



RESPIRATORY SUPPORT & INVASIVE MECHANICAL VENTILATION IN COVID-19



Dr. Anoush Dehnadi

MD., FCCM, PG Dip Echo

Director of ICM Department, Poursina Hospital, GUMS

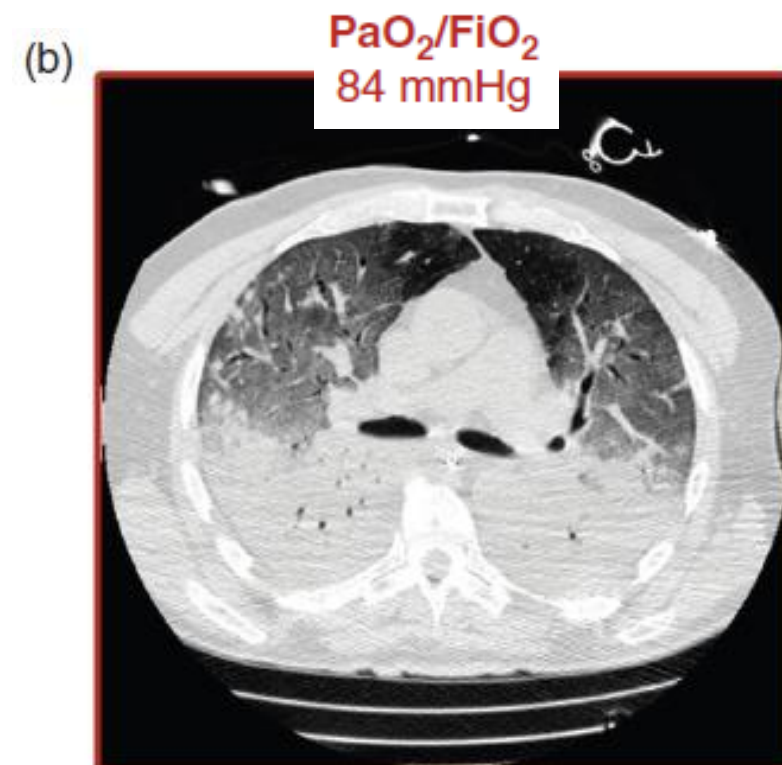
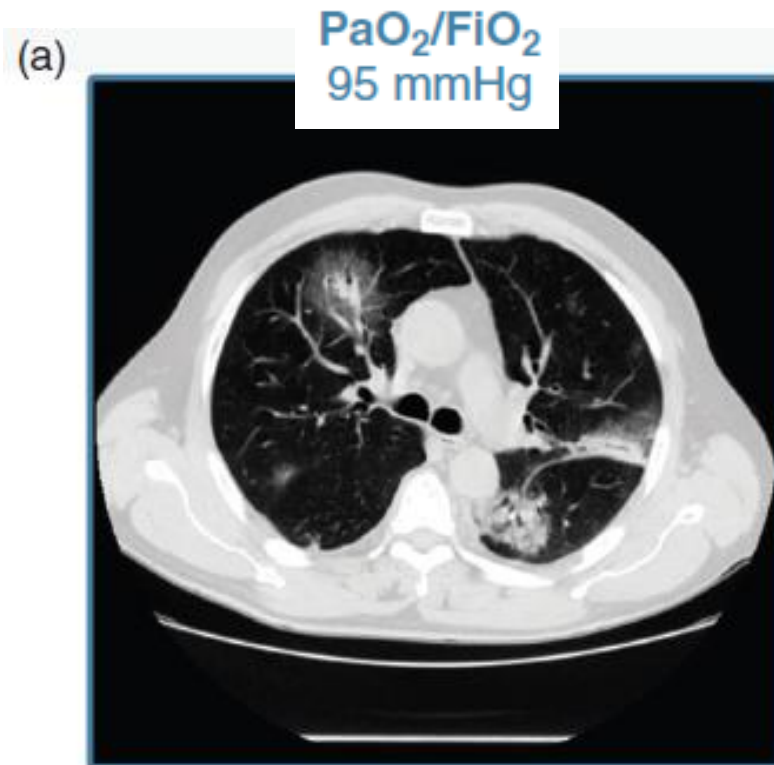
Member of ICCS, ESICM

E-mail: **dehnadianoush@gmail.com**



PATHOPHYSIOLOGY OF HYPOXAEMIA IN COVID-19 PNEUMONIA

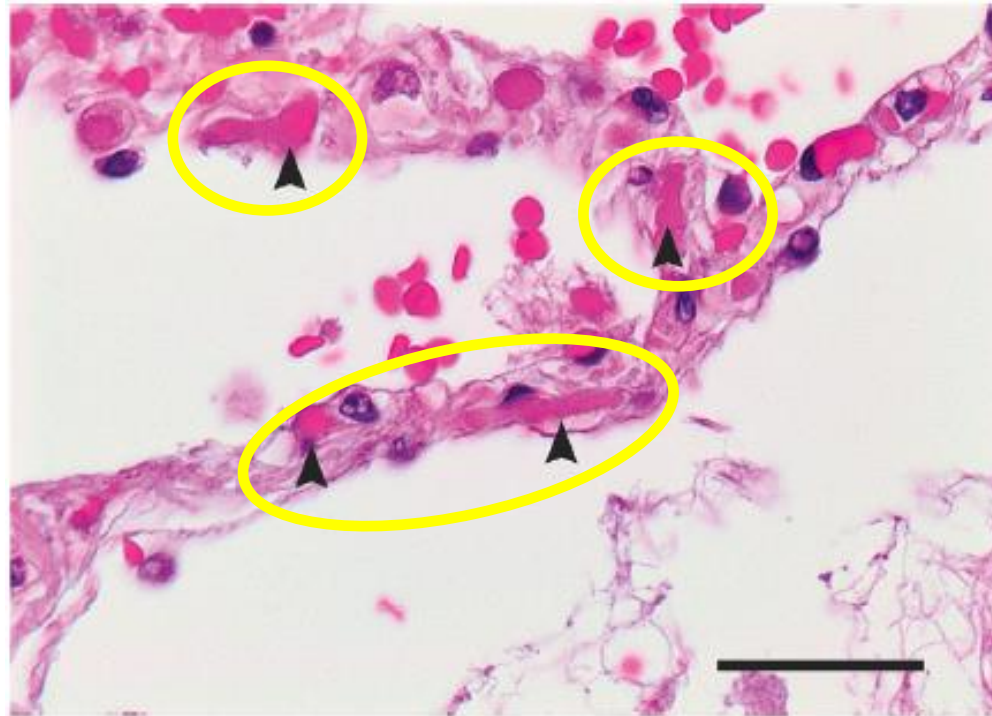
- ❑ Early COVID-19 pneumonia is a process predominantly affecting the peripheries of both lungs [a]
- ❑ The disease progresses with development of patchy bilateral groundglass opacification and, finally, dense consolidation in keeping with ARDS [b]



Biopsies from living patients earlier in the disease

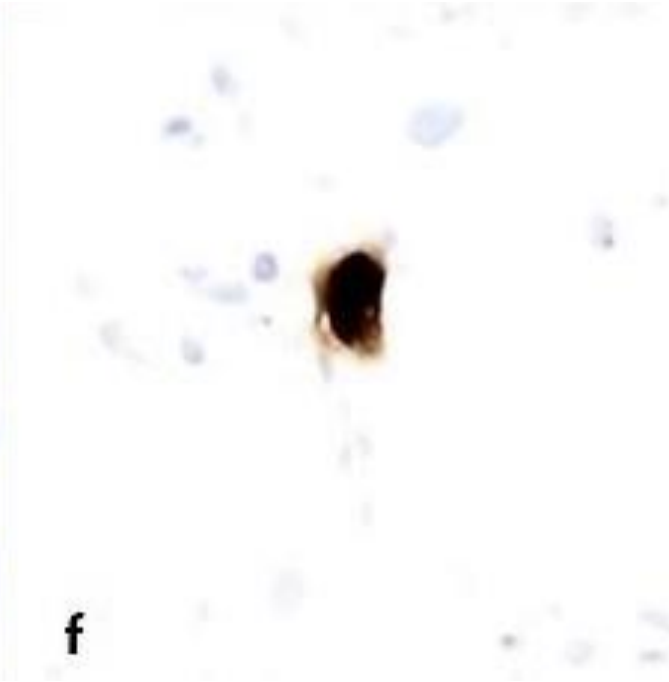
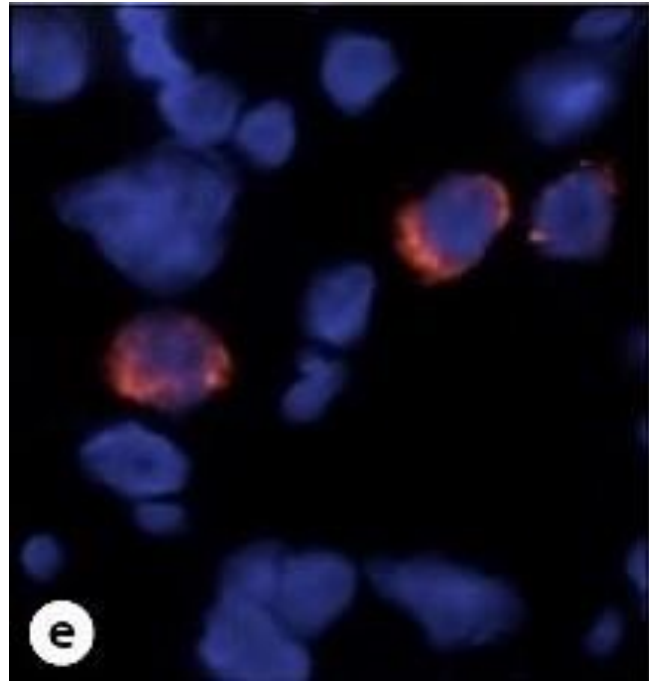
- A marked absence of DAD features,
- hyperplasia of type 2 pneumocytes and
- An increased number and size of both interstitial capillaries and postcapillary venules
- A lymphocytic alveolar infiltrate in the early stages followed by a progression to intra-alveolar fibrin deposition and severe microvascular injury associated with pulmonary capillary microthrombi

This endothelial injury is similar to the endotheliitis associated with T-cell-mediated rejection of solid organ transplants and is associated with alveolar capillary and postcapillary venule thrombosis to an extent up to **9 times** greater than is seen in other viral pneumonias, such as H1N1 pneumonia



The interalveolar septa of a 78-year-old male patient who died from coronavirus disease 2019 (COVID-19), showing slightly expanded alveolar walls and multiple fibrinous **microthrombi (arrowheads)** in the alveolar capillary

- ❑ Coexistence of widespread pulmonary perfusion deficits both with and without radiologically visible thrombi, the latter hypothesized to reflect vascular inflammation or **alteration of the vascular tone**
- ❑ Regions of reduced perfusion demonstrated otherwise near-normal lung parenchyma and air spaces. There is additionally evidence that pulmonary blood volume is redistributed towards regions of ground glass opacification, with the potential to exacerbate shunt
- ❑ These findings fit with clinical evidence of **increased dead space**, as measured by ventilatory ratio, in addition to venous admixture.



e) In situ demonstration of AECII infected by SARS-CoV-2: cytoplasmic (red) signals

f) In situ analysis of IL-6 mRNA expression: strong signal is evidenced in scattered AECII

Causes of ventilation–perfusion (V/Q) mismatching and therefore **hypoxemia**

- ☐ loss of the normal hypoxic pulmonary vasoconstriction (HPV) response
- ☐ Physical redistribution of blood owing to occlusive thrombi.

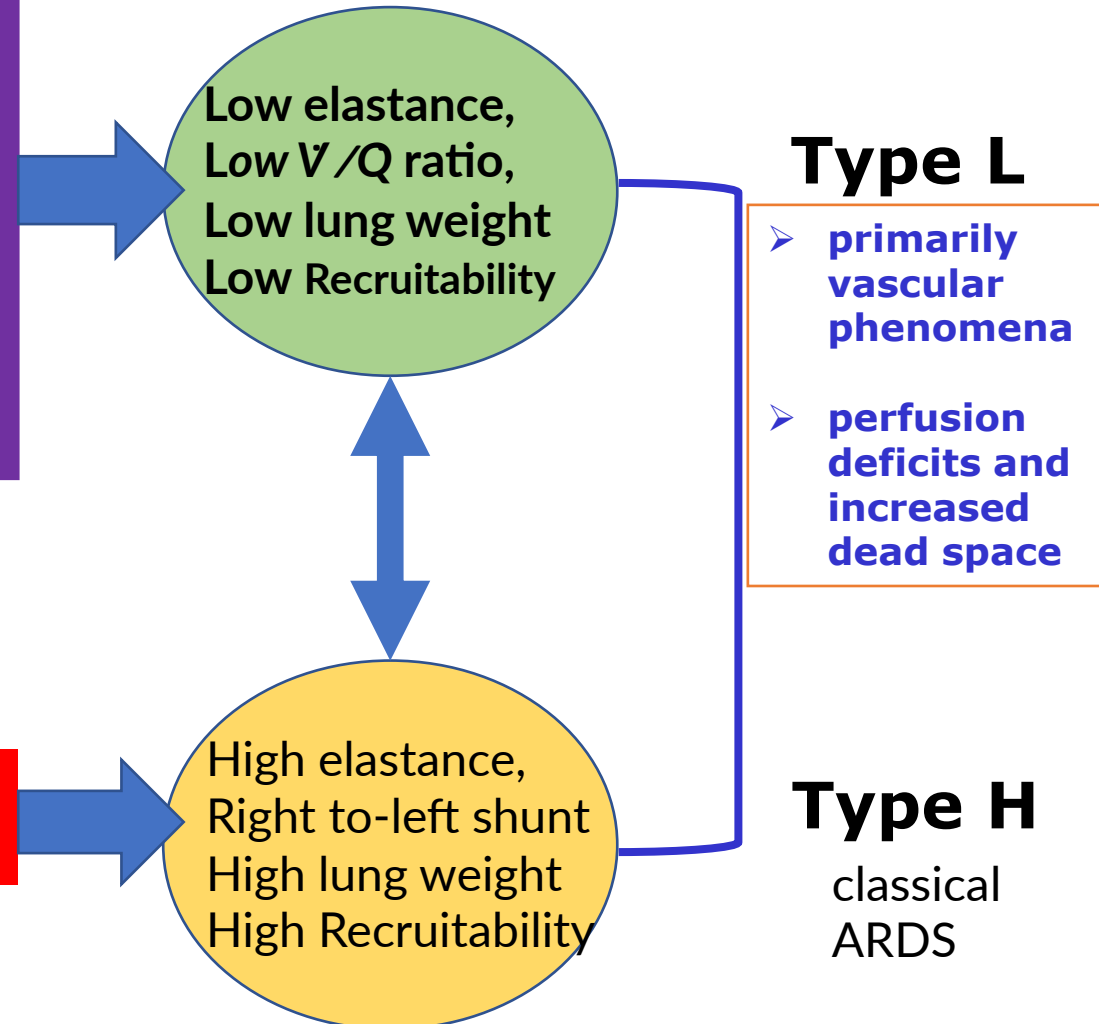
Hypoxemia observed early in COVID-19: complex interaction

Early peripheral disease

- ❑ Dysregulation in pulmonary perfusion through alteration of angiotensin II metabolism
- ❑ Vascular inflammation
- ❑ Loss of hypoxic pulmonary vasoconstriction (HPV)
- ❑ Neo-angiogenesis and immuno-thrombosis

Late diffuse disease

- ❑ **Changes consistent with classical ARDS with progression of disease**





راهنمای مدیریت نارسایی تنفسی در بیماری کووید-19 در بخش های ویژه

این راهنما یکی از ضمیمه های راهنمای تشخیص و درمان بیماری کووید-19 در سطح ارائه خدمات سرپایی و بستری در کووید-19 می باشد

این مجموعه چکیده مراقبت های نارسایی تنفسی در بخش های ویژه در مدیریت بیماری کووید-19 می باشد و بصورت خلاصه و عملی اقدامات لازم بیان شده تا در مراکز درمانی عملی باشد

کمیته علمی کووید-19
زیر کمیته مراقبت ویژه

اسامی افرادی که در تهیه و تدوین این راهنما مشارکت داشته اند (به ترتیب حروف الفبا):
آقای دکتر سید حمیدرضا ابطحی، خانم دکتر آرزو احمدی، آقای دکتر سید حسین اردهالی، آقای دکتر شهرام امینی، آقای دکتر احمد باقری مقدم، آقای دکتر محمدتقی بیگ محمدی، آقای دکتر حمیدرضا جماعتی، آقای دکتر انوش دهنادی مقدم، آقای دکتر علی امیرسوادکوهی، آقای دکتر نوید شفیق، آقای دکتر سعید عباسی، آقای دکتر سعید کریمی، آقای دکتر محمد شهاب کلاتر، آقای دکتر پیام طبرسی، آقای دکتر محمد مهدی فروزانفر، آقای دکتر سامرند فتاح قاضی، آقای دکتر عطا محمدپور، آقای دکتر مجید مختاری، آقای دکتر امید مرادی مقدم، آقای دکتر محمد نیاکان، آقای دکتر سید محمد رضا هاشمیان

ویراستار:

دکتر انوش دهنادی مقدم

این مجموعه چکیده اقدامات مرتبط با مراقبت های نارسایی تنفسی در بخش های ویژه در مدیریت بیماران کووید-19 می باشد. در این مجموعه بصورت خلاصه مطالب با رویکرد کاربردی بیان شده است. انتظار می رود همکاران یا پیشنهادات خود، تدوین کنندگان این راهنما را جهت ویرایش های بعدی یاری نمایند.

SELECTION OF TIDAL VOLUME

Typical ARDS: a tidal volume of 6 ml/kg of PBW

- A tidal volume of 6 ml/kg PBW may not be appropriate for **every patient at every stage** of the disease process.
- Selecting total volumes based on a value of **Driving Pressure (plateau pressure minus PEEP)** is a better way of **personalizing** the total volume to the lung compliance

The first approach:

1-Select a Tidal volume that reflects a threshold of driving pressure [DP] rather than being based on PBW

2-To set the lowest driving pressure (in pressure control) to achieve any initial tidal volume of 8 ml/kg PBW.

Selecting total volume based on obtaining a DP < 14-15 cmH₂O

- Ensures the **avoidance of both hypoventilation** in patients with preserved compliance and
- The excessive strain in patients with smaller lung volumes and lower lung compliance.

مقدار PEEP مطلوب در ARDS شدید: a: Compliance-titrated PEEP

تنظیم PEEP براساس کمپلیانس استاتیک کلی (C_{ST}) انجام می شود: $C_{ST} = V_T \div (p_{plat} - PEEP)$

- مقدار مطلوب PEEP وابسته به حجم جاری (VT) است و *اندازه گیری کمپلیانس پس از هر تغییر در PEEP و VT باید تکرار شود.*

- مثال: بیمار دچار ARDS که با روش حجمی AC-CMV و مشخصات زیر تهویه می شود:

VT=8 mL/kg IBW, RR=14/min, FIO2=1, PEEP= +5

Time	FIO2	PEEP (cmH2O)	SPO2	VT(mL)	P _{plat} (cmH2O)	C _{ST} (mL/cmH2O)
1	1.0	5	100	500	30	20
2	1.0	8	100	500	29	24
3	1.0	10	100	500	28	28
4	1.0	12	100	500	29	?
5	1.0	14	100	500	34	?

پرسش ۱: کمپلیانس استاتیک بیمار در زمانهای ۴ و ۵ چقدر است؟

-Compliance for time 4:

$$C_{ST} = 500 \div (29-12) = 29 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$$

-Compliance for time 5:

$$C_{ST} = 500 \div (34-14) = 25 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$$

پرسش ۲: مقدار PEEP که منجر به بهترین کمپلیانس استاتیک می شود چقدر است؟

Time	FIO2	PEEP (cmH2O)	SPO2	VT(mL)	P _{plat} (cmH2O)	C _{ST} (mL/cmH2O)
1	1.0	5	100	500	30	20
2	1.0	8	100	500	29	24
3	1.0	10	100	500	28	28
4	1.0	12	100	500	29	29
5	1.0	14	100	500	34	25

b: Predetermined PEEP

تنظيم
PEEP

Lower PEEP/higher FiO₂

FiO ₂	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 ₂	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
PEEP	14	14	14	16	18	18-24

Higher PEEP/lower FiO₂

FiO ₂	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 ₂	0.5	0.5-0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
PEEP	18	20	22	22	22	24

برای اطمینان از باز شدن آلئول های بسته شده (Recruitability)، توجه به ۳ متغیر زیر مهم است:

الف- اکسیژناسیون شریانی ب- کمپلیانس سیستم تنفسی ج- فضای مرده آلئولی

❖ بهتر شدن حداقل ۲ متغیر فوق پس از اعمال پپ بالاتر، نشانه احتمال بیشتر باز شدن آلئول هاست.

❖ تنظیم PEEP بدون انجام مانورهای تهاجمی برای باز شدن آلئول های بسته، استراتژی مناسبی برای بیشتر بیماران است.

SELECTION OF PEEP: **complex**

- ❑ It is important to stress that an improvement in oxygenation after an increase in PEEP does not necessarily indicate recruitability
- ❑ Positive intrathoracic pressure can impair pulmonary perfusion and even redistribute it to non-ventilated areas, & reduce the shunt fraction by a depressive effect upon cardiac output

Therefore, many patients can respond to an increase in PEEP with an improvement in oxygenation but

- ✓ a deterioration in dead space ventilation,
- ✓ a reduction in respiratory system compliance &
- ✓ an increase in driving pressure [DP]

c: The best approach to evaluate the effects of different levels of PEEP is by measuring the PLR

At the bedside using a **single-breath** recruitment-to-inflation ratio (R/I ratio).

$$\frac{R}{I} \text{ ratio} = \frac{C_{\text{rec}}}{C_{\text{rs at PEEP}_{\text{low or above AOP}}}}$$

An R/I ratio > 0.5 indicates higher lung recruitability, and these patients may benefit from higher levels of PEEP

- This ratio is calculated as the compliance of the lung volume recruited **with an abrupt release of PEEP from 15 to 5 cmH₂O** divided by the compliance at a PEEP of 5 cmH₂O (or airway occlusion pressure).

Recruitment to Inflation Ratio

A test for Airway Closure should be done before this recruitability test

The 'High PEEP' of the R/I ratio maneuver should be ideally AT LEAST 5 cm H2O above AOP provided Pplat is < 30 cm H2O. Continue to use a delta pressure of 10 cmH2O (even though it may cross the AOP)

Airway Opening Pressure

Leave it empty if no airway closure

cm H2O

High PEEP

cm H2O

Set Tidal Volume (VT)

ml

VT exhaled @ high PEEP

ml

Low PEEP

cm H2O

VT exhaled from high to low PEEP

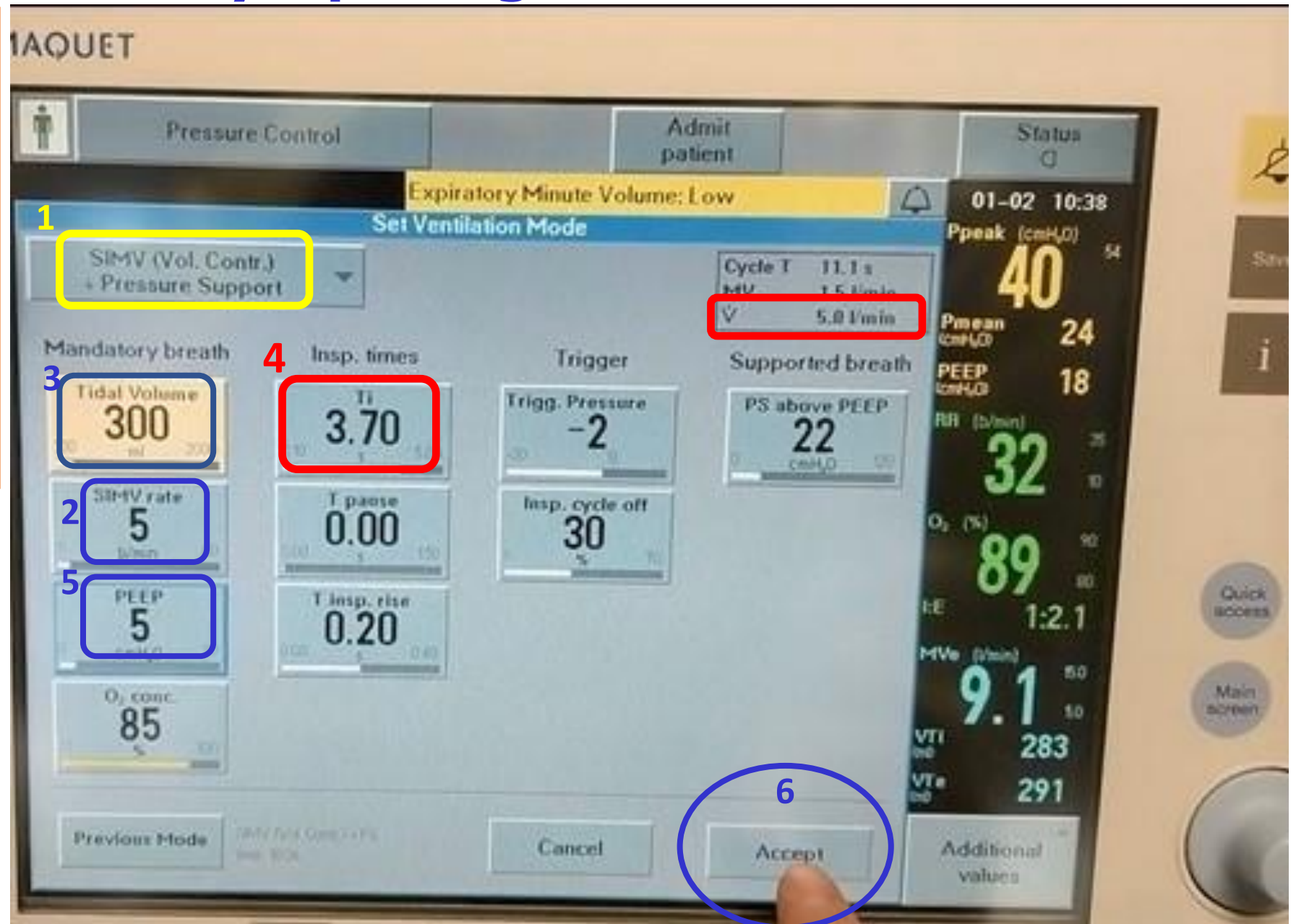
ml

Plateau Pressure (at low PEEP)

cm H2O

Airway Opening Pressure

1. Change mode to SIMV(vol.contrl.) for low flow inflation
2. Decrease Rate to 5/min
3. Set the tidal volume to 6mL/kg
4. Adjust Inspiratory time to achieve a flow rate of 5Lit/min
5. Lower the PEEP to 5cmH2O
6. Then Accept to do the maneuver



The tidal volume at 16 cm H₂O is 29 ml. 16 - 5 (PEEP) is 11 cm H₂O. $29/11 = 2.7$ ml/cm H₂O which is similar to the compliance of a ventilator circuit.

Inflection point

16
cmH₂O

29
ml

Status
01-02 10:39
P_{peak} (cmH₂O) 54
40
P_{mean} (cmH₂O) 24
PEEP (cmH₂O) 18
RR (b/min) 35
25
O₂ (%) 90
89
I:E 1:2.1
MVe (l/min) 15.0
6.1
VTI (ml) 276
VTe (ml) 286

Save

i

Quick
access

Main
screen

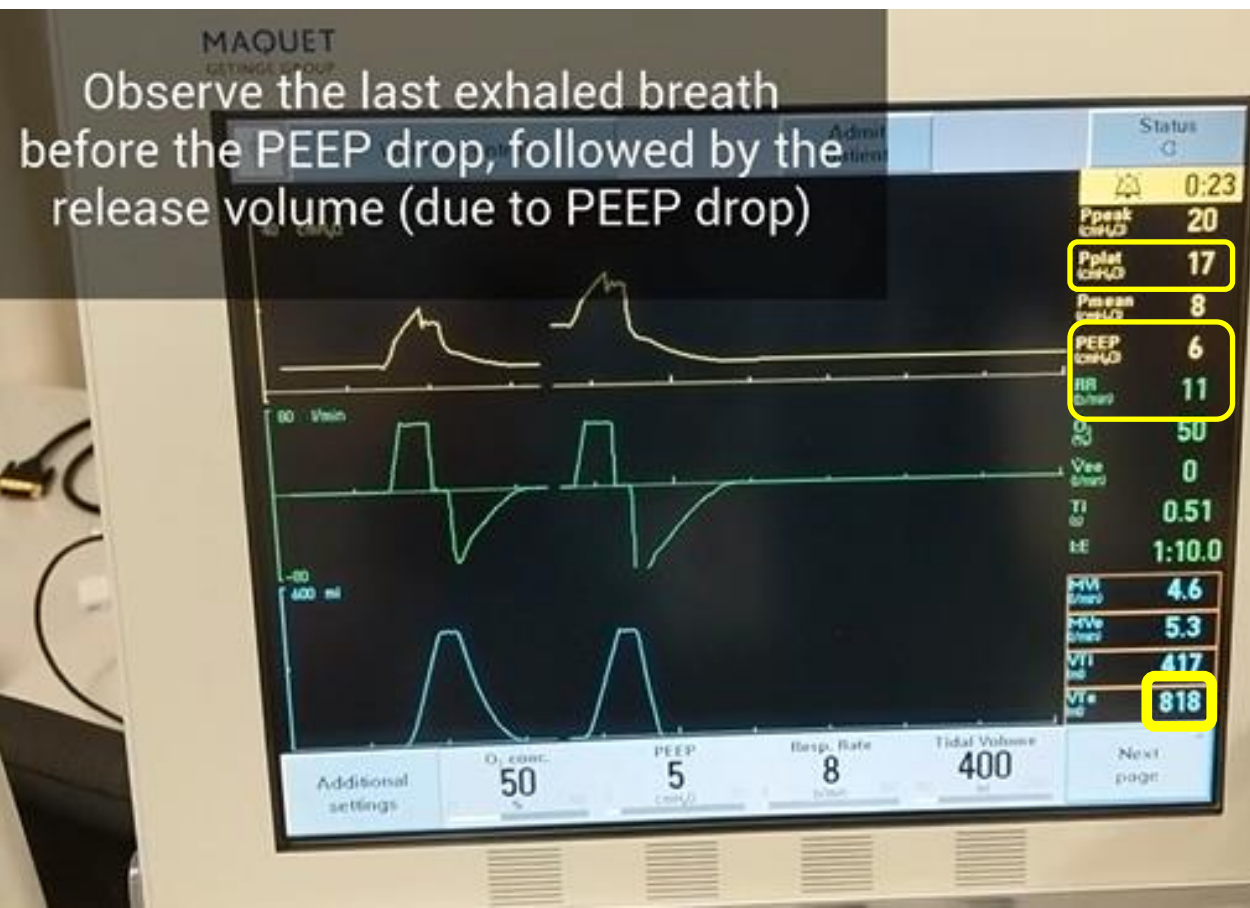
Menu

Settings

Cursor

Close

Additional



Recruitment to Inflation Ratio = **0.57**

An R/I ratio > 0.5 indicates higher lung recruitability, and these patients may benefit from higher levels of PEEP

High PEEP

15

cm H2O

Set Tidal Volume (VT)

400

ml

Airway Opening Pressure

11

Leave it empty if no airway closure

cm H2O

VT exhaled @ high PEEP

398

ml

Low PEEP

5

cm H2O

VT exhaled from high to low PEEP

818

ml

Plateau Pressure (at low PEEP)

17

cm H2O

تهویه مکانیکی در نارسایی تنفسی حاصل از COVID-19

اهداف ویژه:

- ۱- تشخیص نارسایی حاد هیپوکسمیک
- ۲- شروع تهویه مکانیکی تهاجمی
- ۳- به کارگیری تهویه حفاظتی ریه (LPV) در مبتلایان به نارسایی تنفسی
- ۴- نحوه استفاده از استراتژی محافظه کارانه تجویز مایعات در مبتلایان به نارسایی تنفسی
- ۵- دخالتهای درمانی در نارسایی تنفسی شدید

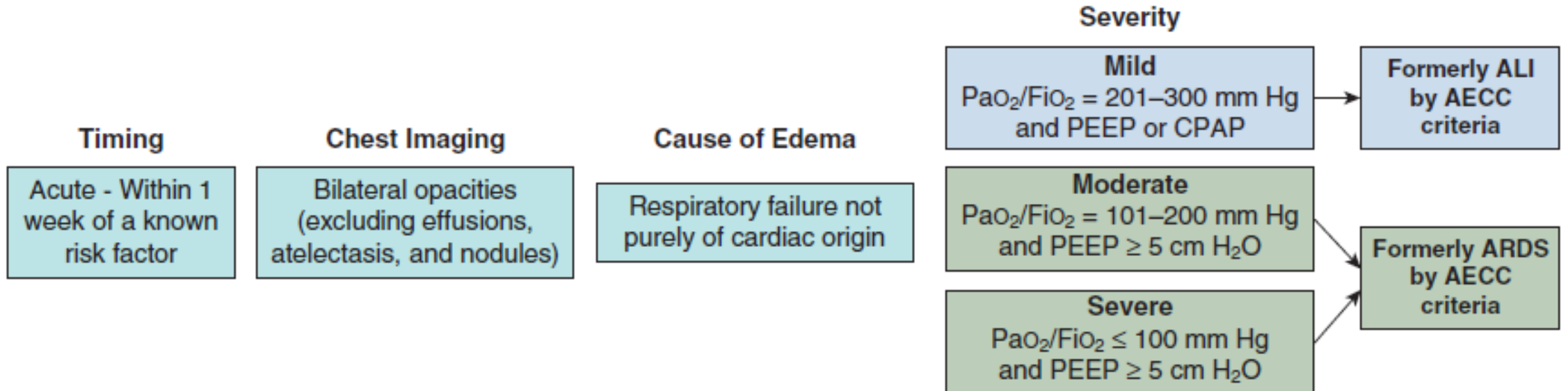
تشخیص نارسایی تنفسی هیپوکسمیک (غیر هیپرکاپنیک)

- ❖ پیشرفت سریع دیسترس تنفسی شدید و هیپوکسمی ($\text{SPO}_2 < 90\%$), $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ که علی رغم افزایش درصد اکسیژن دمی باقی می ماند.
- ❖ نسبت $\text{SPO}_2/\text{FiO}_2 < 300$ تحت دریافت اکسیژن به میزان حداقل 10 L/min ($\text{PaCO}_2 < 45 \text{ mmHg}$)
- ❖ ادم ریوی کاردیوژنیک علت اولیه بروز این حالت نباشد.

نارسایی تنفسی هیپوکسمیک اندیکاسیون
حمایت تهویه ای دارد

The Berlin Definition of ARDS

[primary diagnostic tool for ARDS]



There is no absolute requirement in the Berlin definition to rule out a cardiac cause of pulmonary edema

شروع تهویه حفاظتی ریه ها (LPV)

شامل:

- ❖ تنظیم حجم جاری در حد 6-8 mL/kg وزن ایده آل تخمینی
- ❖ تنظیم تعداد تنفس با توجه به تامین حجم تهویه دقیقه ای (MV):
 - به طور کلی تعداد تنفس نباید بیش از 35/min تنظیم شود.
 - حجم تهویه دقیقه ای که حداقل 100mL/kg در ابتدا برآورد می شود از حاصل ضرب حجم جاری در تعداد تنفس ($MV = VT \times RR$) به دست می آید و با آزمایش گازهای خونی (ABG) تنظیم می شود.
- ❖ تنظیم جریان گاز دمی (Flow rate) در حد کمی بیشتر از نیاز بیمار:
 - معمولاً کمی بیش از 60L/min
- ❖ تنظیم درصد اکسیژن دمی (FIO₂) در حد ۱ و سپس کاهش آن با توجه به شرایط بیمار
- ❖ تنظیم فشار پایان بازدمی (PEEP) در حد 5-10cmH₂O یا بیشتر در ARDS شدید

اهداف استراتژی تهویه ای حفاظتی (LPV) در کووید-۱۹

❖ حجم جاری 6mL/kg وزن ایده آل بدن در بالغین و کودکان

❖ فشار کفه یا پلاتو راه هوایی (P_{plat}) $30\text{cmH}_2\text{O} \geq$

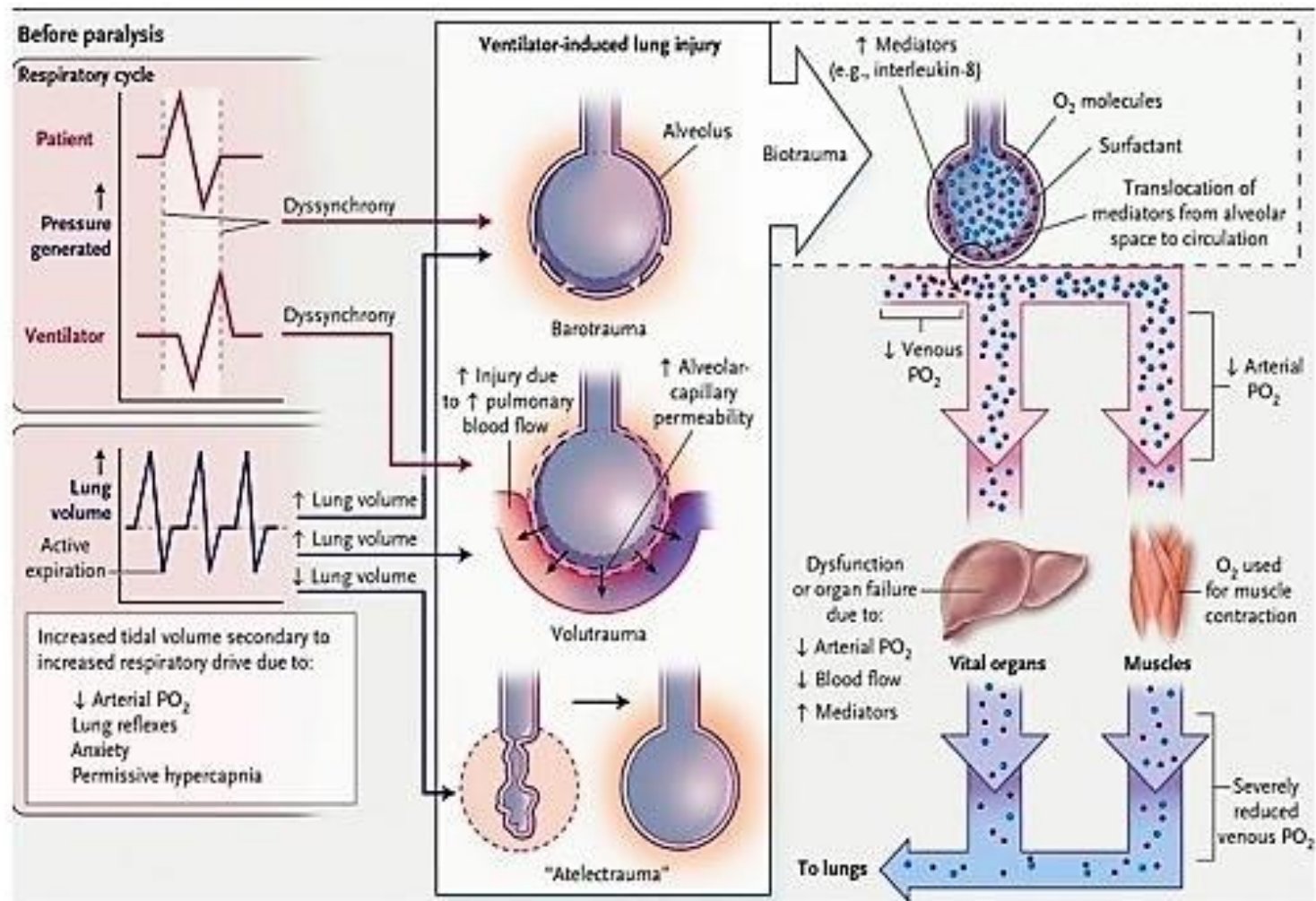
❖ درصد اشباع اکسیژن خون شریانی (SPO2) برابر 92-96%

استراتژی تهویه حفاظتی (LPV)

ساز و کار کاهش آسیب ریوی با استفاده از استراتژی تهویه حفاظتی شامل موارد زیر است:

- ❖ کاهش آسیب به دلیل افزایش فشار راه های هوایی (Barotrauma مانند پنوموتوراکس)
- ❖ کاهش آسیب حاصل از اتساع بیش از حد آلویولی (Volutrauma یا strain بیش از حد)
- ❖ کاهش آسیب آتلکتازی (Atelectrauma)
- ❖ کاهش آسیب بیولوژیکی (Biotrauma)

استراتژی تهویه حفاظتی (LPV) موجب کاهش آسیب ریوی
ناشی از کاربرد ونتیلاتور می شود



- **- Barotrauma**
 - e.g. pneumothorax
- **- Volutrauma**
 - alveolar overdistension causes alveolar capillary permeability
- **- Atelectrauma**
 - sheer injury from repetitive closing and opening of alveoli
- **- Biotrauma**
 - inflammatory mediators, organ dysfunction
- **- Oxygen toxicity.**

پایش مکرر متغیرهای ونتیلاتور و تبادل گاز برای دستیابی به اهداف LPV

❖ پایش مداوم درصد اشباع اکسیژن شریانی (SPO2)

❖ پایش گازهای خون شریانی (PaO2- PaCO2- Ph)

- هیپرکاپنی مجاز را مد نظر قرار دهید.

[تذکر: باید با پایش اکوکاردیوگرافیک مراقب وقوع کور پولمونال حاد باشید. سقف هیپرکاپنی مجاز (در بیمار غیر COPD) برای پیشگیری از کورپولمونال حاد، ممکن است کمتر از 50 to 60mmHg باشد.]

❖ پایش متغیرهای ونتیلاتور در فواصل زمانی منظم شامل:

- فشار کفه راه هوایی (P_{plat}) و کمپلیانس هر ۴ ساعت و پس از هر تغییر PEEP و TV

- اگر $TV=6\text{mL/kg}$ و فشار کفه $< 30\text{cmH}_2\text{O}$ باقی بماند، مقدار TV را هر ساعت 1mL/kg تا میزان حداقل 4mL/kg کاهش دهید و به طور هم زمان ریت تنفسی را برای تامین تهویه دقیقه ای (MV) زیاد کنید.

- پایش Intrinsic PEEP و نسبت I/E پس از هر تغییر ریت تنفسی (حداکثر $I/E=1:1$)

- شکل منحنی های ونتیلاتور برای بررسی ناهم زمانی بیمار با ونتیلاتور (Asynchrony)

ملاحظات تفسیر فشار کفه (P plat) راه هوایی

- ❖ اندازه گیری هنگامی صحیح است که **حین دم غیر فعال** (غیاب تنفس خودبخودی) انجام شود.
- ❖ فشار transpulmonary به ازای یک فشار کفه معین در بیمارانی که **تنفس فعال** دارند، بیشتر است.
- ❖ بیماران با کمپلیانس کم قفسه سینه (stiff chest wall) یا سندرم کمپارتمان شکمی ممکن است فشار ترانس پولمونری کمتری به ازای یک فشار کفه معین داشته باشند.
- ❖ هدف در بیماران دچار ARDS اجتناب از فشار کفه (P plat) و حجم جاری (TV) بالاست.
- ❖ حفظ فشار کفه در حدود کمتر از 30 cmH₂O با تغییر حجم جاری و ریت تنفسی ممکن است حاصل شود.

هیپرکاپنی مجاز (Permissive Hypercapnia)

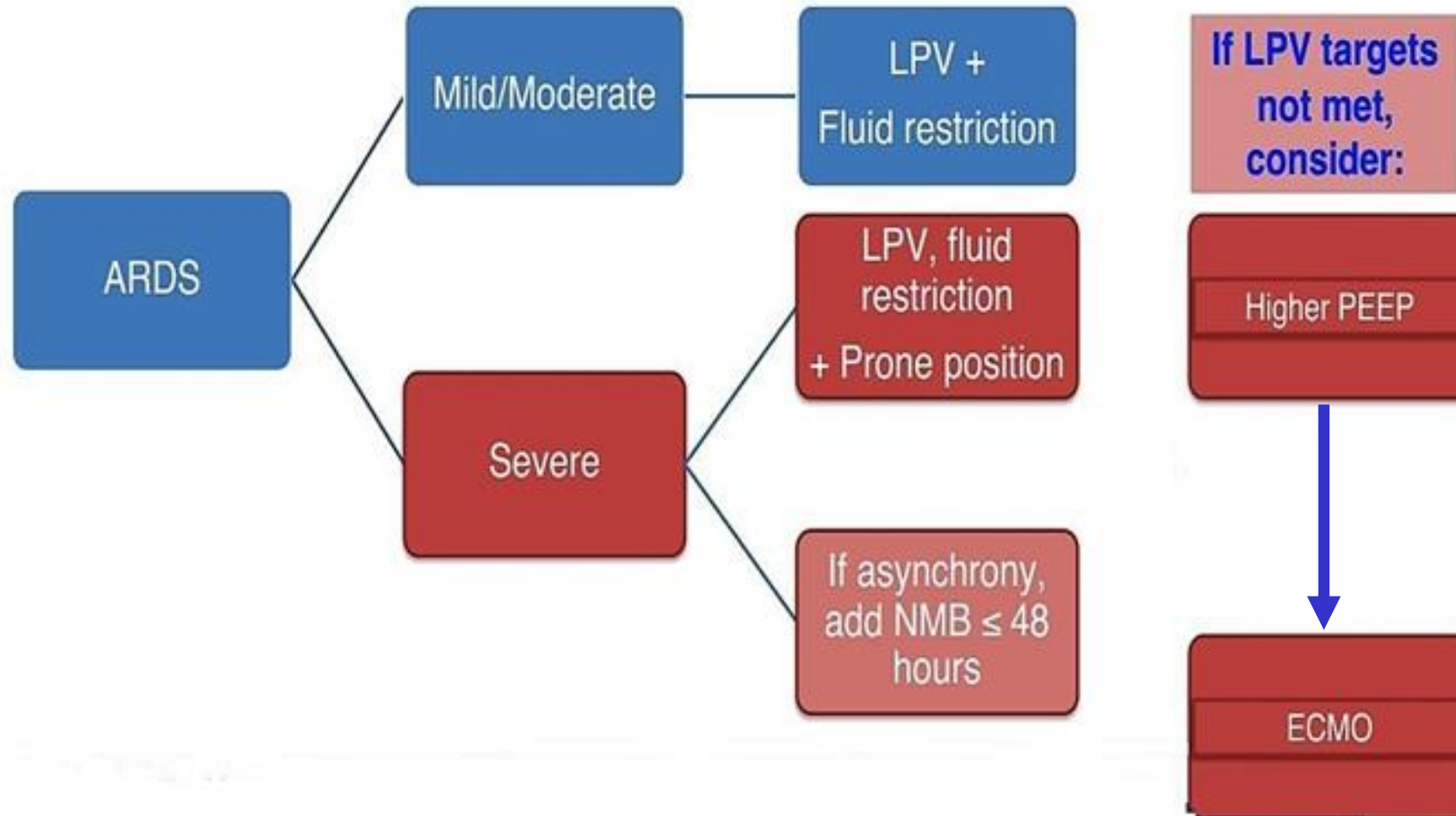
کاهش مرگ و میر با اتخاذ تهویه حفاظتی (LPV)، خطر اسیدوز تنفسی متوسط را قابل پذیرش می کند. خاطر نشان می شود که:

- طبیعی کردن PH و PaCO_2 (در شرایط فقدان عوامل خطر خاص) فایده ای ندارد.
- فشار داخل جمجمه ای بالا و بحران سلول داسی شکل، موارد منع استفاده از هیپرکاپنی مجاز هستند.
- اگر PH بین 7.15 و 7.30 باشد، اقدامات زیر باید انجام شود:
- افزایش ریت تنفسی تا رسیدن $\text{PH} > 7.30$ یا $30 \leq \text{PaCO}_2 \leq 35 \text{ mmHg}$
- کاهش تهویه فضای مرده: کاهش نسبت I/E و محدود کردن احتباس هوا، افزایش حجم جاری 1 mL/kg
- مرحله به مرحله تا رسیدن $\text{PH} < 7.15$ ،
- افزایش $\text{P}_{\text{plat}} < 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ فقط در صورت ضرورت و به طور موقت.

زجر تنفسی شدید ($\text{Sever ARDS: PaO}_2 / \text{FiO}_2 \leq 100$)

- ❖ اداره مبتلایان به ARDS شدید با روش LPV به تنهایی ممکن است به دلیل کاهش بسیار زیاد حجم ریوی موثر حتی با $V_T = 6 \text{ mL/kg}$ مشکل باشد (هیپوکسمی مقاوم به درمان، اسیدوز شدید، و عدم دستیابی به اهداف LPV)
- ❖ در این موارد روش بی خطری از تهویه مکانیکی وجود ندارد.
- ❖ در این حالت استفاده از ECMO می تواند کمک کننده باشد.

Severe ARDS: $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 100 \text{ mmHg}$



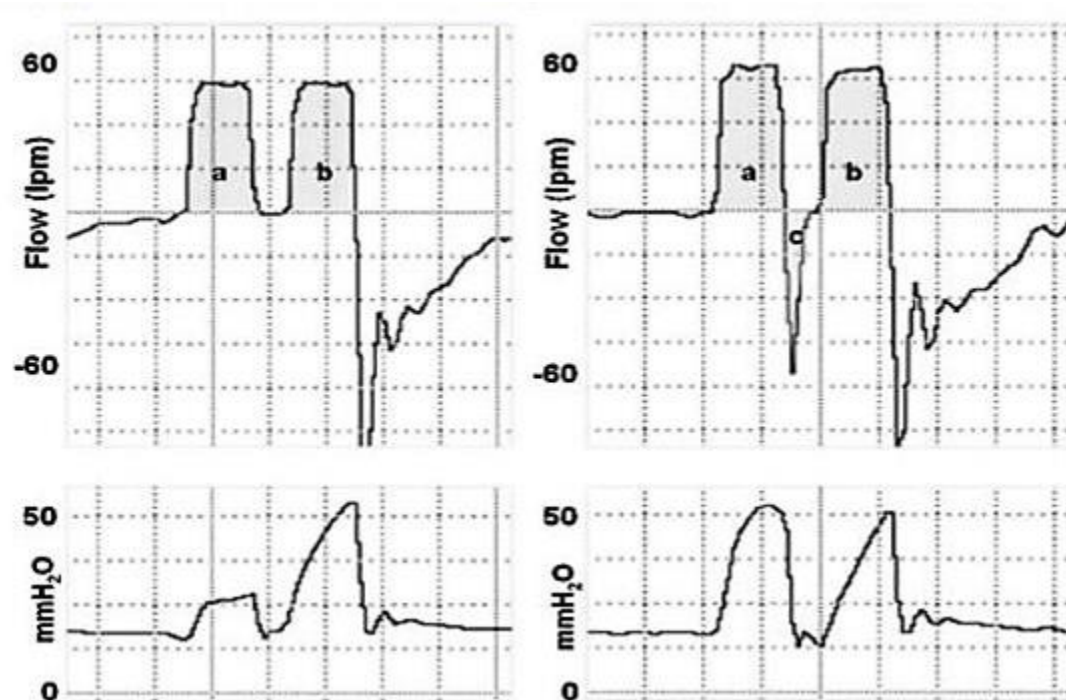
نکته ۱: اجتناب از ناهماهنگی تنفس بیمار با ونتیلاتور (Asynchrony)

شایع ترین نوع ناهماهنگی Double-Triggering است:

- بیمار بدون انجام بازدم، دو دم پشت سرهم دارد.
- علت آن معمولاً نیاز تهویه ای بیشتر بیمار از مقدار حجم جاری تنظیم شده است.
- برای تشخیص باید منحنیهای جریان گاز و فشار ونتیلاتور به دقت مشاهده شوند.

درمان :

افزایش جریان هوا (VC mode)،
طولانی کردن زمان دم (PC
mode)، ساکشن نای، خارج کردن
آب از لوله های مدار ونتیلاتور،
حذف نشت هوا از مدار تهویه ای،
افزایش آرامبخشی در ARDS شدید



عوارض ناهماهنگی با ونتیلاتور:

کاهش اکسیژناسیون (کاهش
SPO₂)، افزایش کار تنفسی،
آسیب ریوی (VILI)، بدتر شدن
متغیرهای مکانیکی ریه، طولانی
شدن روزهای وابستگی به ونتیلاتور

نکته ۲: آرامبخشی هدفمند در ARDS شدید

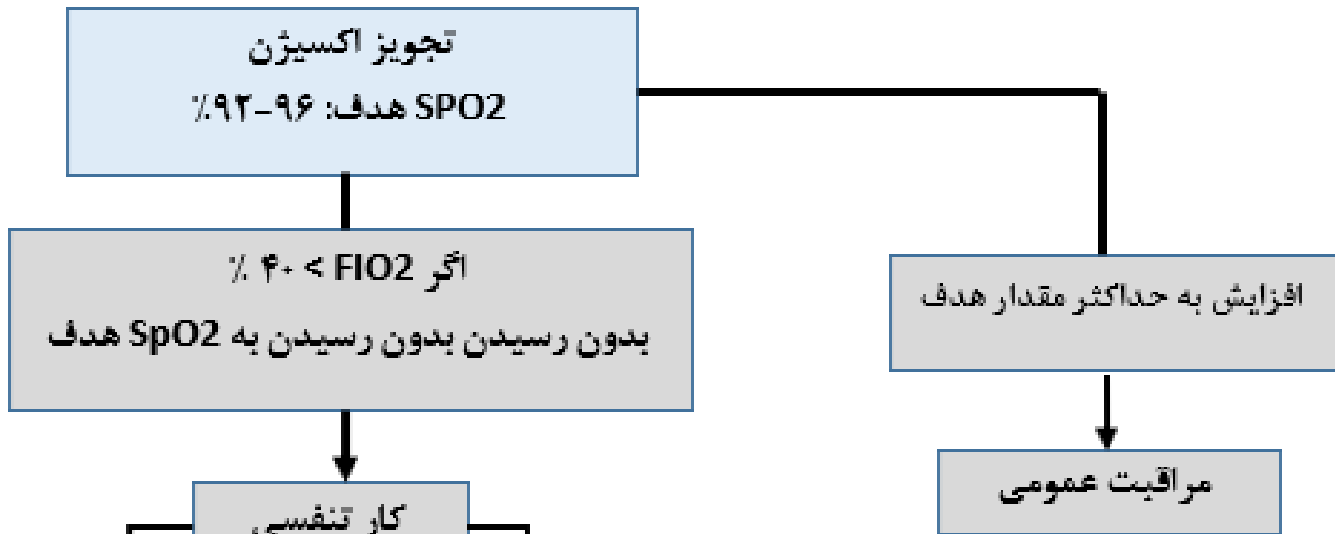
بدیهی است که قبل از تجویز داروهای شل کننده عضلانی، از داروهای ضد درد و آرامبخش بطور مناسب استفاده شود. در ادامه:

- ❖ آرامبخشی عمیق و استفاده زودهنگام از شل کننده عضلانی (NMBD) در صورت ناهماهنگی بیمار با ونتیلاتور و عدم توانایی کنترل حجم جاری (VT)
- ❖ آلکالوز تنفسی ممکن است نشانه درد بیمار باشد.
- ❖ کاهش آرامبخشی پس از انجام تراکیوستومی، با بهتر شدن وضع بیمار و تسهیل تحرک و آزمون تنفس خود به خودی (SBT)

بهبودی (رکاوری) و کاهش حمایت تنفسی

- ❑ شروع رکاوری با کنترل و / یا رفع علت ARDS اعلام می شود.
- ❑ افزایش اکسیژناسیون سیستمیک و کمپلیانس دستگاه تنفسی سپس ظاهر می شود.
- ❑ هنگامی که فشار اکسیژن شریانی با $FiO_2 = 0.4$ بیش از 80mmHg شود، شروع به کاهش PEEP می کنیم.
- ❑ کاهش مقدار PEEP باید در مقادیر $1 \text{ cmH}_2\text{O}$ ، هر ۴ تا ۶ ساعت باشد و در صورت بدتر شدن اکسیژناسیون متوقف شود.
- ❑ پس از تنظیم دقیق داروهای آرامبخش، روش تهویه ای را از VCV یا PCV به PS با همان مقدار حمایت فشاری در روش قبلی تبدیل می کنیم.
- ❑ براساس پاسخ بیمار به تدریج مقدار حمایت فشاری را به $5-7 \text{ cmH}_2\text{O}$ در $FIO_2 < 40\%$ و $PEEP = 5-7 \text{ cmH}_2\text{O}$ می رسانیم.

تهویه مکانیکی
در COVID-19



HFNC
CPAP: non-venting mask
BiPAP

به عنوان اقدام موقتی

به عنوان اقدام موقتی

هدف حین تہویہ مکانیکی:

SPO2= 92-96%

PaO₂ ≥ 60 mmHg

PaCO₂ < 48.5 mmHg or PH > 7.30

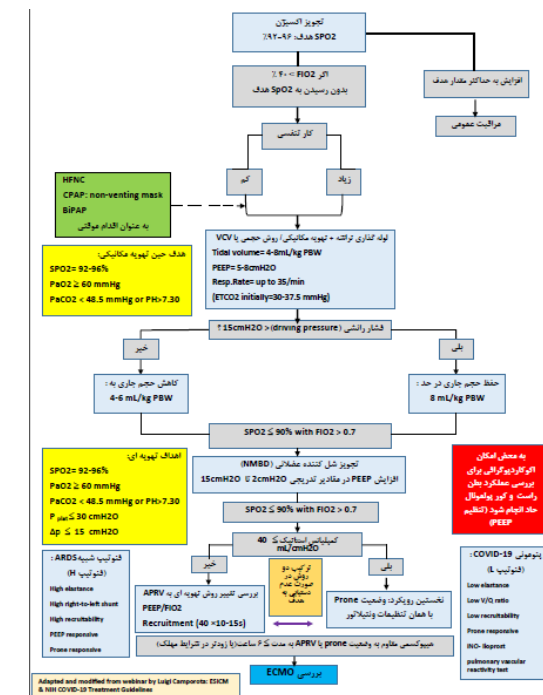
لوله گذاری تراشه + تهویه مکانیکی / روش حجمی یا VCV

Tidal volume= 4-8mL/kg PBW

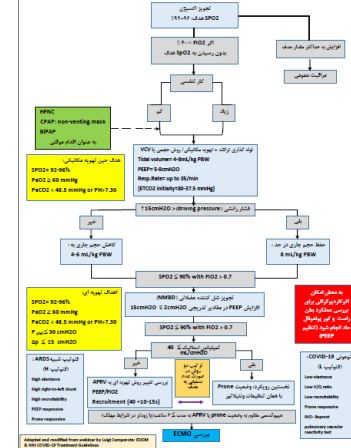
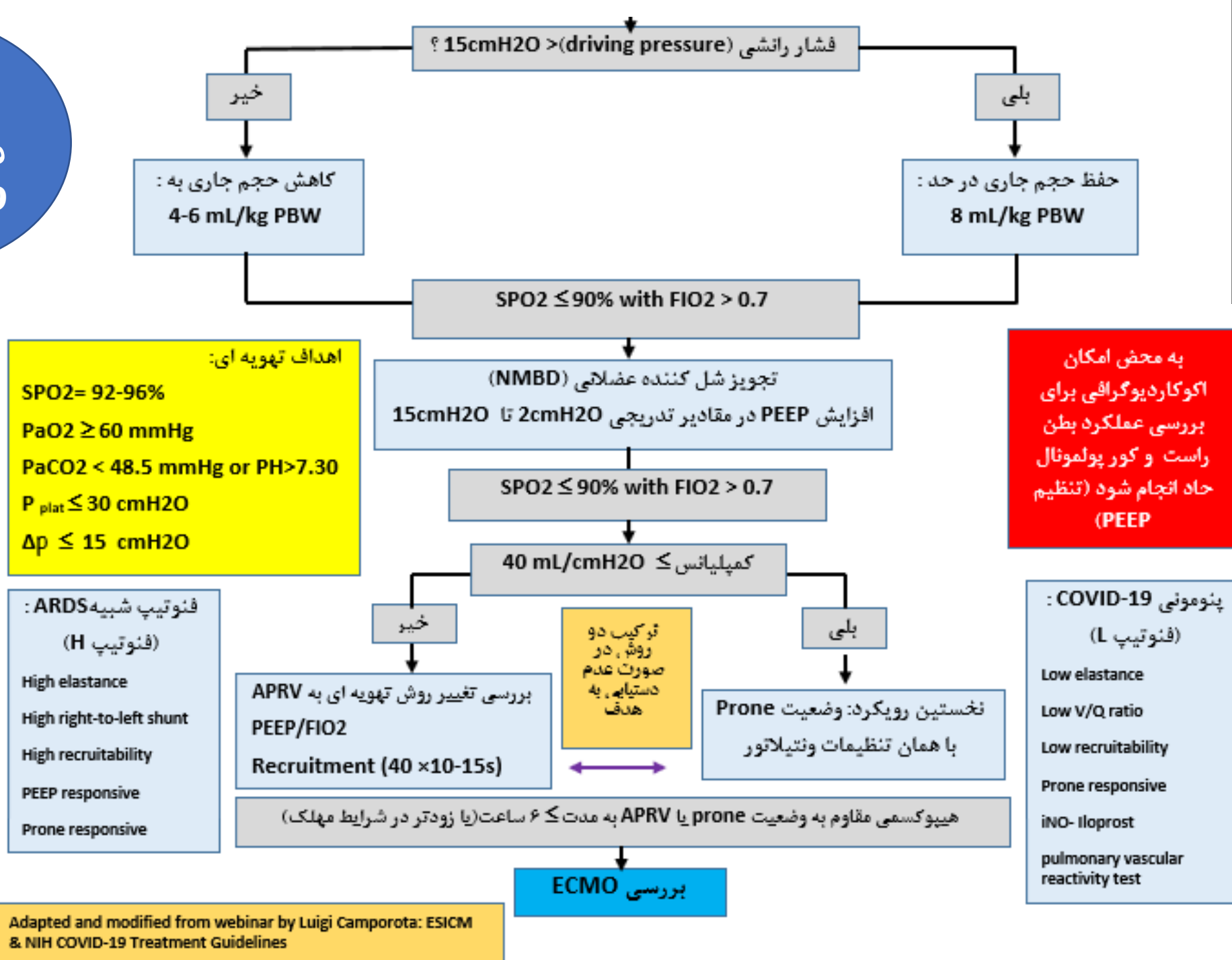
PEEP= 5-8cmH2O

Resp.Rate= up to 35/min

(ETCO₂ initially=30-37.5 mmHg)



تهویه مکانیکی در COVID-19



Pathophysiological features associated with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection and the proposed management in the ICU

Pathophysiology

Dysregulated Pulmonary perfusion

Vascular Abnormalities

Neo-angiogenesis (Shunt)

Increased Perfusion (Shunt)

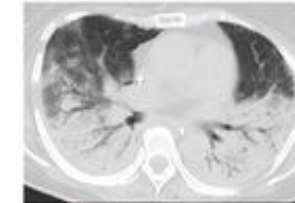
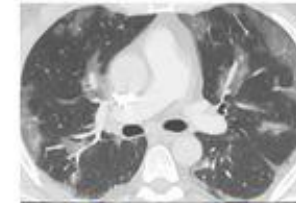
Immuno Thrombosis

Micro Thrombosis

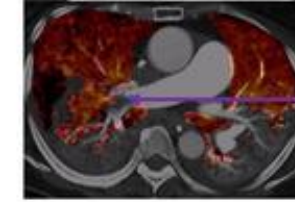
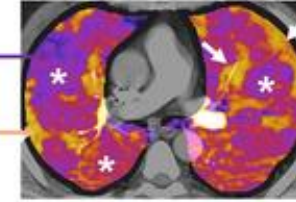
Macro Thrombosis

Perfusion Defects (Dead Space)

CT Appearance



Lung Blood Volume



Airspace Disease

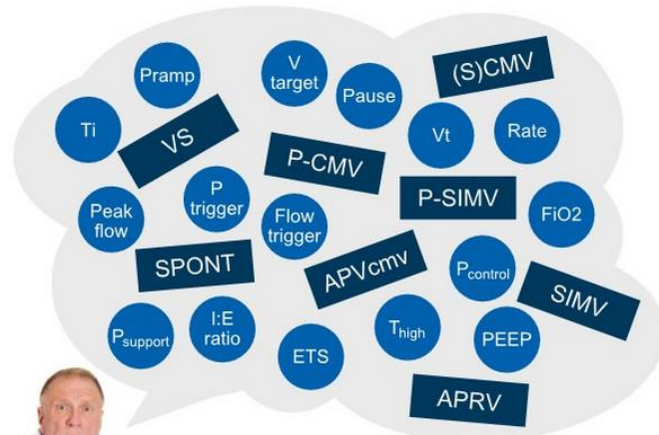
PLR

Elastance

Timing		
Peripheral ground glass	Oedema Atelectasis	Consolidation Fibrosis
Low	High	Low
Low	High	High

Recommended Management

Lung Volume		
Low PEEP More Liberal VT (DP < 14 cmH ₂ O)	Higher PEEP Low VT (DP < 14 cmH ₂ O)	Low PEEP Low VT (DP < 14 cmH ₂ O)
Prone Position		



Any Question?



THANK YOU FOR
YOUR ATTENTION

