS** จะได้ผลดีกว่าการทำเมื่อผู้ป่วยมี **ARDS** หลายวันแล้ว
- เมื่อทำ **recruitment maneuver** แล้ว การรักษาระดับ **PEEP** ให้มากพอ เพื่อป้องกันถุงลมแฟบ (**alveolar collapse**) การทำ **recruitment maneuver** โดยใช้ระดับของ **PEEP** น้อยเกินไปจะเกิดผลเสียได้
- การทำ **recruitment maneuver** อาจเกิดภาวะแทรกซ้อน ที่สำคัญคือ **hypertension** และ **barotrauma**