



俯卧位通气在新冠肺炎中的应用

广西医学会重症医学分会

CONTENTS
**目
录**

1

COVID-19的临床特点



2

俯卧位通气改善呼吸功能的机制



3

俯卧位通气在临床实施的指征



4

俯卧位通气的效果评估



5

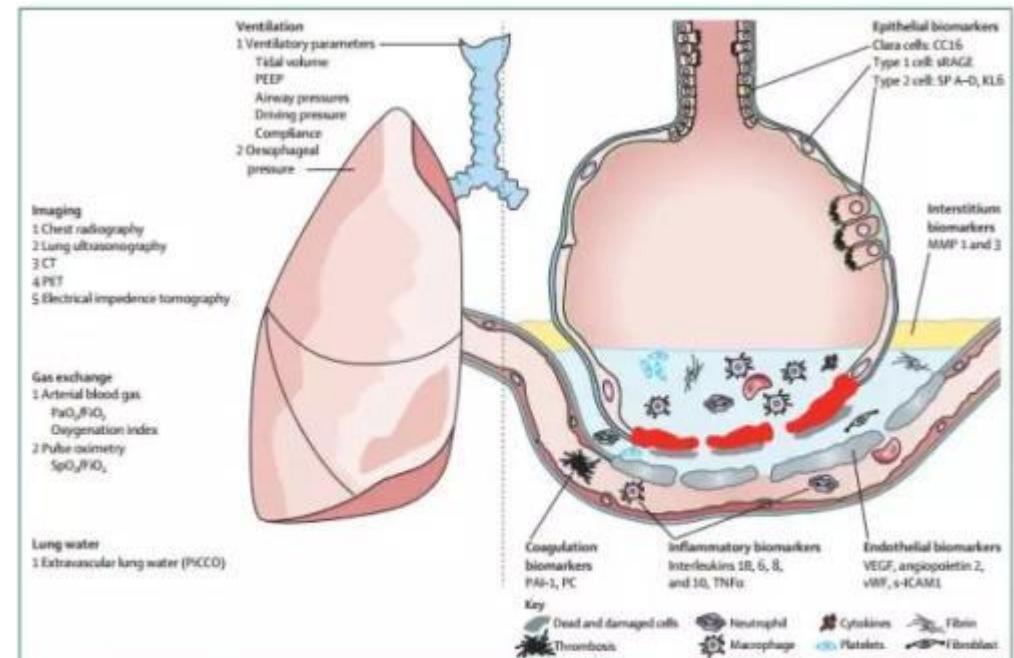
俯卧位通气的注意事项





一、COVID-19的临床特点

- 重型和危重型 COVID-19 导致急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 的病理生理特点是肺损伤的不均一性；
- 其导致的轻中度ARDS对无创治疗效果尚好，一旦进展至危重型，其肺不均一性进展为严重的低氧血症合并/不合并高碳酸血症、肺顺应性下降、肺通气血流比失调和肺容积减少；
- 吸力学提示气道平台压升高、肺可复张性下降及对肺复张和高呼气末正压 (PEEP) 治疗反应不佳。因此，对危重型COVID-19患者，俯卧位通气是一项非常重要的挽救性治疗措施。



- 中华医学会重症医学分会, 中国医师协会重症医学医师分会, 中国病理生理学会危重病医学专业委员会. 重症新型冠状病毒肺炎管理专家推荐意见.中华重症医学电子杂志, 2020

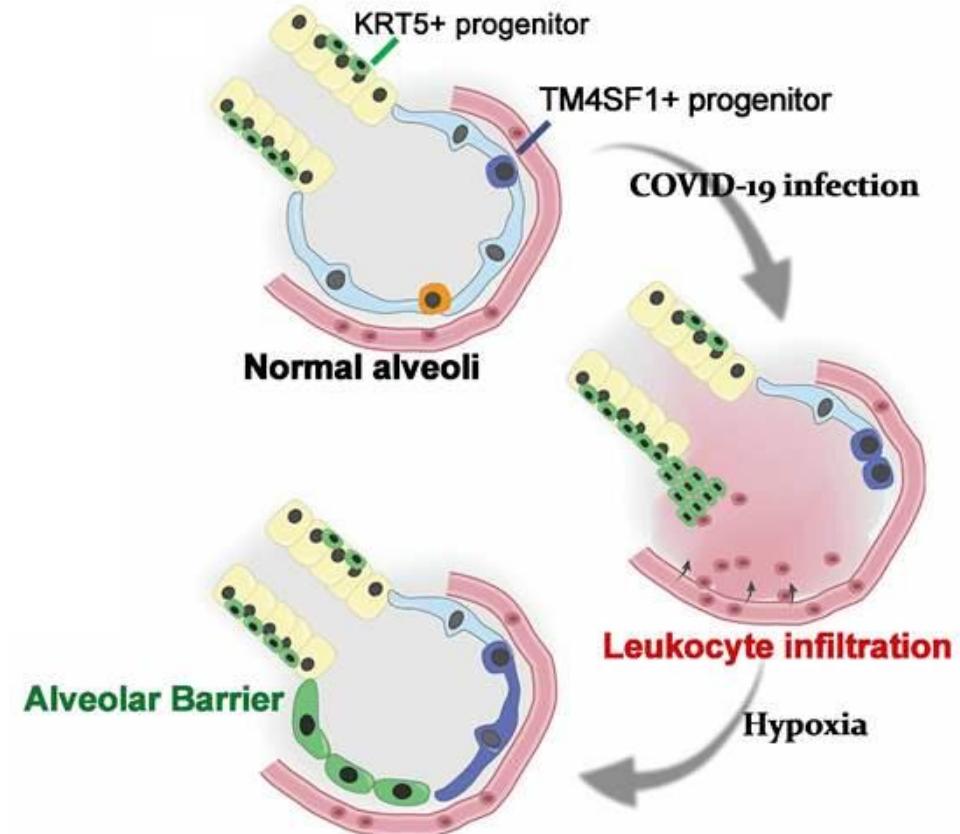


一、COVID-19的临床特点

危重型COVID-19的病理生理学特点是肺损伤的不均一性，但其临床特点与其他ARDS的表现有所不同。

1. 顽固性低氧血症

- COVID-19所致的ARDS由于大量肺泡塌陷引起肺容积减少、肺顺应性下降及肺通气血流比失调引起低氧血症。
- 其中肺通气血流比失调是导致低氧血症的主要原因。
- ARDS间质性肺水肿压迫小气道、表面活性物质减少导致肺泡部分萎陷→相应肺单位通气不足→肺通气血流比降低，引起功能性分流。
- 广泛的肺不张和肺泡水肿引起局部肺单位只有血流而无通气，即真性分流，是导致顽固性低氧血症的主要原因。





一、COVID-19的临床特点

危重型COVID-19的病理生理学特点是**肺损伤的不均一性**，但其临床特点与其他ARDS的表现有所不同。

2. 常规通气手段难以纠正的高碳酸血症

- COVID-19所致的ARDS与其他ARDS不同的临床表现，即部分患者会出现高碳酸血症。
- 高碳酸血症的机制是新型冠状病毒导致肺损伤的不均一性，引起塌陷肺组织周围正常通气的肺组织过度膨胀，从而引起肺泡死腔增加，导致二氧化碳潴留，引起高碳酸血症。



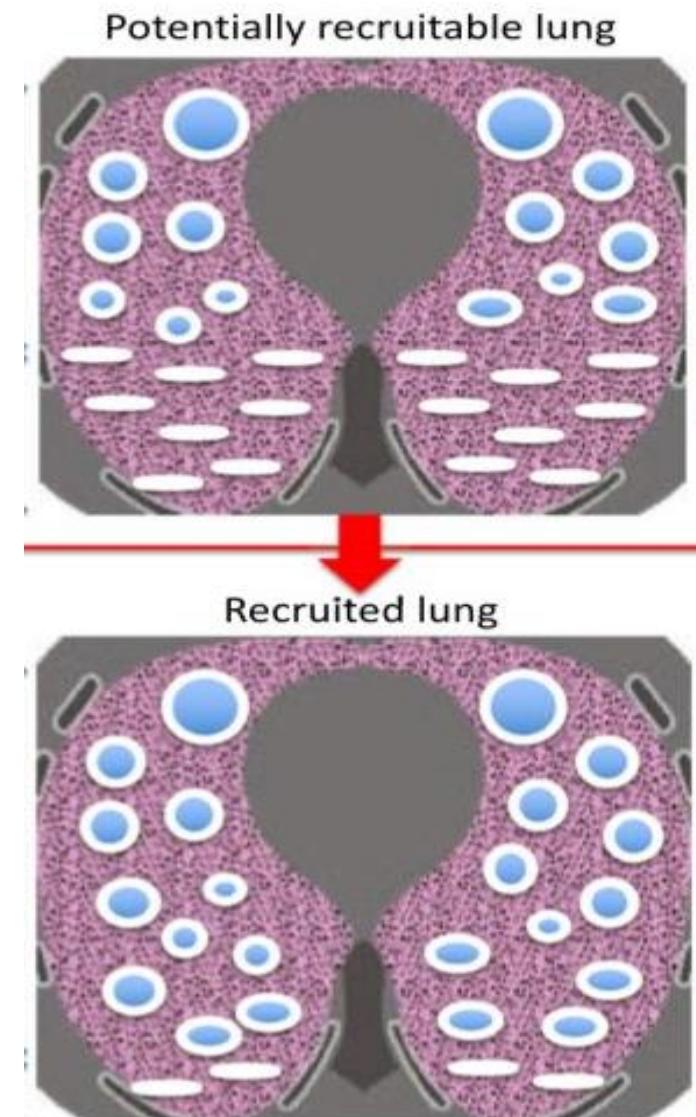


一、COVID-19的临床特点

危重型COVID-19的病理生理学特点是肺损伤的不均一性，但其临床特点与其他ARDS的表现有所不同。

3.低可复张性

- COVID-19所致的ARDS是典型的肺内源性ARDS，但对肺复张及PEEP的反应较差；
- 其主要机制：
 - 病毒引起的局部肺损伤导致肺泡开放压力很高；
 - 即使给予常规肺复张往往不能使塌陷肺泡复张，却导致周围肺泡过度膨胀，反而加重低氧血症和高碳酸血症；
 - 对12例危重型COVID-19患者实施有创机械通气治疗，使用肺复张/膨胀指数评估，结果发现，11例患者的肺可复张性均很低。



- Chen L, Del Sorbo L, Grieco DL, et al. Potential for lung recruitment estimated by the recruitment-to-inflation ratio in acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit CareMed, 2020



一、COVID-19的临床特点

危重型COVID-19的病理生理学特点是肺损伤的不均一性，但其临床特点与其他ARDS的表现有所不同。

4.急性右心功能障碍

- COVID-19 所致的低氧血症、高碳酸血症、大量肺泡塌陷等会导致急性肺动脉高压进而引起急性右心功能衰竭，出现血流动力学变化
- 其主要机制：
 - 低氧和高碳酸血症会使细胞膜上钙离子通道开放，导致细胞膜去极化，增加胞质内钙离子浓度，进而使血管收缩导致肺动脉高压的发生；
 - 塌陷的肺泡可引起肺泡间血管塌陷，进而导致肺动脉压升高；
 - 不恰当的机械通气，即使塌陷的肺泡复张，但肺非重力依赖区仍可能存在肺泡过度膨胀，可导致肺泡表面血管闭塞，进而引起肺血管阻力升高，导致急性右心衰竭^[1]。



• [1] Mercat A. High positive end-expiratory pressure and low tidal volume in acute respiratory distress syndrome: all right for the right ventricle? [J]. Crit Care Med, 2010,

CONTENTS
目
录

1

COVID-19的临床特点



2

俯卧位通气改善呼吸功能的机制



3

俯卧位通气在临床实施的指征



4

俯卧位通气的效果评估



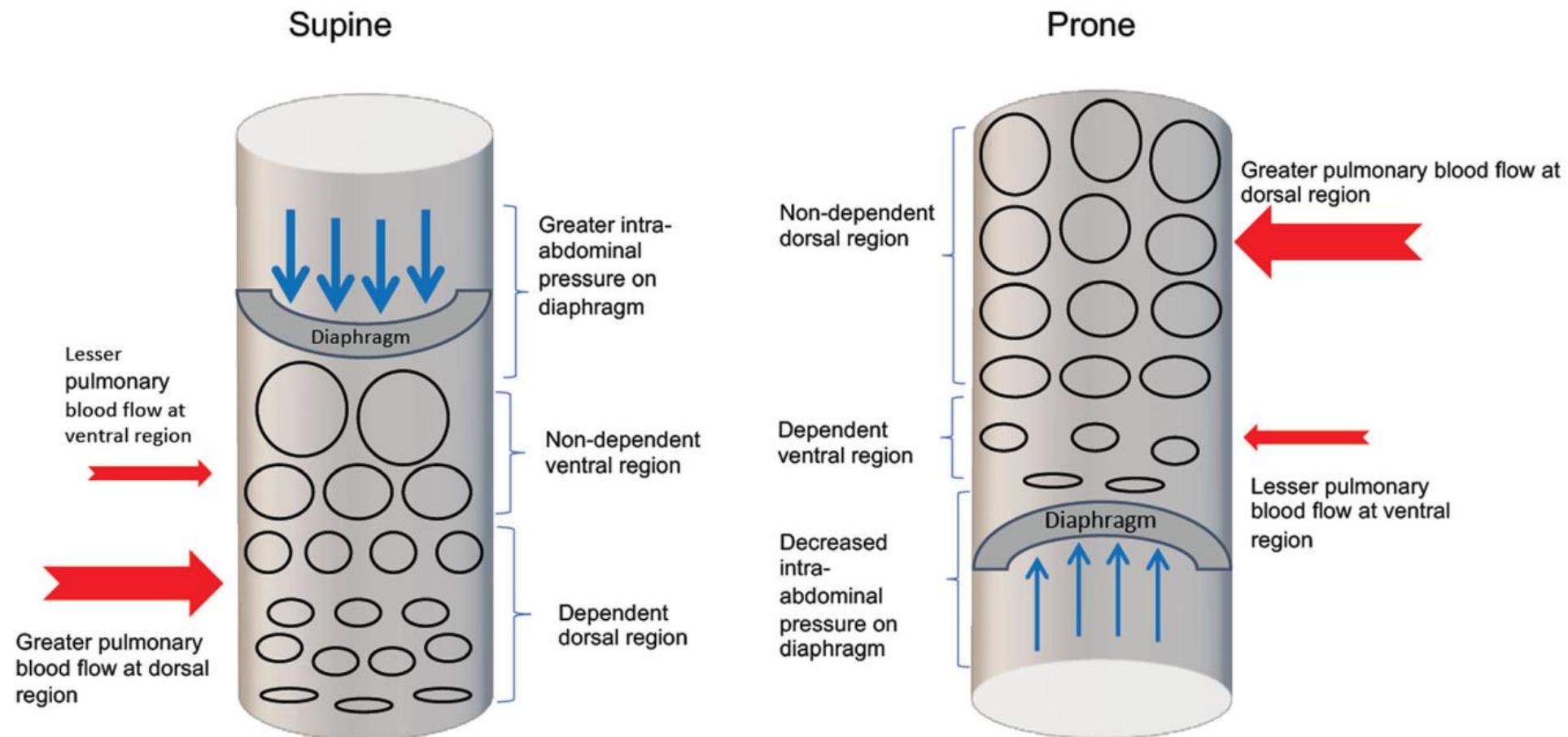
5

俯卧位通气的注意事项





二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制



俯卧位通气能改善通气/血流比，改善局部通气和灌注的匹配，减少低通气/灌注比区域^[1]

- [1] Mercat A. High positive end-expiratory pressure and low tidal volume in acute respiratory distress syndrome: all right for the right ventricle? [J]. Crit Care Med, 2010,



二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制

1. 改善低氧血症

- 有研究对中重度ARDS患者俯卧位后使用超声评估肺重力依赖区肺泡复张情况，发现俯卧位通气能明显减少肺塌陷进而改善氧合^[1]；
- Meta分析发现，俯卧位通气至少在12 h以上有助于改善患者的氧合及临床预后^[2]。

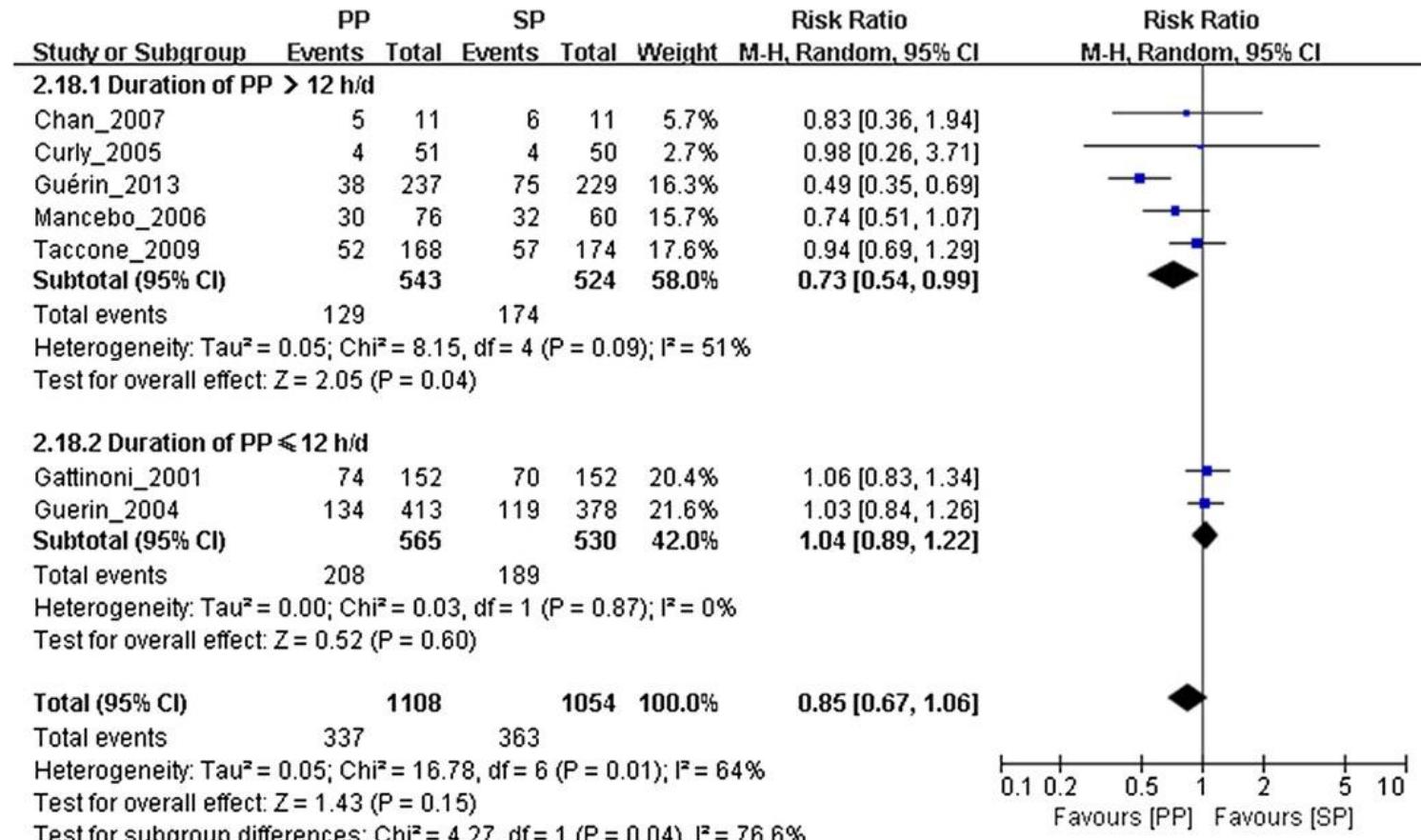


Figure 6 Meta-analysis of the effect of prone positioning on 28- to 30-day mortality in acute respiratory distress syndrome patients related to the duration of prone positioning.

- [1] Guerin C, Gattinoni L. Assessment of oxygenation response to prone position ventilation in ARDS by lung ultrasonography [J]. Intensive Care Med, 2016
- [2] Hu SL, et al. The effect of prone positioning on mortality in patients with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Crit Care, 2014,



二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制

1. 改善低氧血症

- 俯卧位通气能改善 ARDS 肺不均一性分布，进而改善低氧血症^[1]；
- 经验发现，对重型和危重型COVID-19患者，俯卧位均能改善氧合，且对一些危重型COVID-19患者，由于肺可复张性差，12 h的俯卧位往往不能充分肺复张，因此，12 h~24 h的俯卧位通气对此类患者有效^[2]。



- [1] Mercat A. High positive end-expiratory pressure and low tidal volume in acute respiratory distress syndrome: all right for the right ventricle? [J]. Crit Care Med, 2010.
- [2] 新型冠状病毒肺炎的挽救性治疗：实施俯卧位通气刻不容缓.中华内科杂志 2020 年9月.



二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制

2. 改善高碳酸血症

- 高碳酸血症主要由于肺不均一性引起肺通气血流比失调，进而引起肺泡死腔增加；
- 俯卧位通气后能改善肺通气不均一性，复张塌陷肺组织，减轻塌陷肺组织周围肺泡的过度膨胀，减少肺泡死腔通气，从而改善高碳酸血症。

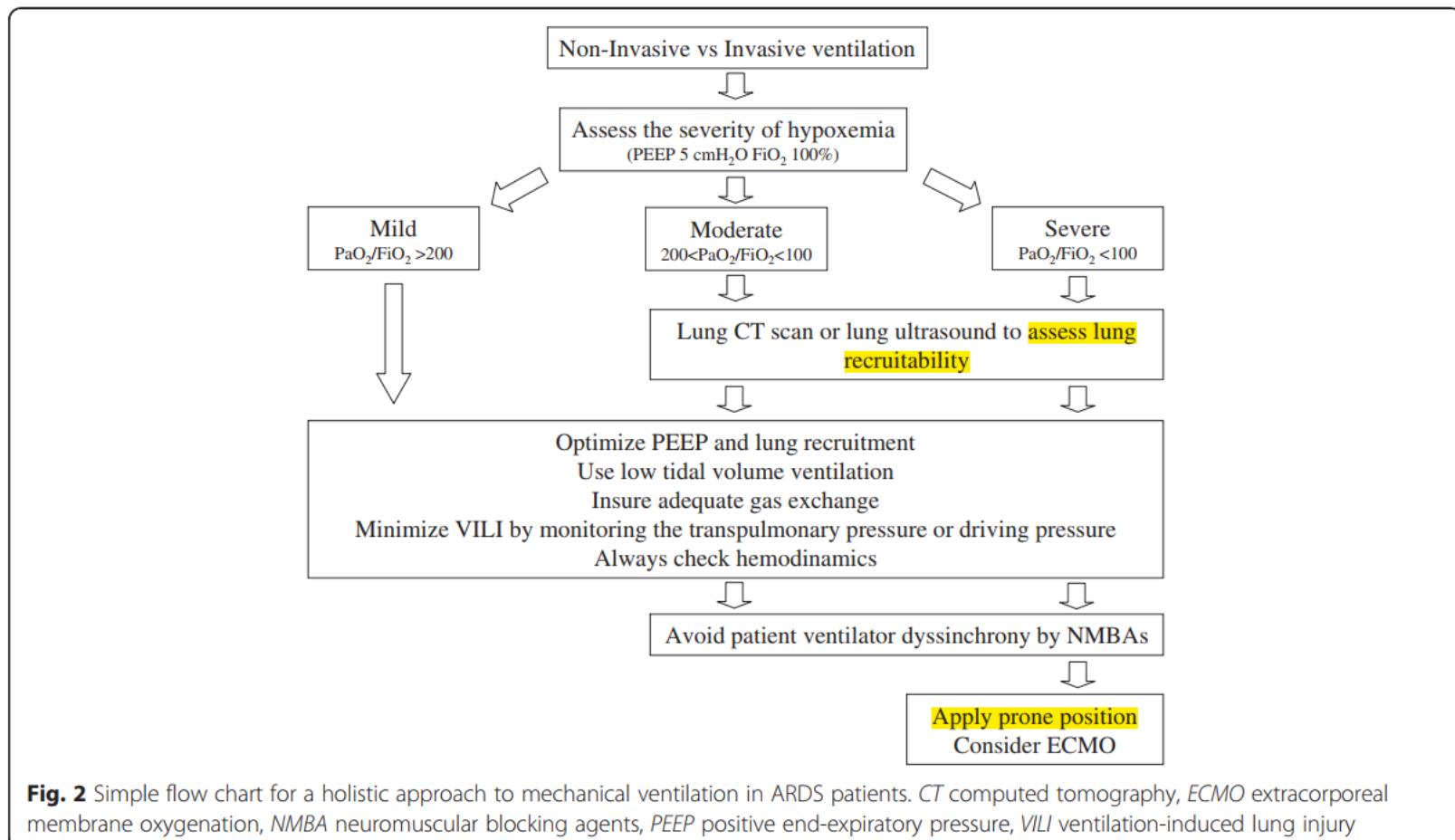




二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制

3. 改善肺可复张性

- 俯卧位通气能复张塌陷肺组织进而改善肺可复张性^[1]；
- 可使用CT或者B超等方式对患者肺可复张性进行预先评估^[2]。



- [1] Chiumello D, et al. Severe hypoxemia: which strategy to choose[J]. Crit Care, 2016
- [2] 新型冠状病毒肺炎的挽救性治疗：实施俯卧位通气刻不容缓. 中华内科杂志 2020 年9月.



二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制

3. 改善肺可复张性

- 俯卧位通气能复张塌陷肺组织进而改善肺可复张性^[1]；
- 可使用CT或者B超等方式对患者肺可复张性进行预先评估^[2]；

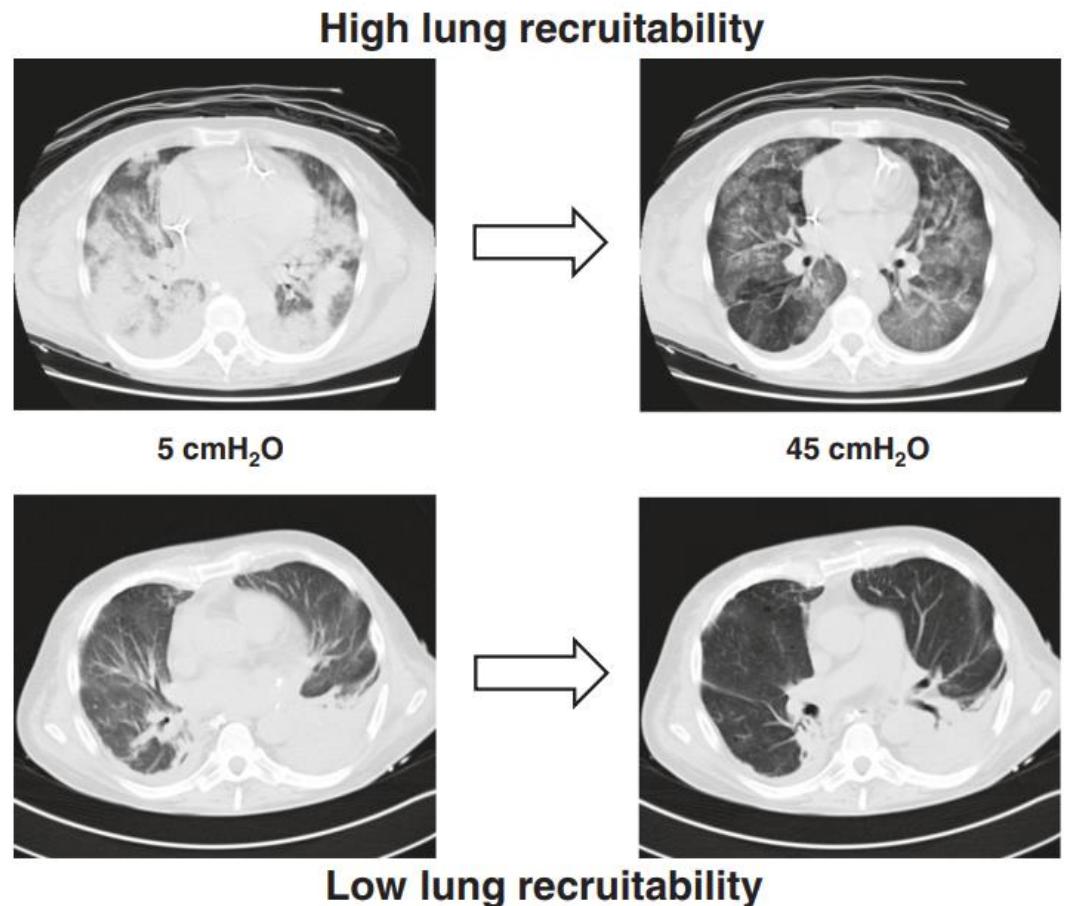


Fig. 1 Example of lung CT scan of patients with high (upper panel) or low (lower panel) potential of lung recruitment

- [1] Chiumello D, et al. Severe hypoxemia: which strategy to choose[J]. Crit Care, 2016
- [2] 新型冠状病毒肺炎的挽救性治疗：实施俯卧位通气刻不容缓. 中华内科杂志 2020 年9月.



二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制

3.改善肺可复张性

- 一项研究对 12 例 COVID-19 所致中重度 ARDS 患者实施俯卧位通气治疗，发现俯卧位通气 24 h 后，8 例患者肺顺应性和氧合仍能改善，且肺可复张性指标、肺复张/膨胀指数能够明显改善；
- 但俯卧位 48 h 时，大部分患者肺顺应性和氧合不再改善；
- 提示 COVID-19 所致的 ARDS 在密切评估下需要个体化调整俯卧位通气时间。

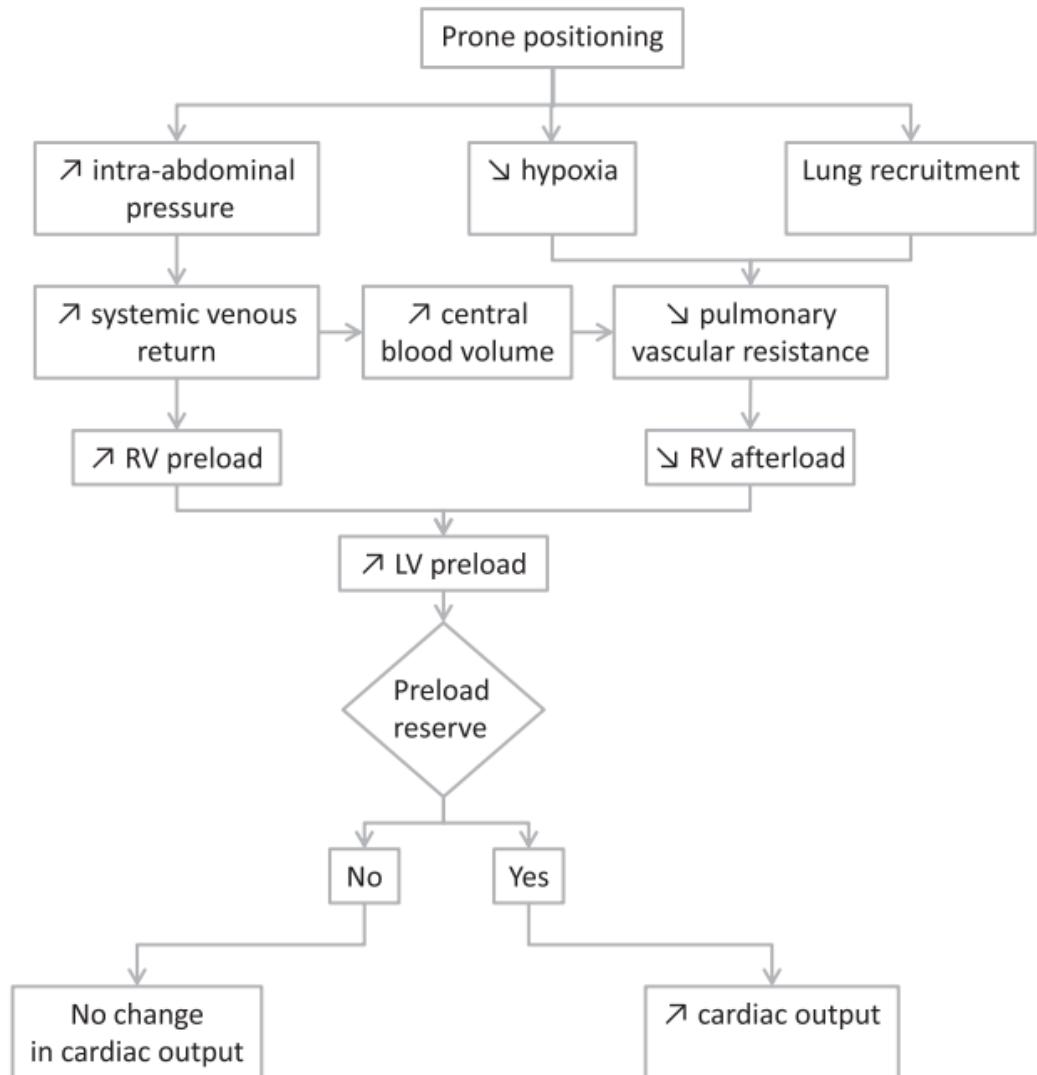
- [1] Chiumello D, et al. Severe hypoxemia: which strategy to choose[J]. Crit Care, 2016
- [2] 新型冠状病毒肺炎的挽救性治疗：实施俯卧位通气刻不容缓. 中华内科杂志 2020 年9月.



二、俯卧位通气改善COVID-19呼吸功能的机制

4. 改善血流动力学

- 俯卧位通气能改善急性右心功能衰竭^[1]。
- 俯卧位通气时，通过下述两方面机制使肺血管阻力下降^[2]
 - (1) 改善低氧血症、高碳酸血症及肺复张。
 - (2) 俯卧位升高患者腹腔压力，引起体循环充盈压升高，增加肺血管内血容量；增加右心前负荷且降低右心后负荷，进而增加左心前负荷，当重症患者左心功能正常时，俯卧位能显著改善重度ARDS血流动力学。



- [1]新型冠状病毒肺炎的挽救性治疗：实施俯卧位通气刻不容缓. 中华内科杂志 2020 年9月.
- [2] Jozwiak M, et al. Beneficial hemodynamic effects of prone positioning in patients with acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2013

CONTENTS
**目
录**

1

COVID-19的临床特点



2

俯卧位通气改善呼吸功能的机制



3

俯卧位通气在临床实施的指征



4

俯卧位通气的效果评估



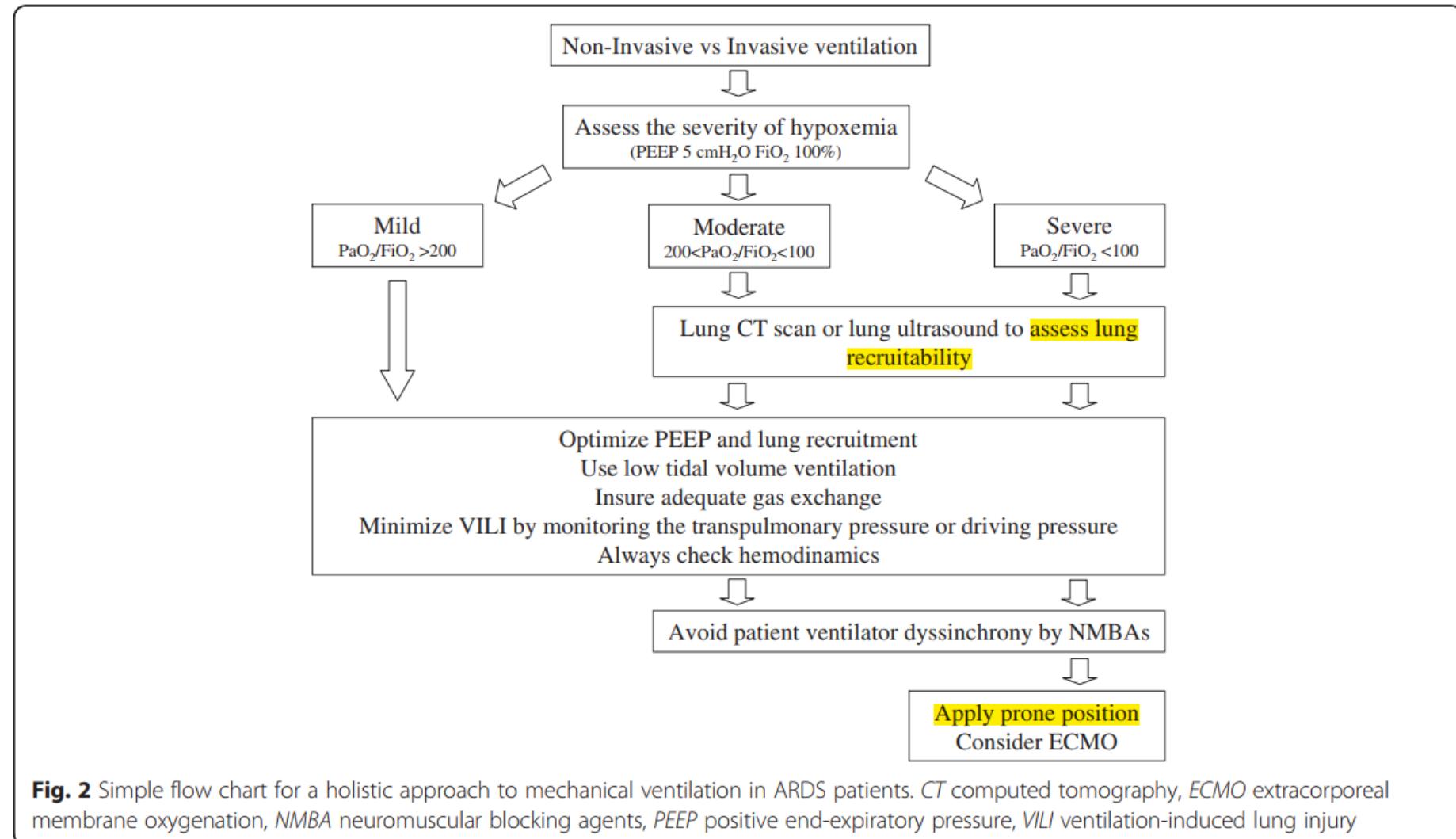
5

俯卧位通气的注意事项





三、俯卧位通气在临床实施的指征



- Chiumello D, et al. Severe hypoxemia: which strategy to choose[J]. Crit Care, 2016,



三、俯卧位通气在临床实施的指征

- 常规 ARDS 俯卧位通气指征: 中重度 ARDS [氧合指数小于 150 mmHg]，存在严重低氧血症和/或高碳酸血症时；
- 但对 COVID-19 患者应尽早实施俯卧位通气治疗；
- 由于新型冠状病毒的传染性强，医务人员需进行三级防护，在实施俯卧位时，需更多的人力，并增加医务人员的工作负荷。





清醒俯卧位的实施

清醒俯卧位治疗五步法

1.准备

与患者和家属沟通并取得同意。准备足够的枕头、毛巾或毯子，确保至少2人协助操作。

2.翻转

把床摇平，协助患者翻转至俯卧位。第1个枕头置于患者的胸部或腹部下方，第2个枕头置于患者前额下方，留出氧气面罩的位置。患者头部转向自觉舒适的位置。



3.给氧

调整氧气管在可见范围内。确保氧气充满储气袋，面罩不会压迫患者面部。

4.优化体位

放置枕头，调整床角度，减轻受力部位的压力，提高患者舒适度。膝盖轻度弯曲，手臂保持舒适角度，肘部应保持80°。上臂和肩部应保持水平。鼓励患者根据需要调整体位，若有不适及时寻求帮助。

5.监护

监测血氧饱和度、呼吸频率和患者舒适度。
目标为 $\text{SpO}_2 > 90\%$ ，孕妇目标 $\text{SpO}_2 > 92\%$ 。



三、俯卧位通气在临床实施的指征

- 对实施ECMO患者，亦应积极行俯卧位通气，目前循证医学证据表明，ECMO联合俯卧位通气治疗能改善重度ARDS患者的临床预后。

Table 1 Demographic characteristics, pre-ECMO treatments, ECMO and mechanical ventilation settings and outcomes of patients

	All patients (n = 168)	ECMO alone (n = 77)	Prone ECMO (n = 91)	P value
ECMO settings, the first day of ECMO, mean \pm SD				
ECMO blood flow (L/min)	4.2 \pm 0.7	4.1 \pm 0.7	4.3 \pm 0.7	0.17
Sweep gas flow (L/min)	5 \pm 2	5 \pm 2	5 \pm 2	0.80
Membrane lung fraction of oxygen (%)	100	100	100	1
Number of prone session during ECMO, mean \pm SD	1.5 \pm 2.5	–	3 \pm 3	–
ECMO weaning, n (%)	103 (61)	39 (50)	64 (70)	0.009
Duration of ECMO (days), mean \pm SD	15 \pm 13	9 \pm 8	20 \pm 14	<0.001
ECMO free days at day 60, mean \pm SD	22 \pm 23	19 \pm 25	24 \pm 22	0.30
Ventilator-free days at day 60, mean \pm SD	15 \pm 19	13 \pm 20	16 \pm 18	0.19
ICU length of stay (days), mean \pm SD	29 \pm 25	20 \pm 18	36 \pm 28	<0.001
30-day survival, n (%)	98 (58)	33 (43)	65 (71)	<0.001
60-day survival, n (%)	88 (52)	31 (40)	57 (62)	0.004
90-day survival, n (%)	82 (49)	29 (38)	53 (58)	0.008

- Guervilly C, et al. Prone positioning and extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome: time for a randomized trial? [J]. Intensive Care Med, 2019



三、俯卧位通气在临床实施的指征

- COVID-19患者俯卧位通气指征应区别重型和危重型。
- 对重型患者，积极的俯卧位通气能延缓重型向危重型进展，**重型俯卧位的时间尽可能长**，但取决于患者的耐受程度。
- 危重型患者在积极行肺保护性通气的基础上，低氧血症和/或高碳酸血症仍未改善，需积极行俯卧位通气治疗。



COVID-19往往是低肺可复张性，其俯卧位通气维持时间应至少**12 h**以上，且定时评价氧合和呼吸力学的变化



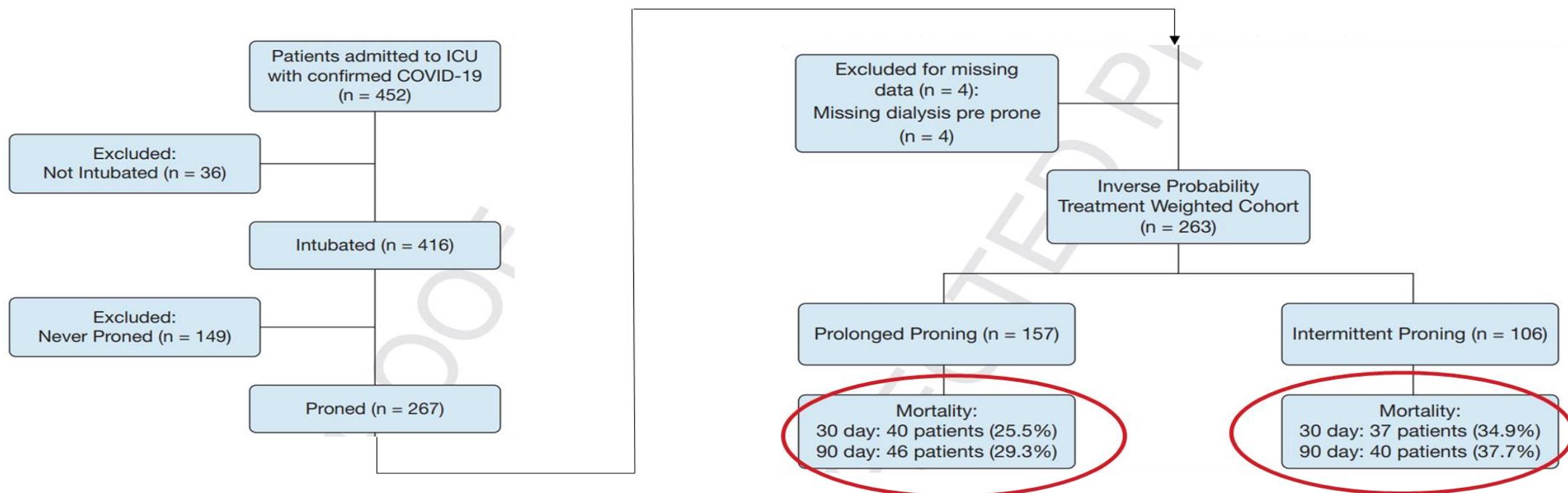
二、俯卧位通气的时长

[Critical Care Original Research]

 CHEST®

Prolonged Prone Position Ventilation Is Associated With Reduced Mortality in Intubated COVID-19 Patients

- Prolonged: $\geq 24\text{h}$
- Intermittent : $\leq 16\text{h}$





二、俯卧位通气的时长

[Critical Care Original Research]

 CHEST[®]

Prolonged Prone Position Ventilation Is Associated With Reduced Mortality in Intubated COVID-19 Patients

- Prolonged: $\geq 24\text{h}$
- Intermittent : $\leq 16\text{h}$

- 延长俯卧位较中位时间俯卧位可延长30天及90天全因死亡率

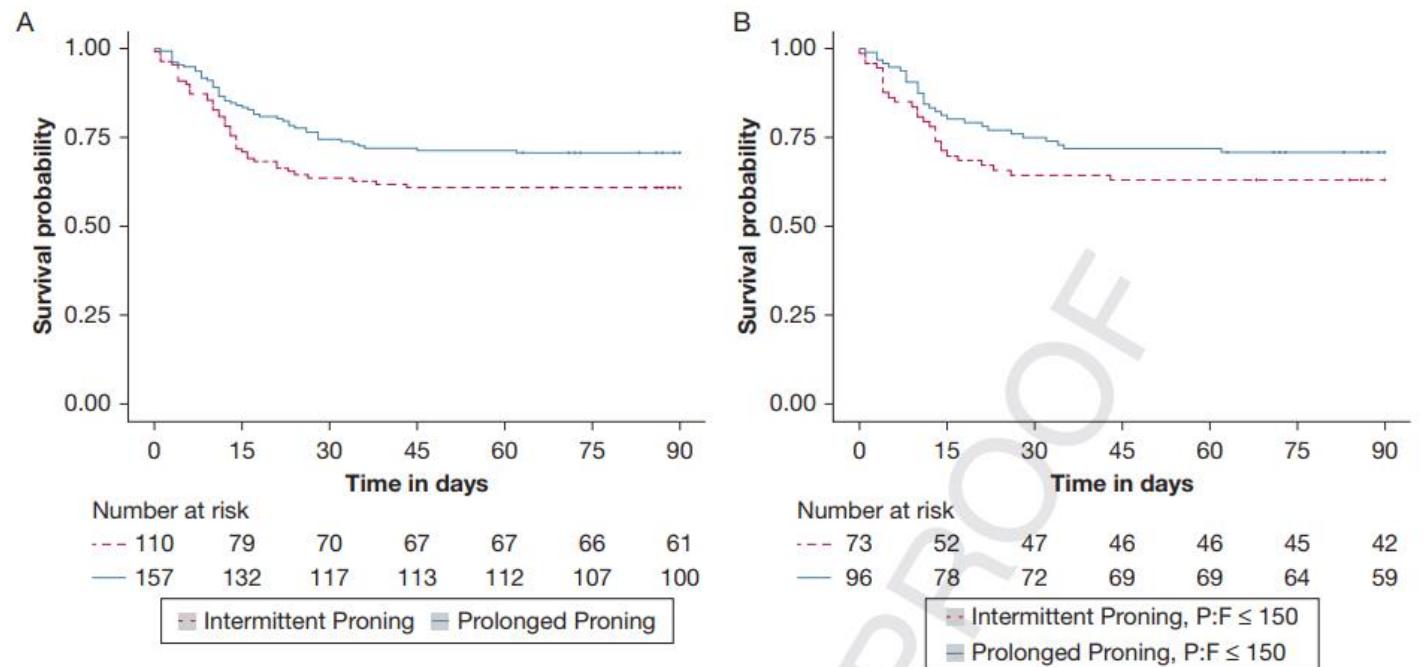


Figure 2 – Kaplan-Meier plot of the probability of survival from time of proning to 90 days. (A) in the entire cohort, and (B) in patients with $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 150$ at time of pronation.

- Okin D, et al. [Prolonged Prone Position Ventilation Is Associated With Reduced Mortality in Intubated COVID-19 Patients](#). Chest 2022 Nov 04.

CONTENTS
**目
录**

1

COVID-19的临床特点



2

俯卧位通气改善呼吸功能的机制



3

俯卧位通气在临床实施的指征



4

俯卧位通气的效果评估



5

俯卧位通气的注意事项





四、俯卧位通气的效果评估

效果评估主要包括影像学、氧合指数和动脉血二氧化碳分压（PaCO₂）的变化、呼吸力学指标的变化

1.影像学

- 胸部CT：能准确评估俯卧位通气效果，但床旁难以实现；
- 床旁胸部X线摄片：可协助评价肺部影像学变化，但不如CT特异；
- 床旁超声：可协助评估肺组织的复张，但对于肺泡过度膨胀超声并不能鉴别；
- 胸部电阻抗成像（EIT）：能够床旁持续监测和评估塌陷肺组织与过度膨胀肺组织的变化，但由于其价格昂贵，难以广泛推广。



四、俯卧位通气的效果评估

效果评估主要包括影像学、氧合指数和动脉血二氧化碳分压（PaCO₂）的变化、呼吸力学指标的变化

2. 氧合指数和 PaCO₂ 的变化

- 对俯卧位通气反应好的患者大部分脉搏血氧饱和度改善在俯卧位通气1 h内，仅少数患者俯卧位通气超过4 h才出现氧合改善。
- 氧合指数增加 $\geq 20\%$ 提示俯卧位通气反应性好。
- 俯卧位通气可改善通气，减少死腔通气量，因此 PaCO₂ 下降亦提示俯卧位通气有效。



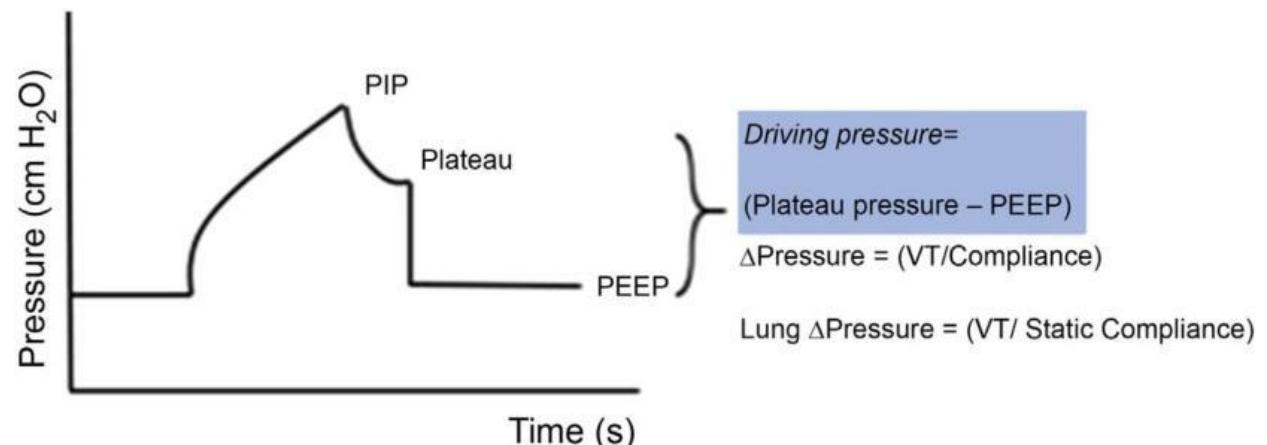


四、俯卧位通气的效果评估

效果评估主要包括影像学、氧合指数和动脉血二氧化碳分压（PaCO₂）的变化、呼吸力学指标的变化

3.呼吸力学的评价

- 对俯卧位通气有反应的COVID-19患者提示氧合、肺顺应性、高碳酸血症和肺可复张性的改善。
- 研究发现大部分患者在仰卧位治疗时肺复张/膨胀指数很低，提示低肺可复张性，但俯卧位通气后能逐渐改善患者氧合、高碳酸血症和肺顺应性，且伴随肺可复张性的改善。
- 一些危重型患者需要持续24 h以上的俯卧位通气，氧合、肺可复张性和肺顺应性才有所改善



- Chen L, et al. Potential for lung recruitment estimated by the recruitment-to-inflation ratio in acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2020



四、俯卧位通气的效果评估

4.是否改善预后，研究结果不一



EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL
ORIGINAL RESEARCH ARTICLE
O.R. PEREZ-NIETO ET AL.

Awake prone positioning and oxygen therapy in patients with COVID-19: the APRONOX study

- 纳入827例未进行气管插管的COVID-19患者，基础PO2/FiO2 200左右；
- PPV可以降低气管插管及病死率。

TABLE 2 Comparison of demographic and clinical characteristics at hospital admission and outcomes of patients in the awake prone and awake supine groups in both the unmatched and propensity score-matched cohorts

	Unmatched			Matched		
	Awake supine (n=322)	Awake prone (n=505)	p-value	Awake supine (n=311)	Awake prone (n=311)	p-value
Supplemental oxygen delivery device^a						
Low-flow nasal cannula	149 (46.3)	253 (50.1)	0.3	145 (46.6)	145 (46.6)	0.9
High-flow nasal cannula	22 (6.8)	61 (12.1)	0.01	22 (7.1)	33 (10.6)	0.1
Nonrebreather mask	151 (46.9)	190 (37.6)	0.008	144 (46.3)	132 (42.4)	0.3
Outcomes						
Intubation	130 (40.4)	119 (23.6)	<0.0001	123 (39.5)	77 (24.8)	<0.0001
Mortality	120 (37.3)	100 (19.8)	<0.0001	113 (36.3)	66 (21.2)	<0.0001



四、俯卧位通气的效果评估

4.是否改善预后，研究结果不一



EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL
ORIGINAL RESEARCH ARTICLE
O.R. PEREZ-NIETO ET AL.

Awake prone positioning and oxygen therapy in patients with COVID-19: the APRONOX study

- 纳入827例未进行气管插管的COVID-19患者，基础PO₂/FiO₂ 200左右；
- PPV可以降低气管插管及病死率。

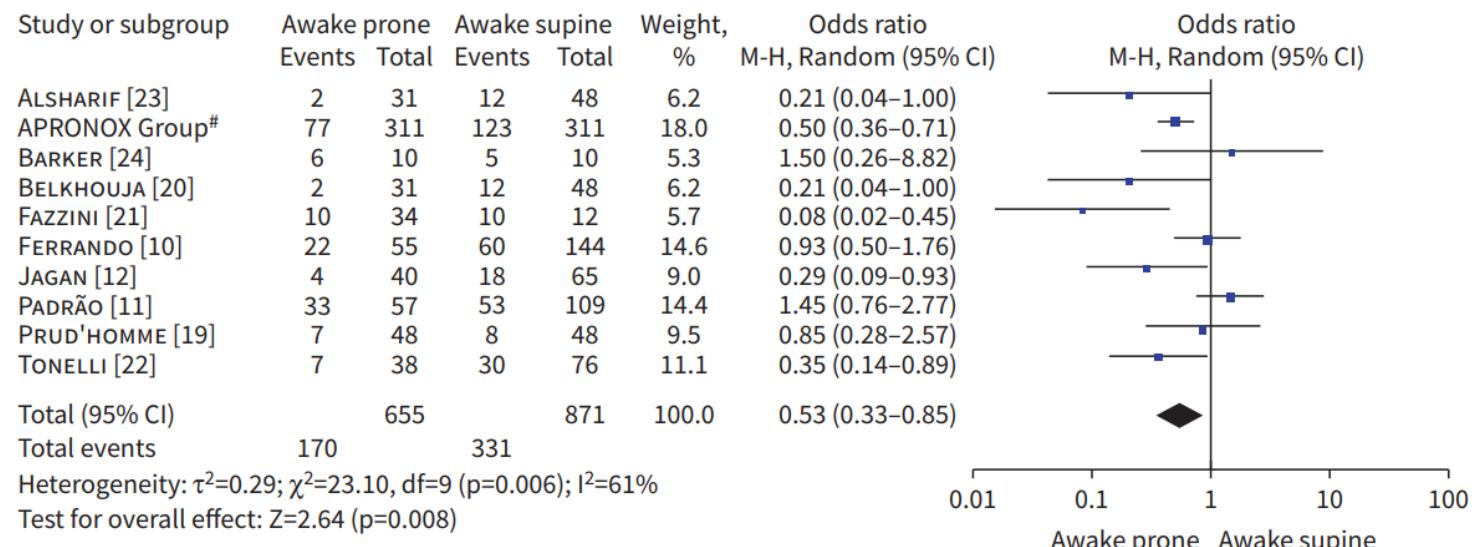


FIGURE 3 Forest plot of overall risk of orotracheal intubation in studies retrieved by the search strategy (appendix 7 in the supplementary material) [37] and in the APRONOX cohort. [#]: only patients in the propensity score-matched cohorts were included for the APRONOX study. M-H, Random: Mantel-Haenszel random effects method.



四、俯卧位通气的效果评估

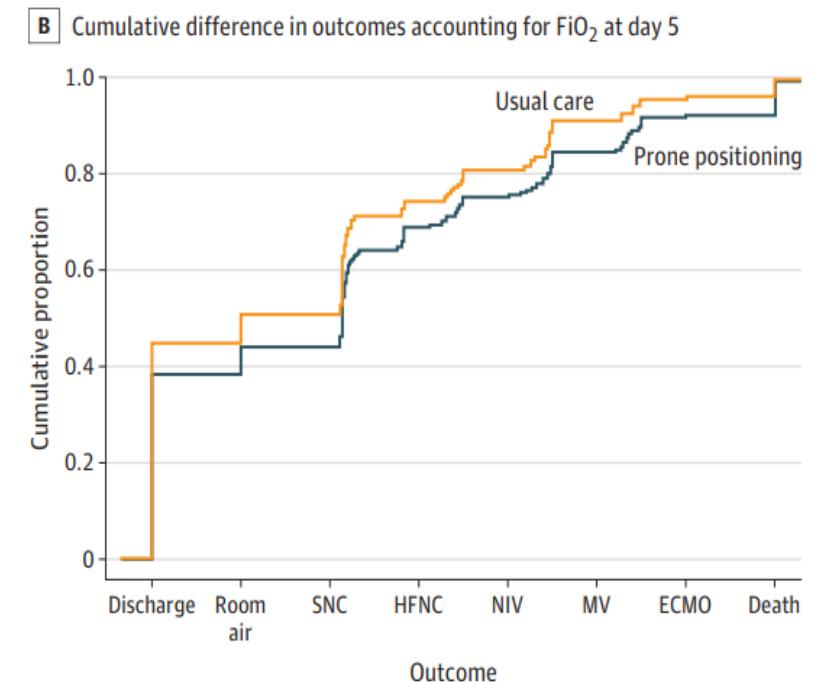
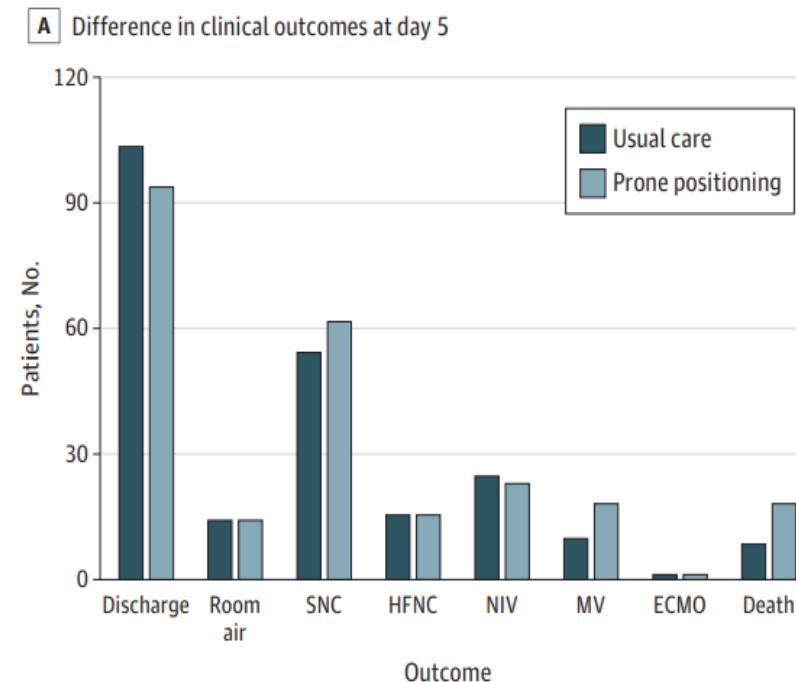
4.是否改善预后，研究结果不一

JAMA Internal Medicine | Original Investigation

Assessment of Awake Prone Positioning in Hospitalized Adults With COVID-19 A Nonrandomized Controlled Trial

Figure 3. World Health Organization Ordinal Scale Clinical Outcomes at Study Days 5, 14, and 28

- 纳入501例未进行气管插管的COVID-19患者；
- PPV在第5、14、28天的结局无明显差异。





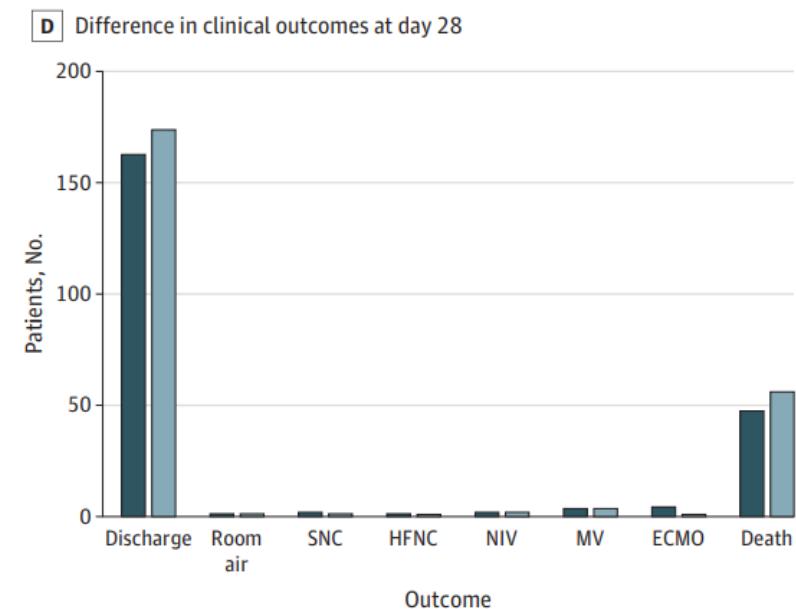
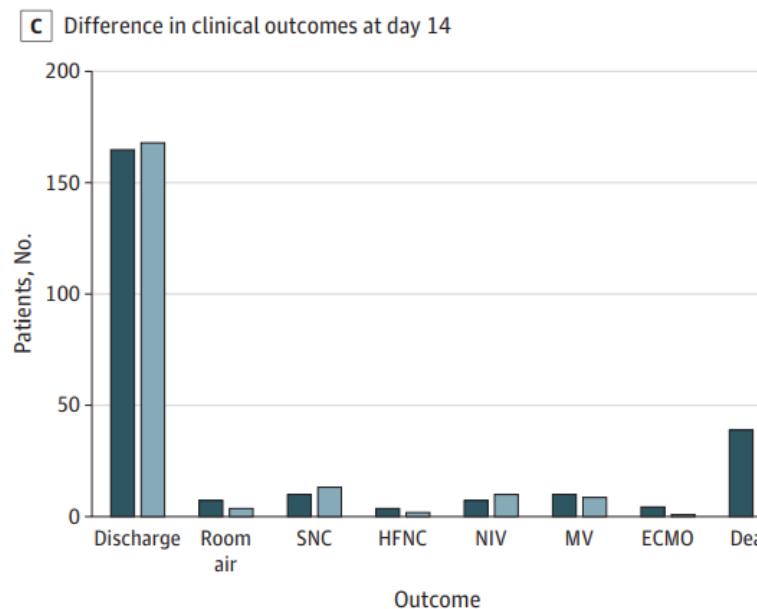
四、俯卧位通气的效果评估

4.是否改善预后，研究结果不一

JAMA Internal Medicine | Original Investigation

Assessment of Awake Prone Positioning in Hospitalized Adults With COVID-19 A Nonrandomized Controlled Trial

Figure 3. World Health Organization Ordinal Scale Clinical Outcomes at Study Days 5, 14, and 28



- 纳入501例未进行气管插管的COVID-19患者；
- PPV在第5、14、28天的结局无明显差异。



四、俯卧位通气的效果评估

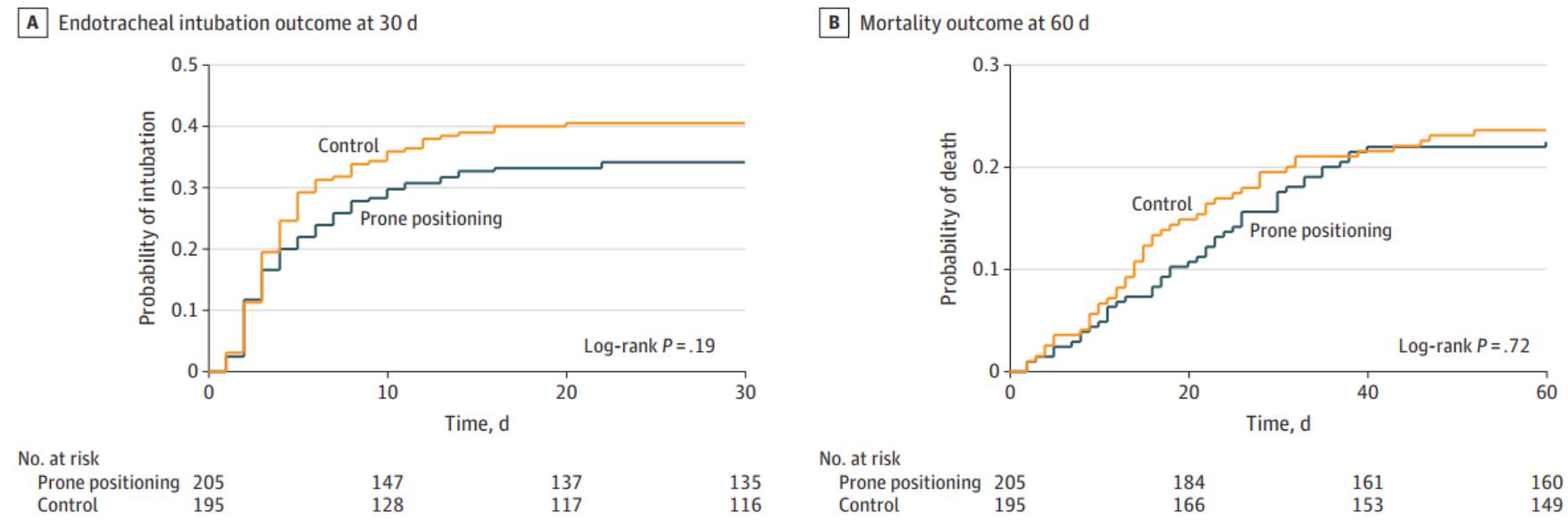
4.是否改善预后，研究结果不一

JAMA | Original Investigation | CARING FOR THE CRITICALLY ILL PATIENT

Effect of Awake Prone Positioning on Endotracheal Intubation in Patients With COVID-19 and Acute Respiratory Failure A Randomized Clinical Trial

- 纳入400例未进行气管插管的COVID-19患者；
- 主要研究终点：30天气管插管率；次要研究终点60天病死率；
- 统计结果无差异。

Figure 3. Kaplan-Meier Survival Curves for Endotracheal Intubation Within 30 Days of Randomization and Mortality at 60 Days



A, The log-rank test did not demonstrate a significant between-group difference ($P = .19$). The median time of observation was 30 days (IQR, 7-30 days) in the awake prone positioning group and 30 days (IQR, 5-30 days) in the control group.

B, The log-rank test did not demonstrate a significant between-group difference ($P = .72$). In both groups, the median time of observation was 60 days (IQR, 60-60 days).



俯卧位通气的指南意见

- 具有重症高危因素、病情进展较快的普通型，重型和危重型患者，应当给予规范的俯卧位治疗，建议每天不少于 12 小时
 - 《新型冠状病毒肺炎诊疗方案（试行第九版）》
- 由于体位受限，无法配合俯卧位患者可采取左右大侧卧位的方；
 - 《Ding L, et al. Crit Care. 2020 Jan 30;24(1):28.》
- 对于在普通病房接受氧疗的普通型或部分重型患者，若持续存在 $S\ p\ O\ 2 < 94\%$ ，且无禁忌证，应积极采取清醒俯卧位治疗；对于重症或危重症伴有中、重度 A R D S 患者，应在 I C U 内实施经典俯卧位治疗。
 - 《新型冠状病毒肺炎患者俯卧位治疗上海专家建议》

- 新型冠状病毒肺炎诊疗方案（试行第九版）
- (2) Ding L, et al. Crit Care. 2020 Jan 30;24(1):28.
- 《新型冠状病毒肺炎患者俯卧位治疗上海专家建议》

CONTENTS
**目
录**

1

COVID-19的临床特点



2

俯卧位通气改善呼吸功能的机制



3

俯卧位通气在临床实施的指征



4

俯卧位通气的效果评估



5

俯卧位通气的注意事项





五、俯卧位通气的注意事项

- 需关注皮肤黏膜的压力性损伤、颜面部的水肿、角膜的水肿，置入导管的压迫、扭曲、移位和脱出，注意着重加强患者的气道引流，防止气道阻塞。



减压贴



俯卧位垫



电极片



床单



脚垫



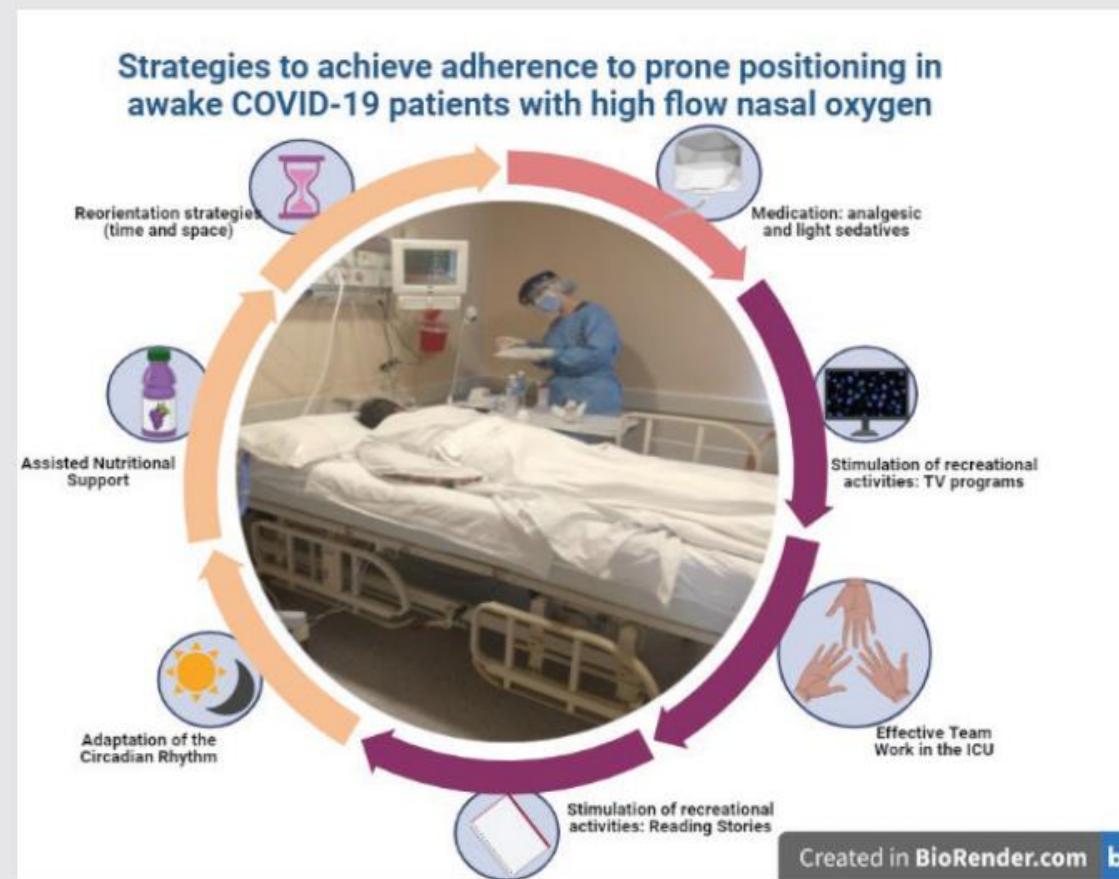
五、俯卧位通气的注意事项

- 可以改善舒适度的清醒俯卧位策略

FIGURE 1

Strategies to achieve adherence to awake prone positioning.

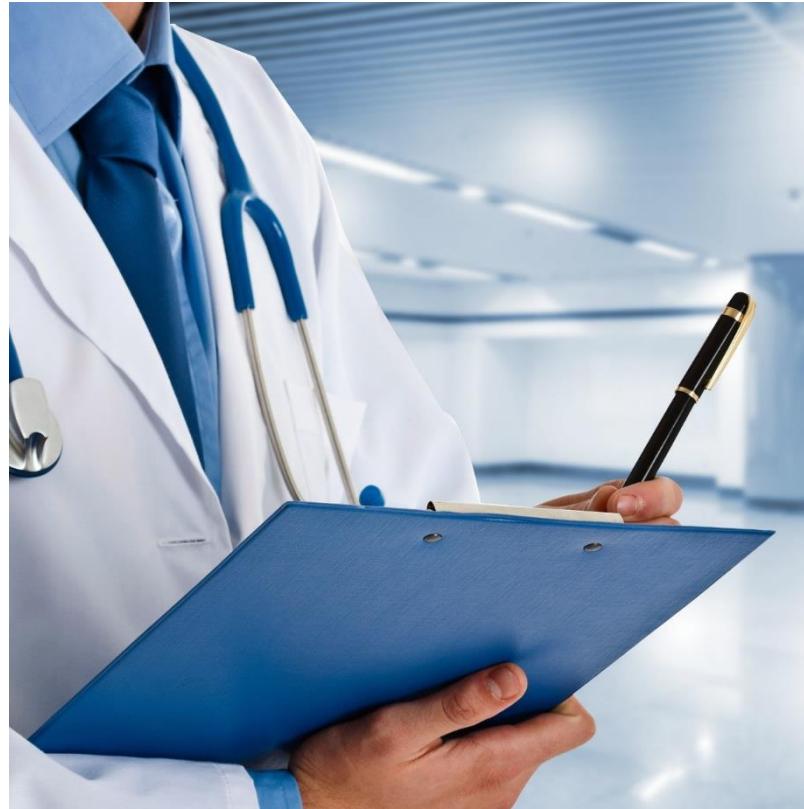
Presence of health care team, recreational activities, adaptation of the circadian rhythm, oral nutritional support, and analgesics.



Created in BioRender.com

- Busico M, et al. Strategies to achieve adherence to prone positioning in awake COVID-19 patients with high-flow nasal oxygen. A case series. Can J Respir Ther 2022;58

总 结



- COVID-19的肺主要力学特征为低肺可复张性；
- 俯卧位通气是治疗COVID-19的重要手段，能改善低氧血症、高碳酸血症、肺顺应性和肺可复张性；
- 早期实施能遏制轻型向重型和危重型进展，清醒俯卧位通气可以降低的气管插管风险^[1]，并且改善重型和危重型患者的临床预后；
- 积极早期实施俯卧位通气刻不容缓。