

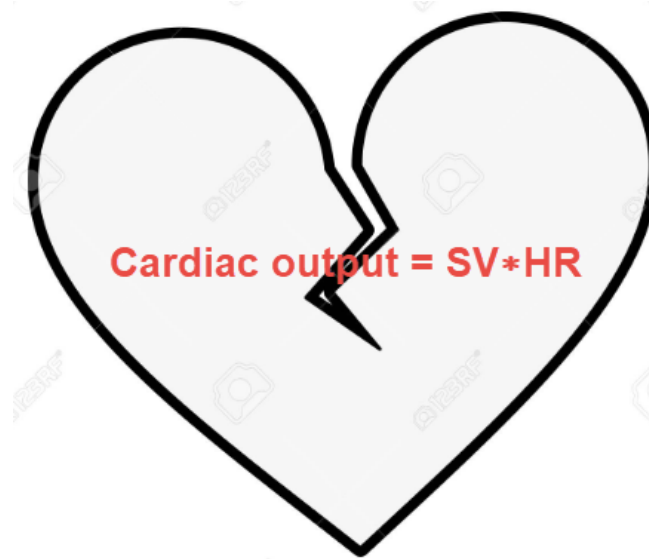
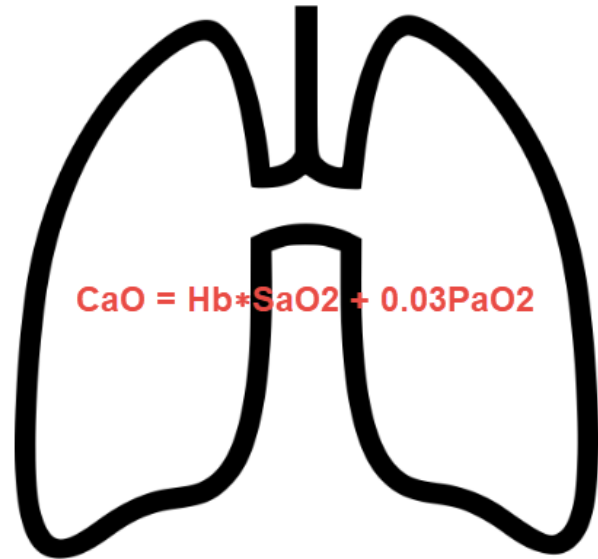


Ảnh hưởng huyết động của thông khí áp lực dương

(hemodynamic effects of positive pressure ventilation)

Lê Hữu Thiện Biên
Bộ môn HS-CC-CĐ

Tương tác tim-phổi trong cung cấp oxy



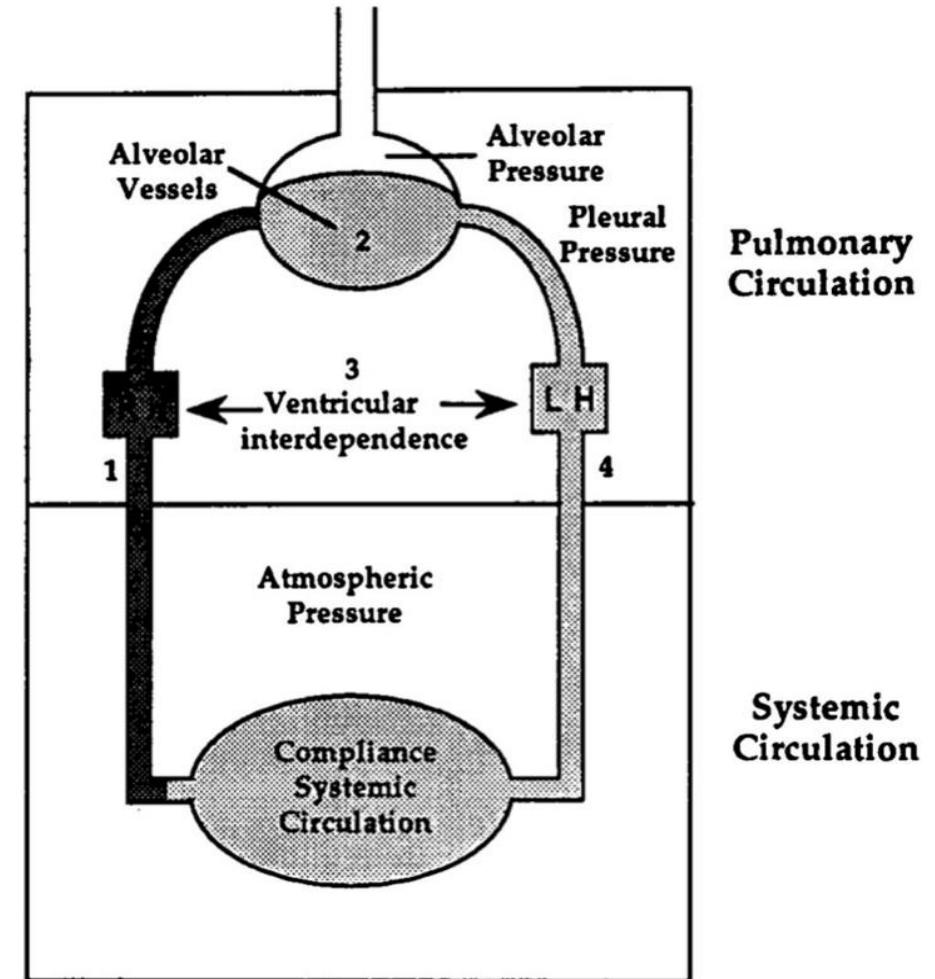
Oxygen delivery = cardiac output * oxygen content

Nội dung

- Một số vấn đề chung
- Ảnh hưởng của thông khí áp lực dương (PPV: positive pressure ventilation) trên thất phải
- Ảnh hưởng của PPV trên thất trái
- Các tình huống đặc biệt
 - Ảnh hưởng của PEEP
 - Nghiệm pháp huy động phế nang
 - Thở máy tư thế nằm sấp
- Theo dõi và ổn định huyết động trên bệnh nhân thở máy

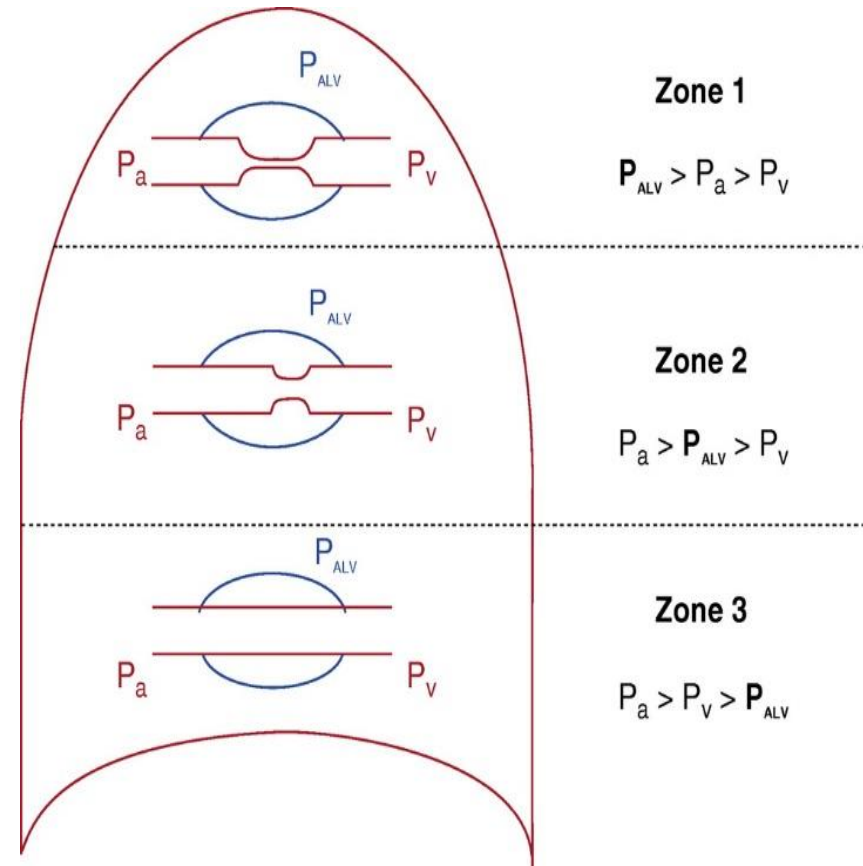
Cơ chế tác động của PPV trên huyết động

- Thay đổi áp suất màng phổi (thay đổi áp suất xuyên lồng ngực: trans-thoracic pressure) ảnh hưởng đến các mạch máu xuyên lồng ngực
 - Tĩnh mạch chủ: tiền tải thất phải
 - Động mạch chủ: hậu tải thất trái
- Thay đổi áp suất trong lồng ngực (ITP: intra-thoracic pressure) ảnh hưởng đến các mạch máu trong lồng ngực (qua thay đổi thể tích phổi)
 - Động mạch phổi: hậu tải thất phải
 - Tĩnh mạch phổi: tiền tải thất trái
- **Áp suất đường thở trung bình** là chỉ số quan trọng nhất quyết định ảnh hưởng trên huyết động

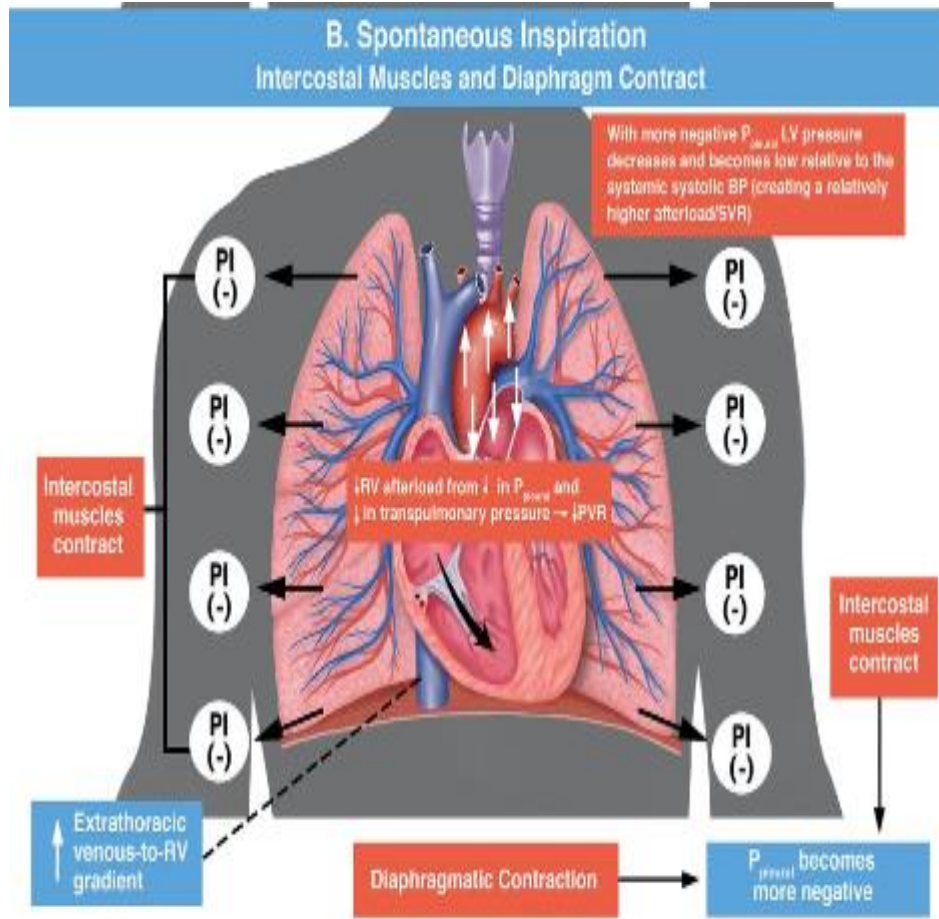


Ảnh hưởng của West zone trên tuần hoàn phổi

- Thông khí áp lực dương tăng áp suất phế nang >> tăng áp lực động mạch phổi, tĩnh mạch phổi
- Chuyển zone 3 thành zone 2, zone 1
- $P_{ALV} > P_v$: sung huyết phổi
- $P_{ALV} > P_a$: áp suất phế nang trở thành hậu tải thất phải

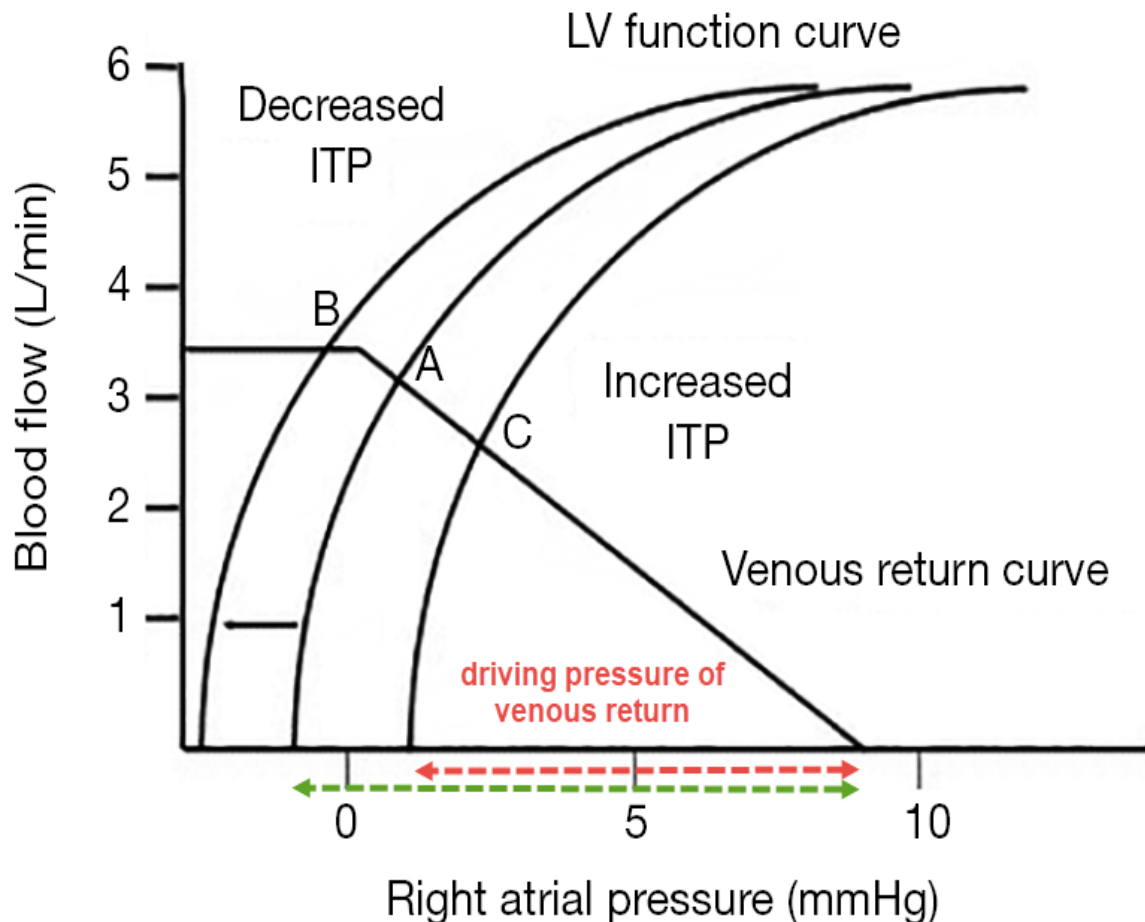


Ảnh hưởng huyết động của thở tự nhiên



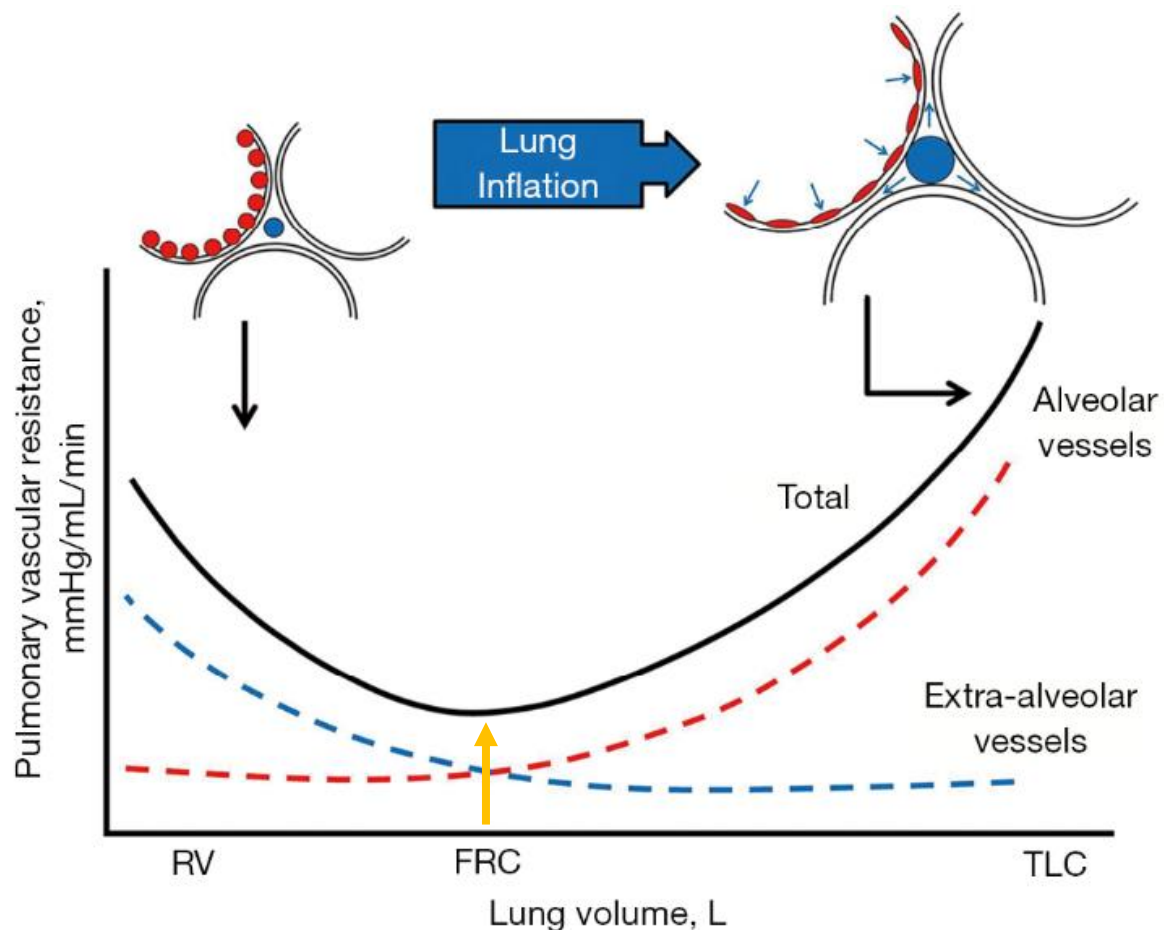
- Thất phải
 - Tăng tiền tải: giảm áp lực RA, tăng áp lực hệ thống trung bình/tăng áp lực ổ bụng
 - Giảm hậu tải
- Thất trái
 - Tiền tải thất trái chủ yếu qua trung gian cung lượng tim phải
 - Tăng hậu tải: tăng áp suất xuyên thành LV (không đáng kể vì thay đổi áp suất màng phổi khá nhỏ)

Ảnh hưởng của PPV lên tiền tải RV



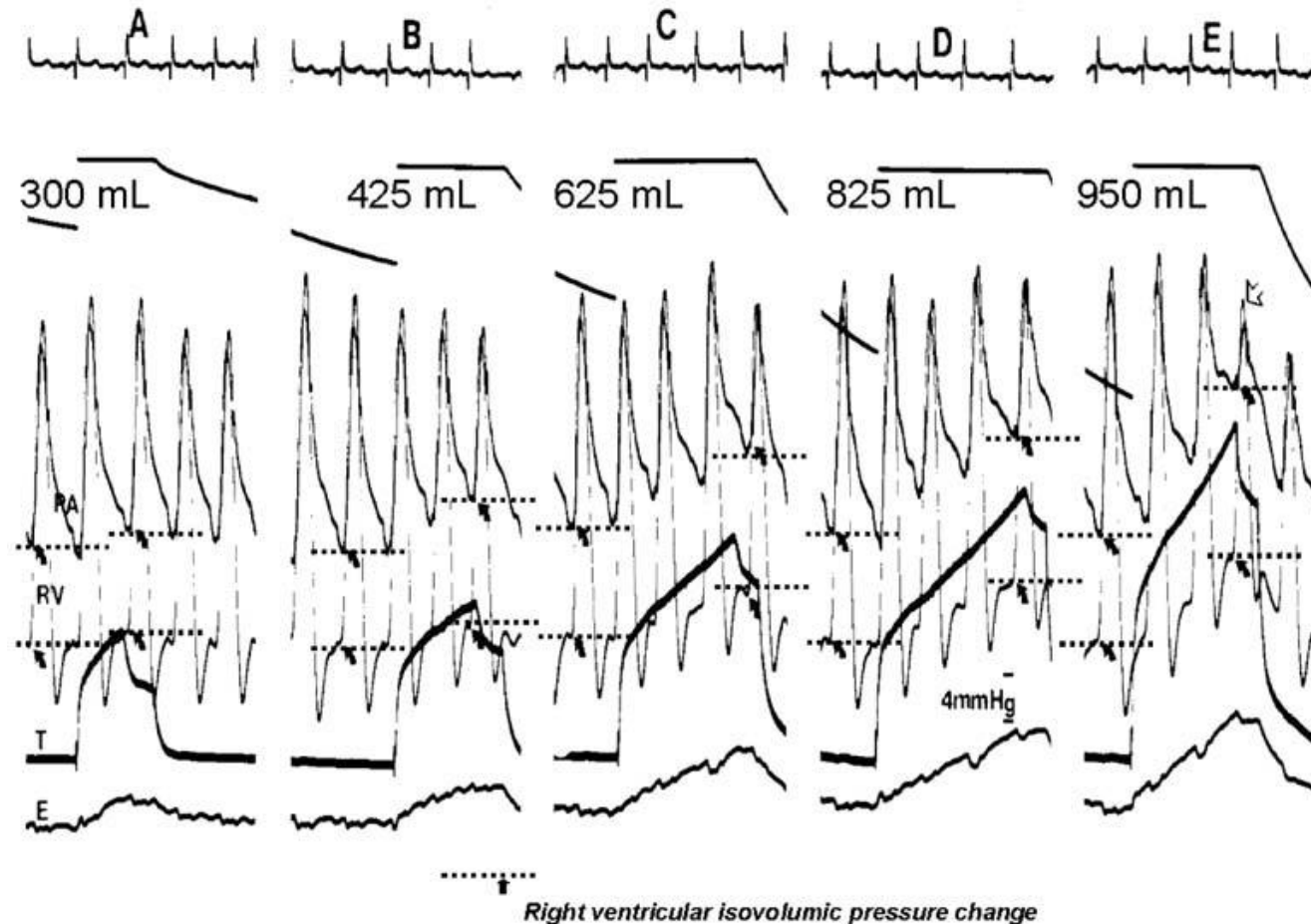
- PPV tăng áp lực nhĩ phải → giảm driving pressure hồi lưu tĩnh mạch
- Giảm độ dẫn nở RV do tăng ITP
- Các yếu tố chi phối
 - Độ dẫn nở nhu mô phổi
 - Tình trạng phụ thuộc tiền tải
- Các yếu tố bảo vệ
 - Tăng áp lực hệ thống trung bình (MFSP: mean systemic filling pressure): tăng áp lực ổ bụng...muộn hơn tăng P_{RA}
 - Tăng trương lực giao cảm
 - Tăng co bóp cơ tim

Ảnh hưởng của PPV lên hậu tải RV



- PPV tác động lên hậu tải RV thông qua thay đổi thể tích phổi
 - Xẹp phổi (thể tích phổi thấp): tăng sức cản mạch ngoài phế nang
 - Ứ khí phế nang (thể tích phổi quá cao): tăng sức cản mạch phế nang
 - Sức cản mạch phổi thấp nhất ở dung tích cận chức năng
- Nếu $P_{AVL} > P_a, P_v$ (zone 1,2): tăng sức cản động mạch phổi, ít xảy ra nếu có suy tim trái

Ảnh hưởng của PPV lên thất phải



- Tăng dần Vt → tăng dần áp suất thực quản (E) và áp suất đường thở (T)
- Áp suất động mạch phổi (PA) và áp lực thất phải (RV) tăng dần
- Áp lực mạch động mạch phổi (*pulmonary pulse pressure*) giảm dần

Tóm tắt ảnh hưởng của PPV trên RV

- Giảm tiền tải thất phải
 - Gây rối loạn huyết động trong giai đoạn sớm (sau đó MSFP tăng bù trừ)
 - Cơ chế chính gây tụt huyết áp trên bệnh nhân phụ thuộc tiền tải
- Tăng hậu tải thất phải
 - Gây rối loạn huyết động trong giai đoạn muộn
 - Xảy ra khi có ứ khí phế nang (West zone 3 → West zone 1)
 - Cơ chế chính gây tụt huyết áp trên bệnh nhân có RLCN thất phải
- Các yếu tố quyết định
 - Tình trạng thể tích tuần hoàn
 - Chức năng tim (phải)
 - Phân phối thông khí, độ dẫn nở nhu mô phổi
 - Mức độ tăng áp suất lồng ngực, áp suất màng phổi: Vt, PEEP

Ảnh hưởng của PPV lên tiền tải LV

- Giảm cung lượng tim phải → giảm tiền tải LV
- Giảm hồi lưu tĩnh mạch → giảm RVEDV, giảm đẩy vách liên thất → tăng tiền tải/thể tích nhất bóp (mạch nghịch đảo ngược)
- Tăng hậu tải thất phải → tăng RVEDV, đẩy vách liên thất sang trái → giảm tiền tải LV
- Tăng áp suất lồng ngực → huy động máu mao mạch phổi
- Chèn ép trực tiếp nhĩ trái, thất trái

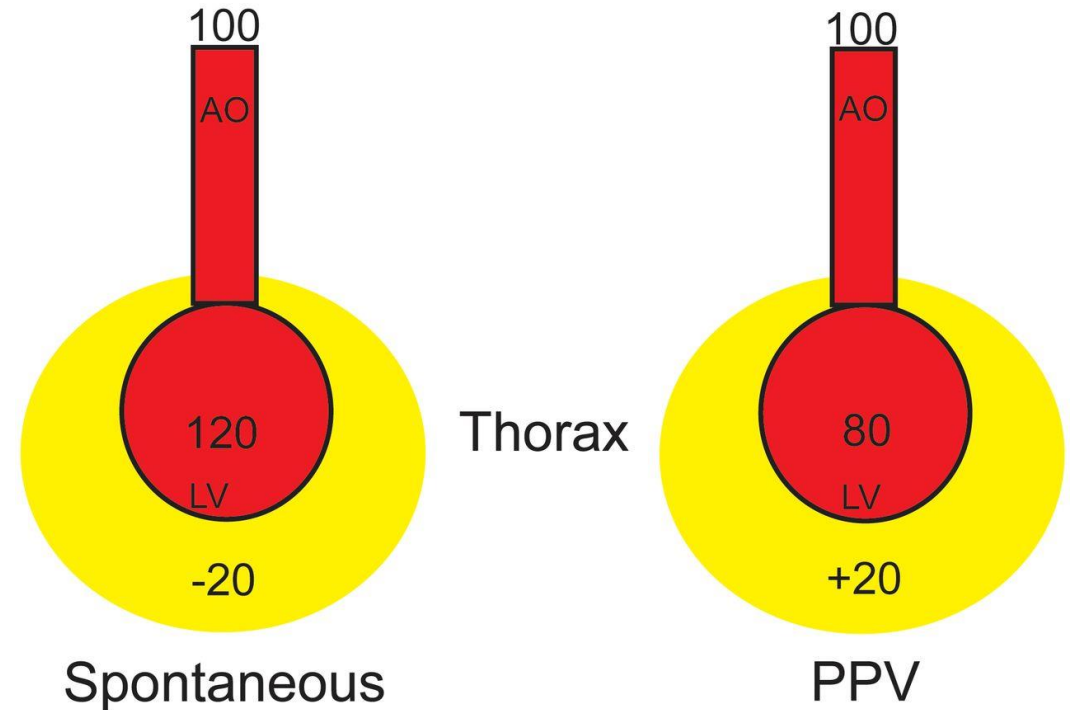
Iliopoulos. Cardiopulmonary interactions in adults and children with congenital heart disease. Progress in Pediatric Cardiology 39 (2015) 151–156

Bronicki. Cardiopulmonary interactions. Pediatr Crit Care Med 2016; 17:S182–S193

Vistisen. What the anaesthesiologist needs to know about heart-lung interactions. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology 33 (2019):165-177

Ảnh hưởng của PPV lên hậu tải LV

- Tăng áp suất lồng ngực → tăng áp suất động mạch chủ → giảm trương lực giao cảm, giảm áp suất xuyên thành (hậu tải) thất trái
- Cơ chế tác động chính của PPV trong suy tim trái → có thể bộc lộ/làm nặng suy tim trái khi ngưng thông khí hỗ trợ



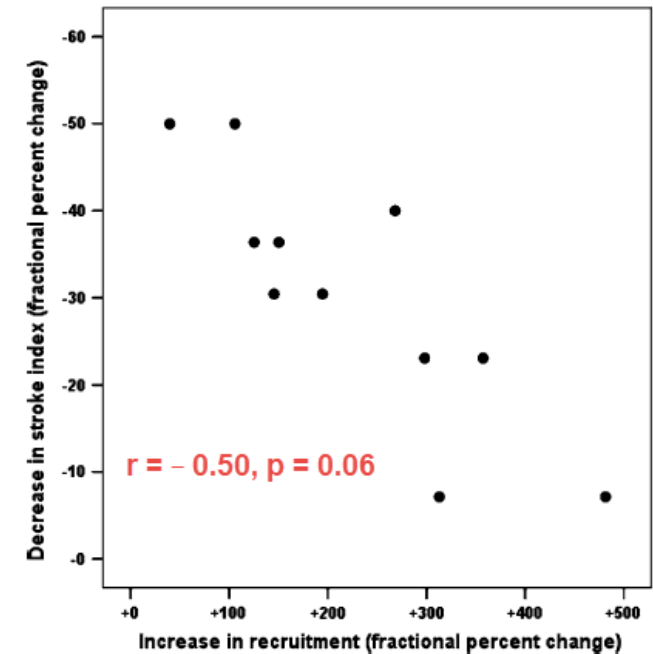
Tóm tắt ảnh hưởng của PPV trên LV

- Gây giảm tiền tải trên bệnh nhân không suy tim, cải thiện chức năng tim
- Ảnh hưởng chủ yếu hậu tải trên bệnh nhân suy tim → có thể góp phần gây phù phổi do cai máy (weaning-induced pulmonary edema)

Ảnh hưởng của PEEP trên RV

Table 3 Echocardiographic variables

	LP strategy	HP/HR strategy	HP/LR strategy
LV ejection fraction (%)	62 (57-71)	64 (49-67)	59 (53-66)
LV fractional area contraction (%)	58 (55-65)	57 (53-70)	62 (54-65)
LV maximal systolic elastance (mmHg/mL)	5.5 (3.9-6.3)	5.2 (4.1-6.6)	5.4 (4.3-7.2)
Superior vena cava collapsibility index (%)	0 (0-26)	0 (0-8)	0 (0-23)
RV stroke index (cm ³ /m ²)	22 (20-32)	17 (10-26)*	16 (11-27)*
Cardiac index (L/min/m ²)	2.60 (1.53-3.54)	1.87 (1.16-2.98)*	1.89 (1.38-3.35)*
End-systolic eccentricity index	1.10 (1.02-1.25)	1.19 (1.07-1.54)*	1.28 (1.00-1.52)*
End-diastolic RV/LV area ratio	0.64 (0.56-0.77)	0.85 (0.62-1.10)*	1.0 (0.69-1.20)*#
End-diastolic RV/LV area ratio >0.6	7 (64%)	9 (82%)	9 (82%)



11 ARDS nặng (PF < 150): PEEP thấp (5-6 cmH₂O), PEEP cao (10-11 cmH₂O). P_{plat} giữ không đổi bằng điều chỉnh Vt, đánh giá riêng tác động của tăng ITP và PEEP
 Cả 2 mức PEEP **không ảnh hưởng tiền tải RV**: chỉ số đè xẹp TMC trên, diện tích cuối tâm trương RV
 PEEP cao làm tăng tỷ lệ RV/LV cuối tâm trương, giảm chỉ số nhát bóp thất phải (RV stroke index)
 Chỉ số tim tương quan âm với tỷ lệ huy động phế nang

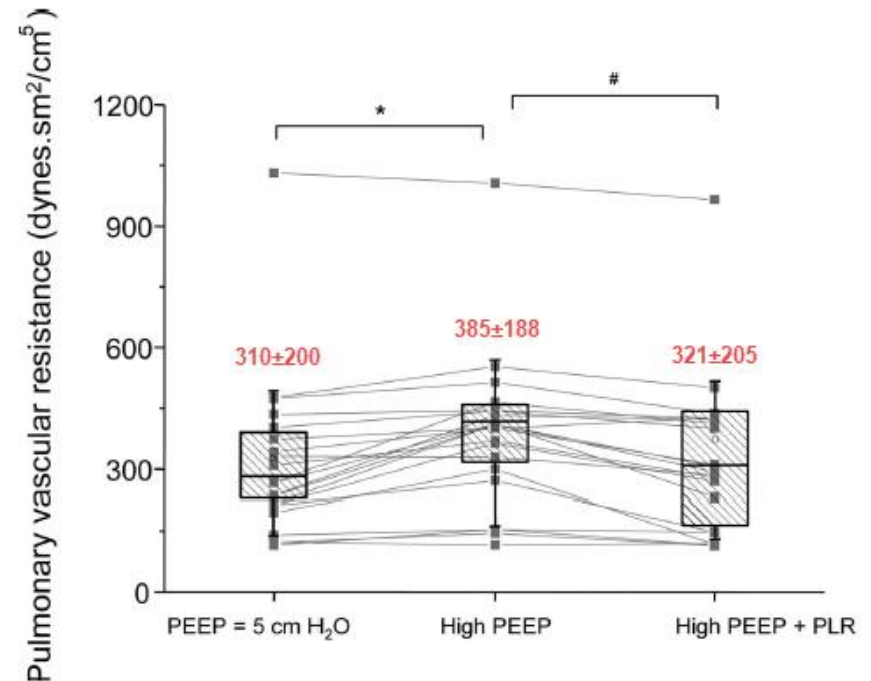
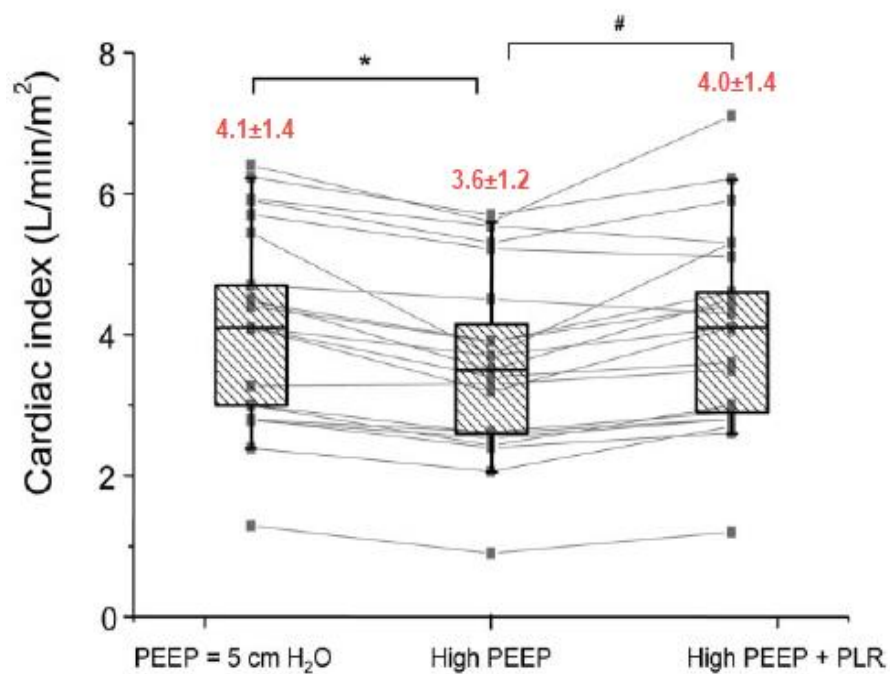
Vai trò của TTH trong ảnh hưởng của PEEP trên hồi lưu tĩnh mạch

Table 1. Effect of PEEP and blood volume on hemodynamics

	PEEP 5 cmH ₂ O, n = 9	PEEP 10 cmH ₂ O, n = 9	P‡	Euvolemia PEEP 5 cmH ₂ O, n = 8	Bleeding PEEP 5 cmH ₂ O, n = 8	Hypervolemia PEEP 5 cmH ₂ O, n = 8	P‡
Heart rate, beats/min	100 (29)	96 (23)	0.685	102 (21)	129 (31)	106 (20)	0.001
MAP, mmHg	63 (7)	61 (12)	0.609	60 (10)	50 (11)	63 (12)	0.012
PAP, mmHg	18 (3)	20 (3)	0.018	19 (3)	17 (3)	23 (3)	<0.001
RAP, mmHg	5.9 (1.6)	7.5 (1.4)	<.001	5.9 (1.6)	5.1 (1.7)	8.2 (1.9)	<0.001
ΔRAP _{tm_{exp}} *, mmHg		0.26 (1.02)	0.496		0.29 (0.62)	0.98 (1.26)	0.033
Q _{PA} , l/min	2.75 (0.43)	2.56 (0.45)	0.094	2.80 (0.46)	2.20 (0.42)	3.27 (0.42)	<0.001
MSFP _{RAO} , mmHg	12.9 (2.5)	14.0 (2.6)	0.002	13.0 (2.8)	10.8 (2.2)	16.4 (3.0)	<0.001
VRdP, mmHg	7.0 (2.2)	6.5 (2.3)	0.033	7.0 (2.4)	5.7 (1.7)	8.2 (2.2)	<0.001
RVR, mmHg/l ⁻¹ ·min	2.53 (0.52)	2.53 (0.63)	0.945	2.49 (0.59)	2.60 (0.58)	2.50 (0.52)	0.489
Blood volume†, ml/kg	Before PEEP changes 96 (14)			Before bleeding 98 (16)	After bleeding 89 (15)	In hypervolemia 113 (21)	0.008

- Gây mất máu 6 ml/kg, gây tăng thể tích tuần hoàn (truyền gấp đôi lượng máu mất)
- Đánh giá 2 mức PEEP 5, 10 cmH₂O
- MFSP: tắc nhĩ trái. CO: probe đm phổi
- PEEP: tăng RAP, nhưng cũng tăng MSFP → driving pressure hồi lưu tĩnh mạch giảm ít (cơ chế: giảm sức cản hồi lưu tĩnh mạch tạng)
- PEEP càng cao thì càng driving pressure càng giảm
- **Tình trạng thể tích tuần hoàn (thấp) có thể làm tăng tác động của PEEP trên hồi lưu tĩnh mạch**

Vai trò của TTH trong ảnh hưởng của PEEP trên hậu tải RV

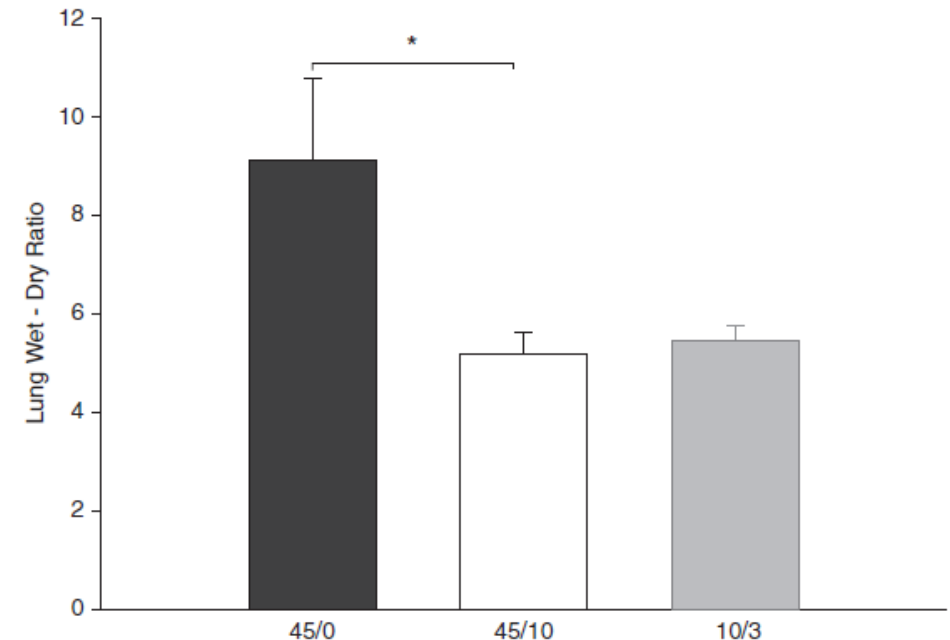


21 bệnh nhân ARDS nặng (PF < 150): PEEP thấp (5), PEEP cao (P_{plat} 30)
PEEP cao làm giảm cung lượng tim do tăng áp lực xuyên mạch (MPAP – PAOP)
PLR tăng cung lượng tim do giảm áp lực xuyên mạch, biến zone 2 thành zone 3 → bù dịch có thể giảm PVR, tăng cung lượng tim (trên BN thiếu dịch)

Tổn thương mao mạch phổi (vascular-induced lung injury) và PEEP

Table 1. Echocardiographic Variables (Series 3)

	45/0 (n = 4)			45/10 (n = 4)		
	Baseline	0 min	20 min	Baseline	0 min	20 min
RV area inspiration	0.07 ± 0.02	0.0*	0.13 ± 0.26*	0.08 ± 0.03	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.06
RV area expiration	0.07 ± 0.02	0.20 ± 0.06	0.55 ± 0.12 ^{††}	0.08 ± 0.03	0.16 ± 0.11	0.21 ± 0.10
LV area inspiration	0.48 ± 0.07	0.24 ± 0.02 [‡]	0.21 ± 0.11 [‡]	0.42 ± 0.07	0.34 ± 0.02	0.36 ± 0.12
LV area expiration	0.48 ± 0.07	0.37 ± 0.11	0.30 ± 0.06	0.42 ± 0.07	0.36 ± 0.06	0.40 ± 0.11
RV/LV ratio inspiration	0.15 ± 0.07	0.00 ± 0.0	1.63 ± 3.3	0.18 ± 0.04	0.43 ± 0.2	0.45 ± 0.09
RV/LV ratio expiration	0.15 ± 0.07	0.61 ± 0.36	1.9 ± 0.6 ^{††}	0.18 ± 0.04	0.43 ± 0.23	0.52 ± 0.12
RV SV inspiration	0.48 ± 0.15	0.07 ± 0.13*	0.0 ± 0.0 ^{‡†}	0.45 ± 0.1	0.16 ± 0.03*	0.15 ± 0.07*
RV SV expiration	0.61 ± 0.1	0.8 ± 0.17 [‡]	0.44 ± 0.15 [†]	0.57 ± 0.04	0.55 ± 0.08	0.51 ± 0.07
LV SV inspiration	0.47 ± 0.1	0.23 ± 0.07*	0.11 ± 0.13 ^{*††}	0.42 ± 0.07	0.26 ± 0.05*	0.27 ± 0.06*
LV SV expiration	0.59 ± 0.15	0.51 ± 0.16	0.36 ± 0.17	0.55 ± 0.1	0.47 ± 0.1	0.52 ± 0.05
RVET/PAAT inspiration	2.67 ± 0.23	—	—	2.75 ± 0.49	2.68 ± 0.39	3.12 ± 1.1
RVET/PAAT expiration	2.67 ± 0.23	3.9 ± 0.63	3.28 ± 0.68	2.75 ± 0.49	2.8 ± 0.48	2.92 ± 0.47
Eccentricity diastole	1.03 ± 0.04	1.2 ± 0.27	1.55 ± 0.27	0.96 ± 0.16	1.27 ± 0.13	1.35 ± 0.16
Eccentricity systole	1.09 ± 0.15	1.27 ± 0.4	2.98 ± 0.75 ^{††}	1.04 ± 0.41	1.48 ± 0.35	1.69 ± 0.30
Fractional shortening	52.8 ± 3.9	45.5 ± 3.8	41.6 ± 4.3	49.4 ± 2.1	44.0 ± 1.4	41.3 ± 4.7



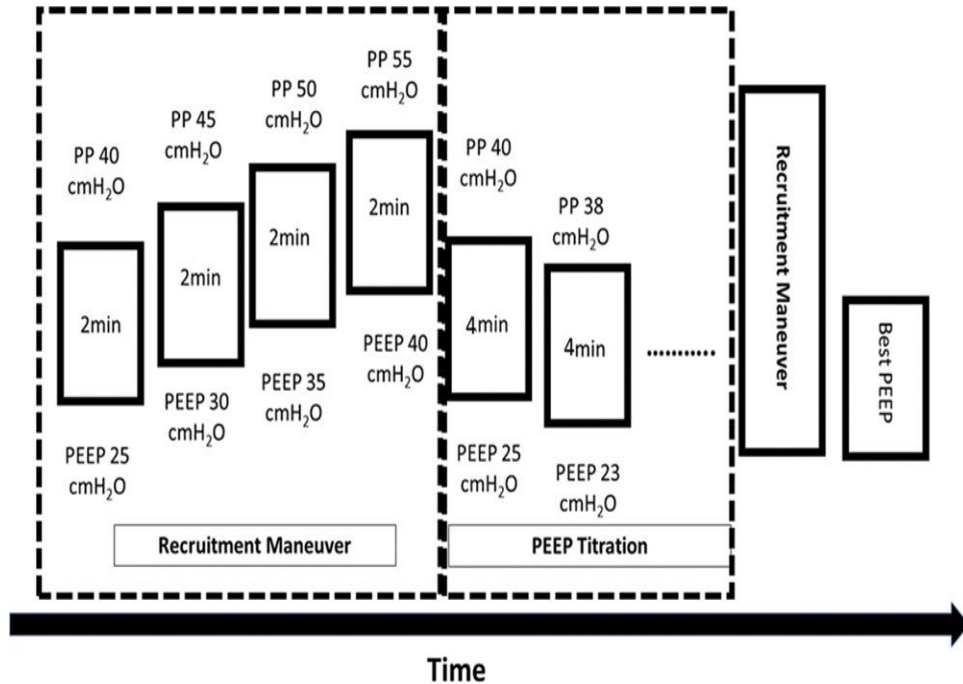
Chuột thông khí với PIP 40 cmH₂O không có PEEP (10 cmH₂O)

PEEP giảm dao động lưu lượng tuần hoàn phổi (RV SV) theo chu kỳ hô hấp → giảm phù phổi

Một số nghiên cứu về ảnh hưởng huyết động của RM

Nghiên cứu	Kết quả	Chú thích
Nielsen (<i>ICM</i> 2005;31:1189–1194)	RM 10 giây, CO giảm 3.0 ± 1.1 lít/phút RM 20 giây, CO giảm 3.6 ± 1.2 lít/phút	
Lim (<i>Crit Care Med</i> 2004; 32:2378 –2384)	CO giảm nhiều nhất: (1) RM bằng phương pháp sustained insuflation (so với incremental PEEP, pressure control), (2) ARDS do viêm phổi CO về mức nền sau khoảng 15 phút Giảm CO kéo dài tùy thuộc mức PEEP sau huy động phế nang (post RM-PEEP)	Chọn tùy ý 3 mức PEEP sau RM: 8, 12 và 16 cmH ₂ O
Grasso (<i>Anesthesiology</i> 2002; 96:795–802)	CO/non-recruiter giảm $31 \pm 2\%$ CO/recruiter giảm $2 \pm 1\%$	Recruiter: P/F tăng > 50% Non-recruiter: độ dẫn nở lồng ngực kém → tăng ITP WHAT IS GOOD FOR THE LUNG IS GOOD FOR THE HEART

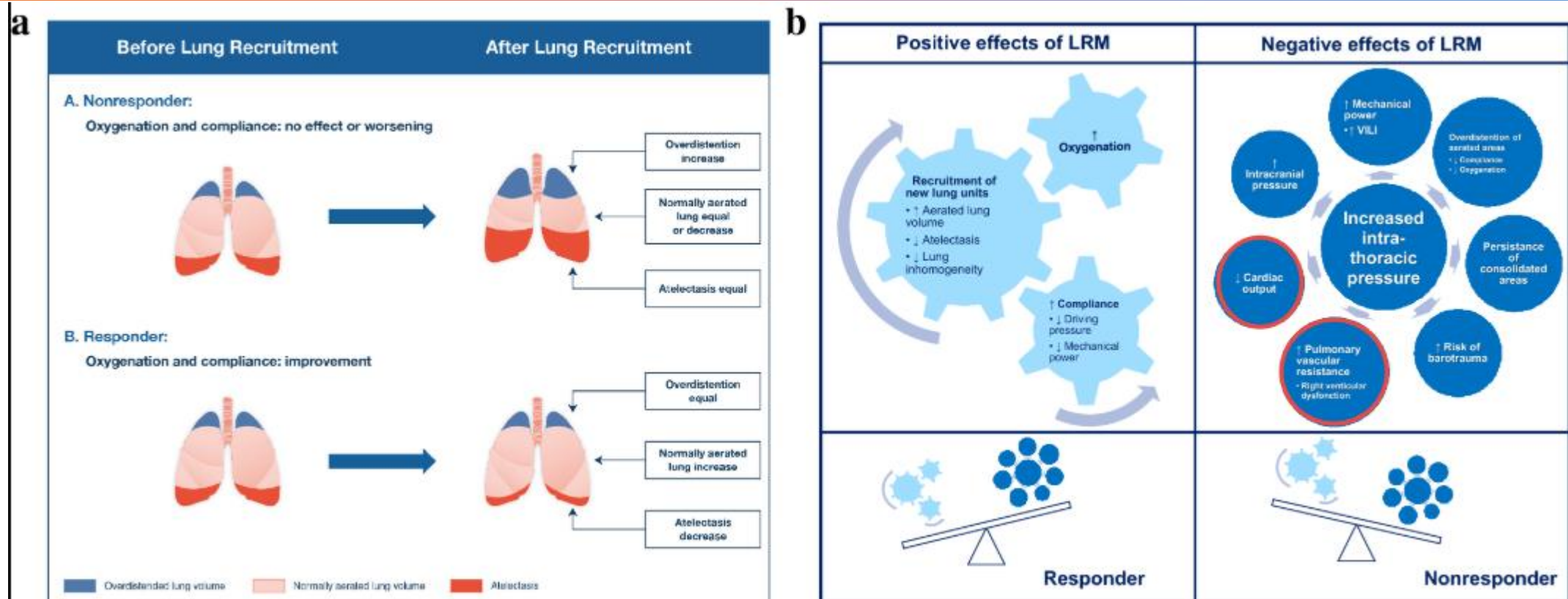
So sánh ảnh hưởng huyết động giữa Recruiter và Non-recruiter



	Nền		Recruitment maneuver		Best PEEP	
	R	NR	R	NR	R	NR
CVP	12±2	16±8	20±5	23±5	11±2	17±6
CO	6,2±2,1	5,4±1,9	5,2±2,2	3,9±2,2	6,2±2,3	5,6±1,7
EF	59±15	59±13	54±20	43±15	66±19	58±12
SV/LVEDA	2,12±0,64	2,14±1,1	2,28±0,68	1,64±0,54	2,38±0,72	1,87±0,4
RVEDA	18±3	18±5	20±5	21±5	17±4	19±5
TAPSE(cm)	2,1±0,7	1,8±0,5	1,6±0,6	1,4±0,7	2,1±0,6	1,7±0,4

20 bệnh nhân ARDS vừa/nặng, RM: incremental PEEP. Best PEEP: decremental PEEP
 Đánh giá siêu âm tim 3 thời điểm: trước RM, RM tối đa, 1 giờ sau khi cài đặt PEEP tối ưu
 Decremental PEEP (sau khi đã mở phổi) phân phối khí đồng đều (nhất là trên recruiter)

Phân tích gộp về ảnh hưởng huyết động của RM



14 nghiên cứu (3185 bệnh nhân), 4 nghiên cứu ghi nhận rối loạn huyết động
 OR 1.19 (1.06 – 1.33), có thể triệt tiêu hiệu quả cải thiện trao đổi khí

Ảnh hưởng huyết động tức thì của PP

TABLE 2. RESPIRATORY, HEMODYNAMIC, ECHOCARDIOGRAPHIC, AND OXYGEN-DERIVED VARIABLES DURING THE STUDY PROTOCOL ACCORDING TO THE CHANGE IN CARDIAC INDEX DURING PRONE POSITIONING

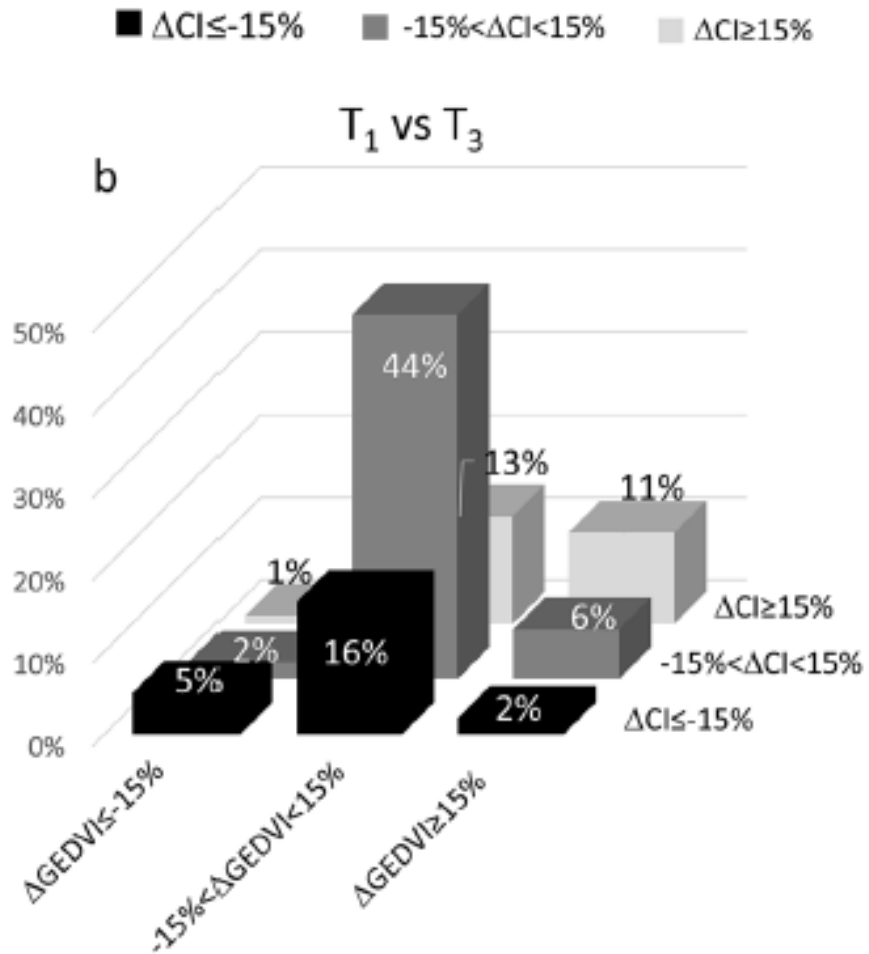
	Nonsignificant Change in Cardiac Index during Prone Positioning (n = 9)		Significant Change in Cardiac Index during Prone Positioning (n = 9)	
	Supine Position	Prone Position	Supine Position	Prone Position
Respiratory variables				
Tidal volume, ml/kg of predicted body weight	6.4 (6.0–6.9)	6.4 (6.0–6.9)	6.5 (6.0–7.0)	6.4 (6.0–7.0)
PEEP, cm H ₂ O	13 (11–15)	15 (11–15)	14 (12–15)	14 (12–15)
Auto PEEP, cm H ₂ O	1 (0–2)	1 (0–3)	2 (1–2)	2 (1–3)
Plateau pressure, cm H ₂ O	30 (0–0)	30 (0–0)	30 (0–0)	30 (0–0)
Respiratory rate, cycles/min	35 (30–35)	35 (30–35)	35 (29–35)	35 (29–35)
Respiratory system compliance, ml/cm H ₂ O	25 (21–27)	26 (22–34)	23 (22–27)	26 (21–30)
Pa _{O₂} /Fi _{O₂} , mm Hg	132 (122–200)	218 (169–306)*	137 (79–154)	160 (134–202)*
Pa _{CO₂} , mm Hg	36 (30–43)	37 (27–43)	33 (30–37)	30 (27–37)
Hemodynamic variables				
Cardiac index, L/min/m ²	3.2 (2.8–3.6)	3.3 (2.8–3.9)	3.0 (2.3–3.5)	3.6 (3.2–4.4)*
PLR-induced increase in cardiac index, %	4 (3–6)	—	13 (10–23) [†]	—
Heart rate, beats/min	104 (78–115)	90 (77–113)	76 (72–96)	89 (67–103)
Stroke volume, ml/m ²	38 (31–44)	36 (32–45)	34 (29–47)	42 (38–58)*
Mean arterial pressure, mm Hg	78 (70–84)	82 (75–91)*	81 (78–90)	90 (88–93)
Right atrial pressure, mm Hg	10 (6–12)	16 (14–18)*	15 (13–18) [†]	17 (16–23)*
Mean pulmonary artery pressure, mm Hg	34 (31–36)	31 (28–34)	33 (32–45)	33 (27–47)
Pulmonary artery occlusion pressure, mm Hg	17 (12–18)	19 (14–20)*	19 (17–20)	22 (19–26)*
Pulmonary artery mean-occlusion pressure gradient, mm Hg	17 (14–20)	15 (9–16)*	16 (14–23)	11 (9–21)*
Pulmonary vascular resistance, dyn·s/cm ⁵ /m ²	420 (289–559)	284 (226–409)*	514 (333–885)	234 (155–549)*
Intraabdominal pressure, mm Hg	14 (10–15)	17 (13–18)*	16 (12–17)	18 (17–20)*

18 PP/ARDS, PEEP sau PP đạt Pplat 28-30 cmH₂O
PLR trước PP đánh giá dự trữ tiền tải

Cải thiện CI, tăng > 15% sau prone position

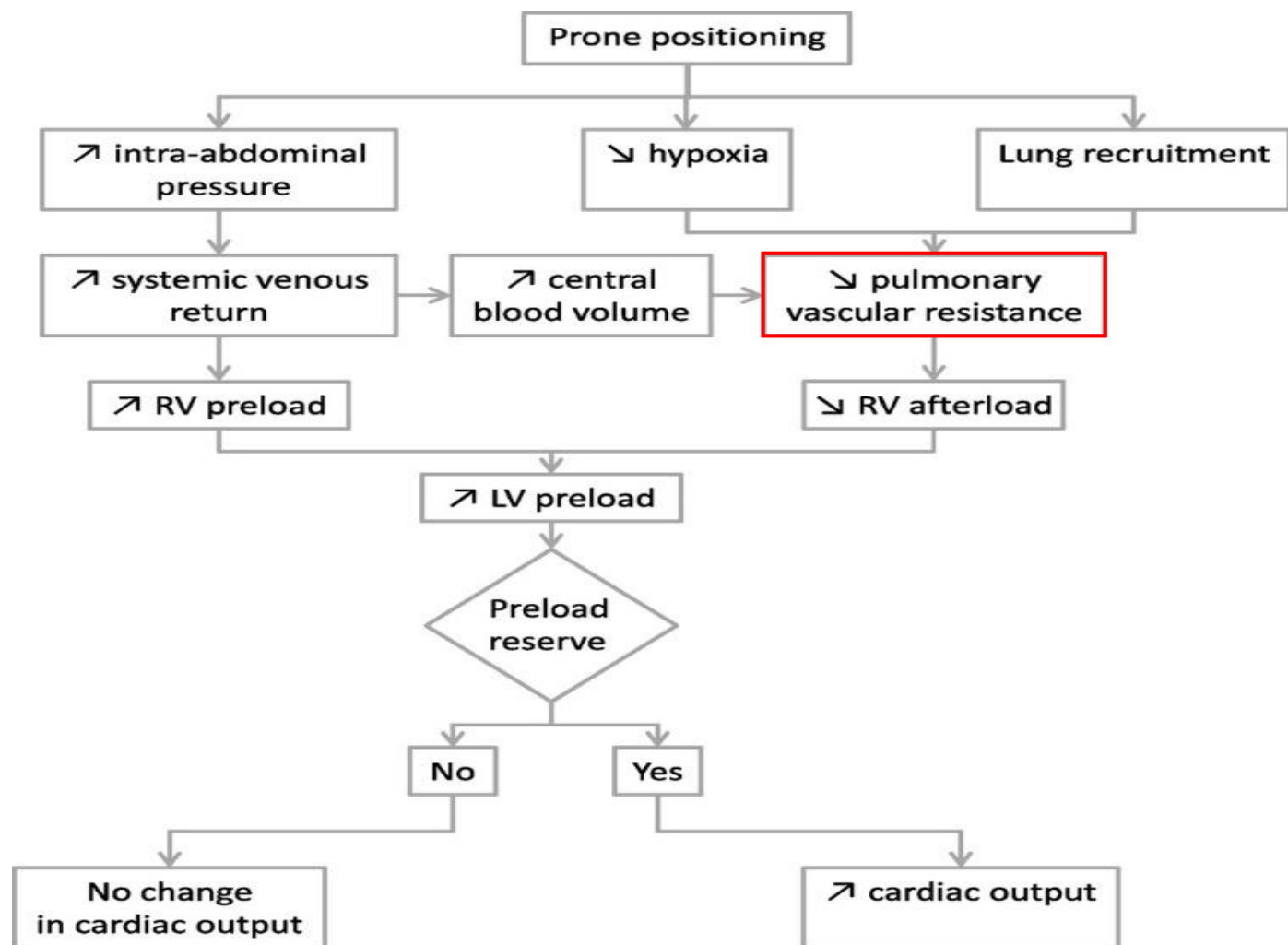
PP giảm hậu tải: zone 2 → zone 3 (tái phân phối khí)
Chỉ cải thiện CI khi bệnh nhân còn dự trữ tiền tải

Ảnh hưởng huyết động muện của PP



T1 (trước PP), T2 (đang PP), T3 (trước ngưng PP), T4 (sau khi đổi qua SP)
 Tăng CI/T2 (22%), có tương quan với CI/T3
 Giảm CI/T2 (17%)
 Giảm CI/T4 (27%), không tương quan với tăng CI/T2
CI/T1 < 2.8 → tăng CI: sen 69%, spe 76%
CI/T1 > 3.5 → giảm CI: sen 63%, spe 70%

Cơ chế cải thiện CO theo tiền tải/PP



Cơ chế chính: giảm sức cản động mạch phổi do tái phân phối khí (zone 3 → zone 2)
Không có tương quan rõ với thay đổi trao đổi khí

WHAT IS GOOD FOR THE HEART MAY NOT GOOD FOR THE LUNG

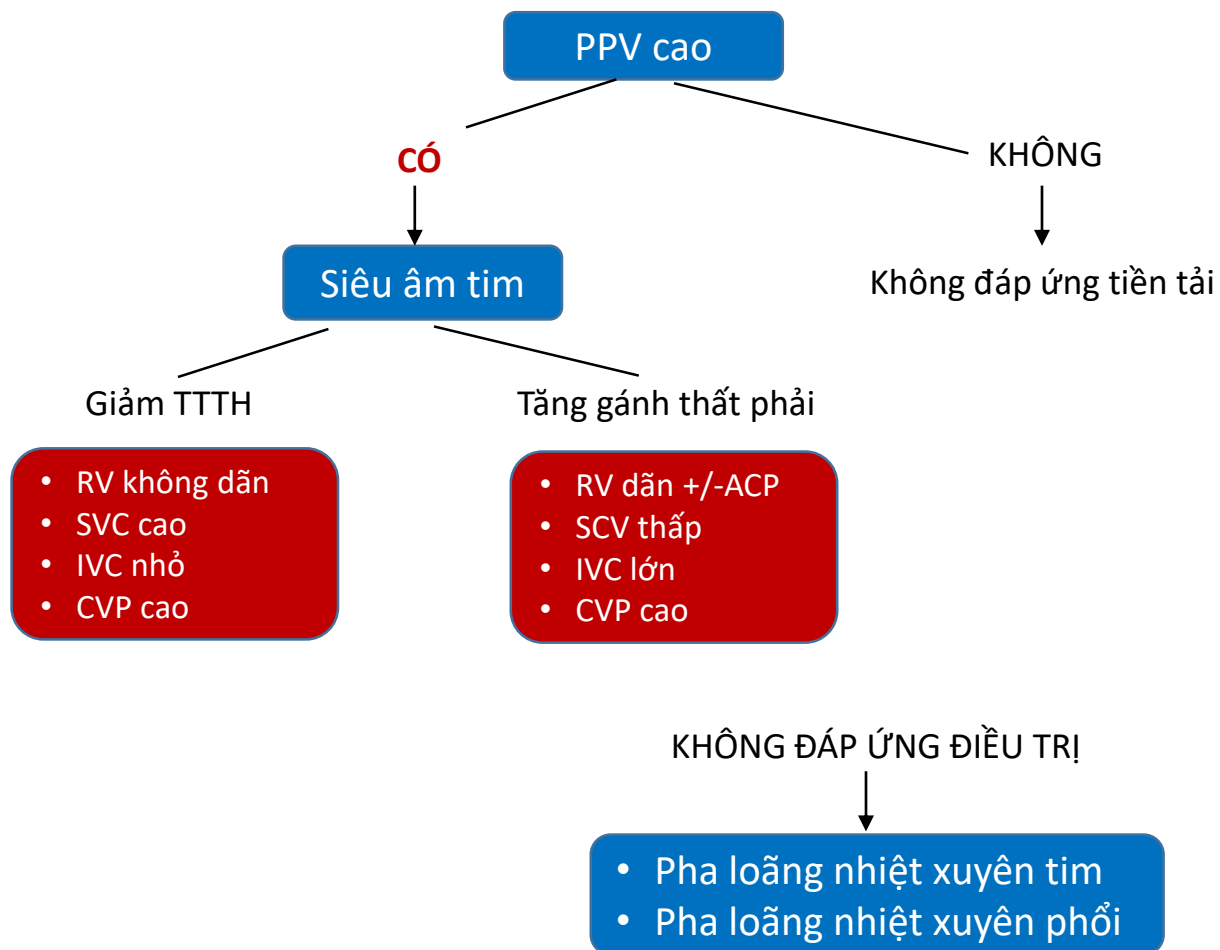
Ảnh hưởng huyết động của PP

	Ảnh hưởng	Cơ chế	Ghi chú
Có lợi	Tăng áp lực mao mạch phổi	Tái phân phối máu từ tuần hoàn tạng Tăng cung lượng tim	Huy động mao mạch phổi Không nhất quán
	Giảm sức cản mao mạch phổi	Giảm co thắt mao mạch do thiếu oxy Giảm đường kính mao mạch ngoài phế nang do huy động phế nang	Không nhất quán
	Giảm áp lực xuyên mạch	Giảm áp lực động mạch phổi Tăng áp lực mao mạch phổi bít	Chủ yếu do thay đổi PAOP, MPAP ít thay đổi
	Tăng CVP	Tái phân phối tuần hoàn tạng Chèn ép tĩnh mạch chủ	Trên bệnh nhân giảm TTTH có thể giảm CVP do xẹp IVC
	Cung lượng tim	Tái phân phối máu từ tuần hoàn tạng	Không rõ tương quan với đáp ứng tăng PaO ₂
Bất lợi	Tăng hậu tải thất trái	Chèn ép động mạch chủ bụng	Thường kèm tăng MAP
	Giảm tưới máu tạng	Tăng áp lực ổ bụng	Ít gặp
	Tăng sức cản mm thận	Tăng áp lực ổ bụng	Không ảnh hưởng tưới máu thận

Theo dõi huyết động trên bệnh nhân thở máy

- Không phải tất cả bệnh nhân thở máy đều cần theo dõi huyết động
- Những bệnh nhân có nguy cơ rối loạn huyết động (chủ yếu là rối loạn chức năng thất phải) do thở máy
 - Hội chứng suy hô hấp cấp nguy kịch (P/F < 150)
 - Cần dùng PEEP cao (>10 cmH₂O), driving pressure cao (>18 cmH₂O)
 - Tụt huyết áp, có dấu hiệu giảm tưới máu mô

Theo dõi huyết động khi có sốc



PPV: chỉ cần có catheter đm quay

- Âm tính giả: Vt thấp
- Dương tính giả: tăng áp đm phổi, không đáp ứng bù dịch dù PPV cao

CVP nhiều sau bù dịch gợi ý rối loạn chức năng thất phải

Pha loãng nhiệt xuyên tim: cung lượng tim phải, PAP, PVR

Pha loãng nhiệt xuyên phổi: cung lượng tim liên tục, thể tích dịch ngoại mạch tại phổi (EVLW)

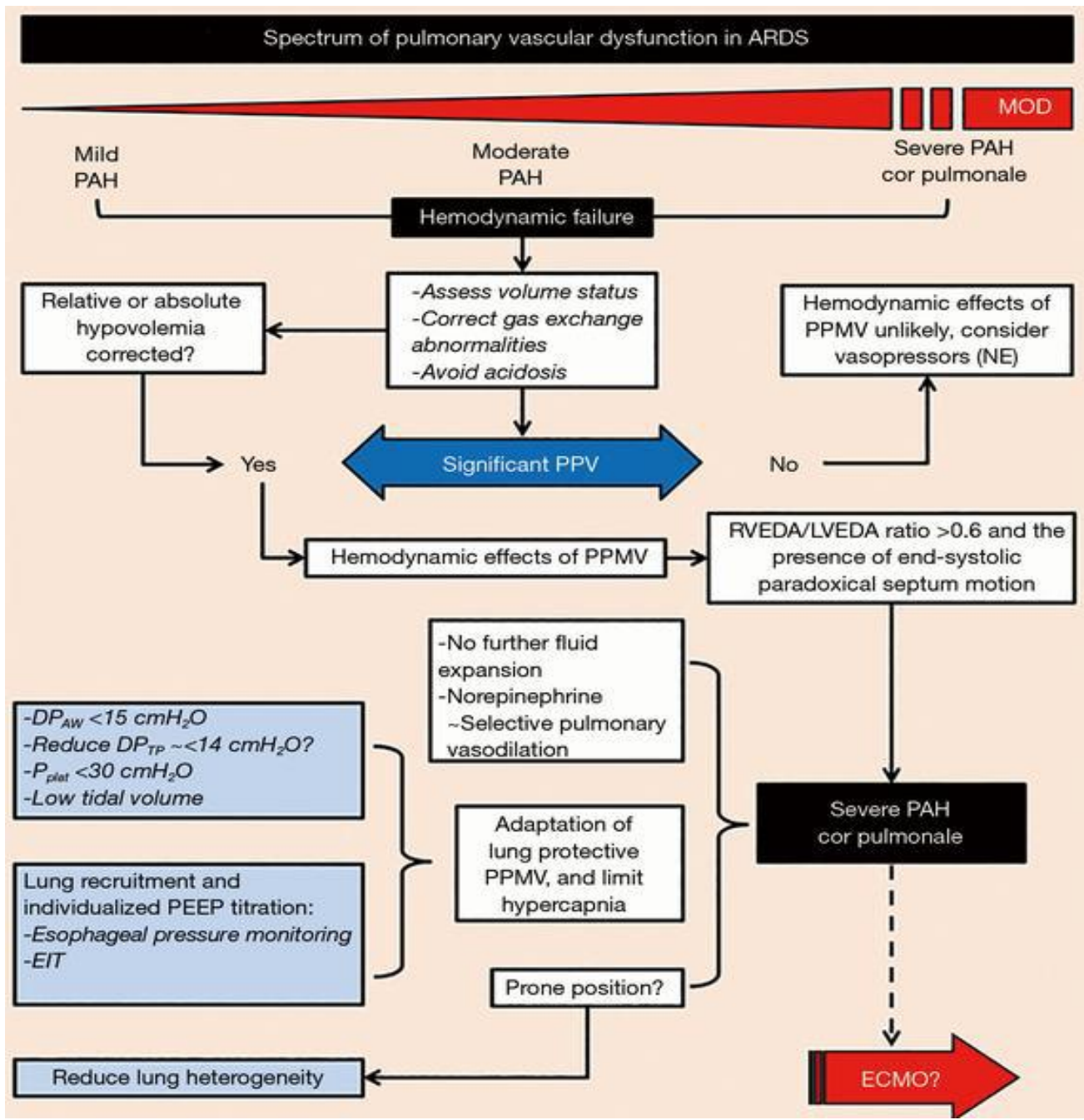
Theo dõi huyết động khi chưa có sốc

Markers of RVD (RVF predictors)

Markers of RVD	Non-LVAD cardiac surgery	LVAD cardiac surgery
Echocardiography	TAPSE $< 17 \text{ mm}^{4-7}$ Pulsed Doppler systolic myocardial velocity (S') $< 9.5 \text{ cm/s}^{4-7}$ RVFAC $< 35\%^{4-7}$ RVEF (3D) $< 45\%^{4-7}$ RIMP $> 0.43^{4-7}$ E/A < 0.8 or $> 2^{4-7}$	TAPSE $< 7.5 \text{ mm}^{34}$ RV short/long axis ratio > 0.6 (OR 4.4) ³⁶ Grade III/IV tricuspid regurgitation (OR 4.7) ³⁶ RV to LV end-diastolic diameter ratio > 0.72 (OR 11.4) ³⁷ RV peak longitudinal strain $> -9.6\%^{38}$ LVEDD $> 74 \text{ mm}$ (OR 0.6) ³⁹ Depressed free wall RV longitudinal strain ⁴⁰
Hemodynamics	CVP $> 20 \text{ mmHg}^{8,9}$ CVP $> \text{PCWP}^{8,9}$ CI $< 2.1 \text{ L/min/m}^2$ ^{8,9}	CVP $> 15 \text{ mmHg}^{41}$ CVP/PCWP $> 0.63^{33}$ CI $< 2.2 \text{ L/min/m}^2$ (OR 5.7) RVSWI $\leq 0.25 \text{ mmHg/L/m}^2$ (OR 5.1) ⁴²

Siêu âm tim nên thực hiện sớm để có thông tin nền trước khi điều chỉnh mode thở, PEEP
 CVP rất cao có giá trị gợi ý rối loạn chức năng thất phải

Ổn định huyết động cho bệnh nhân thở máy (ARDS) [Cortes-Puentes. *Ann Transl Med* 2018;6(18):353]



Bù dịch quá nhiều: tăng gánh thất phải, tăng phù phổi
 Bù dịch quá ít: giảm áp lực tĩnh mạch phổi → tăng zone 2

Áp dụng CI, EVLW trong ARDS

Table 2 Comparison of outcomes between PiCCO and control groups

Outcome variables	PiCCO group (n = 168)	Control group (n = 182)	P value
Primary outcome			
28-day mortality	83 (49.4)	90 (49.5)	0.993
Secondary outcomes			
Maximum SOFA	13 (10–15)	12 (9–14)	0.023
14-day mortality	68 (40.5)	75 (41.2)	0.889
Days on vasopressor	4 (2–6)	3 (2–6.5)	0.852
Days on MV	6 (3–12)	5.5 (3–12)	0.897
Days on CRRT	4 (3–7)	4.5 (3–7)	0.586
Length of stay in ICU	9 (5–13)	7.5 (4–15)	0.598
Days free of vasopressor in 14 days	10 (0–12)	9 (0–12)	0.562
Days free of MV in 14 days	1 (0–10)	4 (0–12)	0.127
Days free of CRRT in 14 days	11 (3–14)	14 (4–14)	0.0038
Days free of vasopressor in 28 days	14.5 (0–25)	19 (0–26)	0.676
Days free of MV in 28 days	3 (0–24)	6 (0–25)	0.168
Days free of CRRT in 28 days	15.5 (3–28)	21 (4–28)	0.048

350 bệnh nhân sốc/ARDS (cỡ mẫu dự kiến 715 cases)
 PiCCO: bù dịch/vận mạch đạt MAP 60 (theo ITBVI), lợi tiểu/CRRT (EVLW > 10), dobutamine (CI < 2.5 lít/ph/m²)
 Chứng: bù dịch đạt CVP ≥ 8, lợi tiểu/CRRT (CVP > 12), vận mạch đạt MAP 60

Kết luận

- Tim-phổi có liên quan chặt chẽ về cấu trúc và chức năng, đôi khi biện pháp điều trị nhằm cải thiện chức năng cơ quan này có thể gây tác động bất lợi đến chức năng cơ quan kia
- RLHĐ là một khía cạnh không thể bỏ qua trong điều trị SHH (có thể làm ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả điều trị của các biện pháp cải thiện trao đổi khí)

Kết luận

- RLHĐ tùy thuộc: TTTH, chức năng tim nền, thông số cài đặt, rất khó tiên đoán → cần theo dõi liên tục
 - Giảm TTTH: PPV giảm hồi lưu tĩnh mạch
 - RLCN thất phải: tăng sức cản động mạch phổi
 - Suy tim trái: giảm tiền tải, tăng hậu tải (khi cai máy)
- Các biện pháp ổn định huyết động chưa có chứng cứ chắc chắn