

肺复张

目录

1	Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications: a randomized clinical trial (比较在肺保护性通气时加入加强 VS 适度肺泡复张策略对术后肺部并发症的效果: 一项随机临床试验)	4
2	Open lung approach for the acute respiratory distress syndrome: A pilot, randomized controlled trial (急性呼吸窘迫综合征肺开放治疗方法: 一项初步随机对照试验)	5
3	How large is the lung recruitability in early acute respiratory distress syndrome: a prospective case series of patients monitored by computed tomography (早期急性呼吸窘迫综合征病人肺复张可能性有多大: 一项对通过 CT 监测的病的前瞻性病例系列研究)	6
4	Optimal duration of a sustained inflation recruitment maneuver in ARDS patients (对 ARDS 病人进行控制性膨胀肺复张操作的最佳时长)	7
5	Prone position and recruitment manoeuvre: the combined effect improves oxygenation (俯卧位及肺复张操作: 联合效应促进氧合)	8
6	Clinical efficacy and safety of recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome using low tidal volume ventilation: a multicentre randomized controlled clinical trial (使用低潮气量通气进行肺复张操作对急性呼吸窘迫综合征病人的临床疗效和安全性: 一项多中心随机对照临床试验)	9
7	A recruitment maneuver increases oxygenation after intubation of hypoxemic intensive care unit patients: a randomized controlled study (肺复张操作使低氧血症的重症监护室病人插管后的氧合改善: 一项随机对照研究)	10
8	Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early acute respiratory distress syndrome (早期急性呼吸窘迫综合征病人肺塌陷及低氧血症的可逆性)	11
9	Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome (急性呼吸窘迫综合征病人肺复张)	12
10	Lung computed tomography during a lung recruitment maneuver in patients with acute lung injury (急性肺损伤病人肺复张操作过程中的肺 CT)	13
11	Effects of recruiting maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy (肺复张操作对使用保护性通气策略通气的急性呼吸窘迫综合征病人的影响)	14
12	Recruitment maneuvers: using transpulmonary pressure to help Goldilocks (肺复张术: 使用跨肺压来获得恰到好处的效果)	15
13	Impact of recruitment on static and dynamic lung strain in acute respiratory distress syndrome (肺复张对急性呼吸窘迫综合征病人静态和动态肺应变的影响)	16

14	Volume delivered during recruitment maneuver predicts lung stress in acute respiratory distress syndrome (在肺复张操作过程中输送的容量可预测急性呼吸窘迫综合征病人的肺应力)	16
15	Sigh in supine and prone position during acute respiratory distress syndrome (急性呼吸窘迫综合征期间在仰卧位及俯卧位的叹气)	17
16	Opening pressures and atelectrauma in acute respiratory distress syndrome (急性呼吸窘迫综合征中的开放压力和肺萎陷伤)	18
17	A positive response to a recruitment maneuver with PEEP titration in patients with ARDS, regardless of transient oxygen desaturation during the maneuver (不论在操作过程中是否出现短暂的氧饱和度减小, ARDS 病人对 PEEP 滴定肺复张操作都有积极反应)	19
18	Safety and efficacy of a sustained inflation for alveolar recruitment in adults with respiratory failure (控制性膨胀肺复张对成人呼吸衰竭病人的安全性和疗效)	20
19	Bedside assessment of the effects of positive end-expiratory pressure on lung inflation and recruitment by the helium dilution technique and electrical impedance tomography (通过氦稀释法和电阻抗成像临床评估呼气末正压对肺膨胀和复张的影响)	21
20	Dynamics of end expiratory lung volume after changing positive end-expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome patients (改变急性呼吸窘迫综合征病人的 PEEP 后呼气末肺容量的动力学)	21
21	Acute physiologic effects of a stepwise recruitment maneuver in acute respiratory distress syndrome (阶梯式肺复张操作对急性呼吸窘迫综合征病人的急性生理影响)	22
22	Acute hemodynamic effects of recruitment maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome (肺复张操作对急性呼吸窘迫综合征病人的急性血液动力学影响)	22
23	Intercomparison of recruitment maneuver efficacy in three models of acute lung injury (相互比较肺复张操作对三个急性肺损伤模型的疗效)	23
	Pediatric patients (儿童病人)	24
24	Respiratory and hemodynamic effects of a stepwise lung recruitment maneuver in pediatric ARDS: a feasibility study (阶梯式肺复张操作对儿童 ARDS 病人的呼吸及血液动力学影响: 一项可行性研究)	24
25	The safety and efficacy of sustained inflations as a lung recruitment maneuver in pediatric intensive care unit patients (控制性膨胀肺复张操作对儿童重症监护室病人的安全性及疗效)	25
26	Comparison of 2 lung recruitment strategies in children with acute lung injury (比较 2 个儿童急性肺损伤病人的肺复张策略)	26

27	Lung aeration changes after lung recruitment in children with acute lung injury: a feasibility study (儿童急性肺损伤病人肺复张后的肺通气变化: 一项可行性研究)	27
	Additional files (其它文献)	28
28	Recruitment maneuvers and PEEP titration (肺复张操作及 PEEP 滴定)	28
29	Lung recruitment in acute respiratory distress syndrome: what is the best strategy? (急性呼吸窘迫综合征病人肺复张: 最佳策略是什么?)	28
30	Recruitment maneuvers for acute lung injury: a systematic review (急性肺损伤病人肺复张操作: 一项系统回顾)	29

Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications: a randomized clinical trial (比较在肺保护性通气时加入加强 VS 适度肺泡复张策略对术后肺部并发症的效果：一项随机临床试验)

Costa Leme A, Hajjar LA, Volpe MS, Fukushima JT, De Santis Santiago RR, Osawa EA, Pinheiro de Almeida J, Gerent AM, Franco RA, Zanetti Feltrim MI, Nozawa E, de Moraes Coimbra VR, de Moraes Ianotti R, Hashizume CS, Kalil Filho R, Auler JO Jr, Jatene FB, Gomes Galas FR, Amato MB
 JAMA. 2017 Apr 11;317(14):1422-1432

PMID 28322416, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28322416>

实验设计 前瞻性随机试验：加强肺复张策略（高压肺复张术，PEEP = 13 cmH2O）或适度肺复张策略（低压肺复张术，PEEP = 8 cmH2O）

病人 320 名心脏手术后缺氧病人

目的 对接受小潮气量肺保护性通气的术后患者，评估加强肺泡复张策略对术后肺部并发症的作用。

主要结果 加强肺复张策略组患者肺部并发症得分均值为 1.8 (1.7-2.0) 且中位数是 1.7 (1.0-2.0)，而适度肺复张策略组患者相应值为 2.1 (2.0-2.3) 和 2.0 (1.5-3.0)。加强肺复张策略组患者平均住院时间为 10.9 天，而适度肺复张策略组为 12.4 天 (p = 0.04)。加强肺复张策略组患者 ICU 住院时间均值为 3.8 天，而适度肺复张策略组为 4.8 天 (p = 0.01)。加强肺复张策略组患者院内死亡率为 2.5%，而适度肺复张策略组为 4.9% (p > 0.05)。

结论 在心脏术后缺氧患者中，使用加强肺泡复张策略后出现严重并发症比使用适度肺泡复张策略更少。

注释 这项研究评估了加强肺复张策略对心脏术后患者肺部并发症的作用

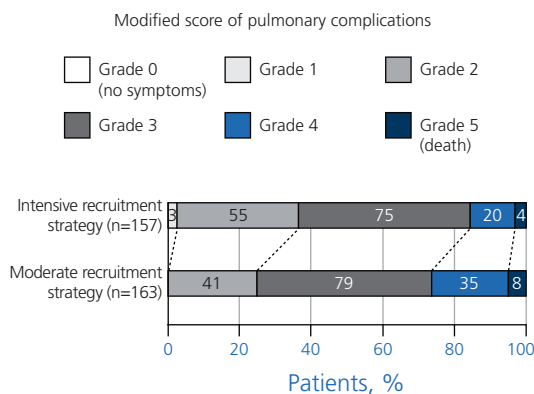


图 1: 使用加强肺复张策略可减少术后肺部并发症的严重程度和发生率。

Open lung approach for the acute respiratory distress syndrome: A pilot, randomized controlled trial (急性呼吸窘迫综合征肺开放治疗方法: 一项初步随机对照试验)

Kacmarek RM, Villar J, Sulemanji D, Montiel R, Ferrando C, Blanco J, Koh Y, Soler JA, Martínez D, Hernández M, Tucci M, Borges JB, Lubillo S, Santos A, Araujo JB, Amato MB, Suárez-Sipmann F 肺开放方法网络. Crit Care Med. 2016 Jan;44(1):32-42
PMID 26672923, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26672923>

实验设计 前瞻性多中心初步随机对照试验

病人 200 名中度至严重早期发作的 ARDS 病人

目的 比较使用低水平 PEEP 的 ARDSnet 方案与肺开放方法 (OLA = 基于最佳顺应性的肺复张操作和 PEEP 递减试验)

主要结果 60 天死亡率 (29% OLA vs 33% ARDSnet 方案, $p = 0.18$)、ICU 死亡率 (25% OLA vs 30% ARDSnet 方案, $p = 0.53$) 和撤机天数 (8 [0-20] 天 OLA vs 7 [0-20] 天 ARDSnet 方案, $p = 0.53$) 无显著差异。与 ARDSnet 方案的病人相比, OLA 中的病人在 24、48 和 72 小时的气道驱动压和 PaO₂/FI_O₂ 显著改善

结论 OLA (肺开放方法) 可改善氧合和驱动压力

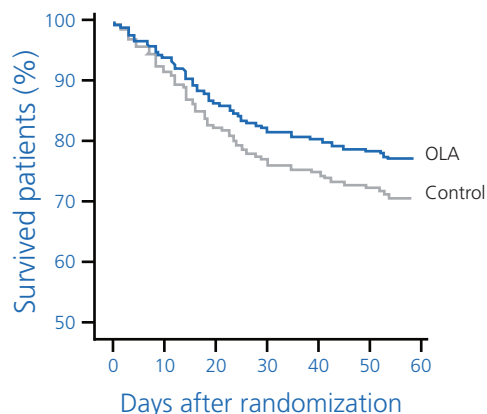


图 2: 在此初步研究中 OLA 与更好的生存率 (在统计学上无显著差异) 相关, 但应执行一项大型随机对照试验, 以比较 OLA 和 ARDSnet 方案的结果

How large is the lung recruitability in early acute respiratory distress syndrome: a prospective case series of patients monitored by computed tomography (早期急性呼吸窘迫综合征病人肺复张可能性有多大：一项对通过 CT 监测的病人的前瞻性病例系列研究)

de Matos GF, Stanzani F, Passos RH, Fontana MF, Albaladejo R, Caserta RE, Santos DC, Borges JB, Amato MB, Barbas CS

Crit Care. 2012 Jan 8;16(1):R4

PMID 22226331, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22226331>

实验设计	前瞻性干预研究：最大肺复张策略，阶梯式 RM（肺复张操作）提高至 45 cmH2O
病人	51 名早期严重 ARDS 病人
目的	阐述最大复张策略的影响
主要结果	开放平台压为 60 ±6 cmH2O。平均 PaO2/FiO2 比值在 RM 之后从 125 ±43 增至 300 ±103，并在 7 天内保持在 300 以上。非充气组织在 RM 之后从 54% [42-62] 显著降至 13% [5-24]。估计潜在可复张性肺达到 45% [25-53]。ICU 死亡率 = 28% 及医院死亡率 = 33%。
结论	肺复张操作可逆转低氧血症及大多数在 ARDS 早期塌陷的肺组织

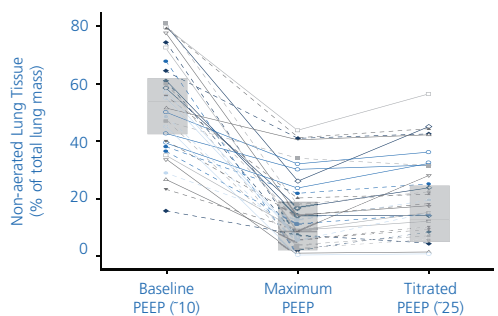
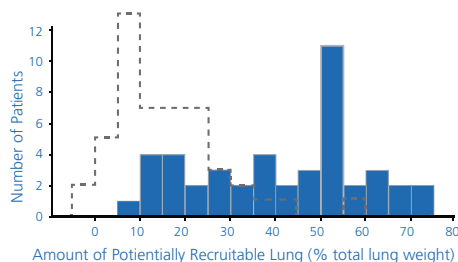


图 3: RM 伴行 PEEP 滴定可使非充气组织减少。肺复张可能性在 ARDS 病人中有所不同，并且相比晚期 ARDS 病人（虚线），在早期发病的 ARDS 病人（蓝色直方图）中更高。



Optimal duration of a sustained inflation recruitment maneuver in ARDS patients (对 ARDS 病人进行控制性膨胀肺复张操作的最佳时长)

Arnal JM, Paquet J, Wysocki M, Demory D, Donati S, Granier I, Corno G, Durand-Gasselín J

Intensive Care Med. 2011 Oct;37(10):1588-94

PMID 21858522, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21858522>

实验设计	前瞻性干预研究：在 40 cmH ₂ O 持续 30 秒充气
病人	50 名早期 ARDS 病人
目的	对 RM（肺复张操作）期间的肺复张动力学和血液动力学状态进行测量
主要结果	平均容量增加为 210 ±198 ml。时间常数为 2.3 ±1.3 秒。收缩压及平均动脉压可维持 10 秒，在 RM 过程中 20-30 秒的时间段出现显著降低，并在 RM 结束后 30 秒恢复到 RM 前的数值。心率、舒张动脉压及 SpO ₂ 在 RM 过程中或之后无变化。
结论	最初 10 秒及血液动力学障碍期间发生的大多数肺复张在 10 秒后都很显著，控制性膨胀法 RM 的最佳时长约为 10 秒

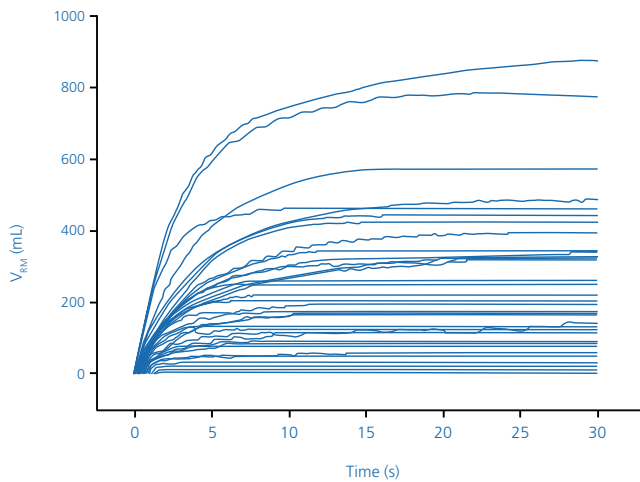


图 4: 各个控制性膨胀曲线显示 10 秒足以实现最大容量增加

Prone position and recruitment manoeuvre: the combined effect improves oxygenation (俯卧位及肺复张操作：联合效应促进氧合)

Rival G, Patry C, Floret N, Navellou JC, Belle E, Capellier G

Crit Care. 2011 May;15(3):R125

PMID 21575205, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21575205>

实验设计	前瞻性干预研究：所有病人都在仰卧位（SP）及俯卧位（PP）通气 6 小时。在 SP RM1 开始时、在转至 PP（RM2）后 1 小时以及在 6 小时 PP（RM3）结束时分别在压力控制模式下执行 45 cmH ₂ O 延长叹气。
病人	16 名早期 ARDS 病人
目的	研究 RM 及 PP 对氧合状态的影响
主要结果	PaO ₂ 水平及 PaO ₂ /FiO ₂ 比值提高在 SP 下是短暂的，但在 PP 时是持久的。PaO ₂ /FiO ₂ 变化仅在 RM3 之后显著。此全局策略对氧合状态有益：PaO ₂ /FiO ₂ 比值在本研究结束后 13 小时从 98 mmHg 增至 166 mmHg。Pplat（平台压）在每次 RM 之后及整个 PP 期间都下降。
结论	联合 RM 及 PP 可使氧合状态增加
注释	此 RM 方法与伴有容积伤风险的高潮气量相关。

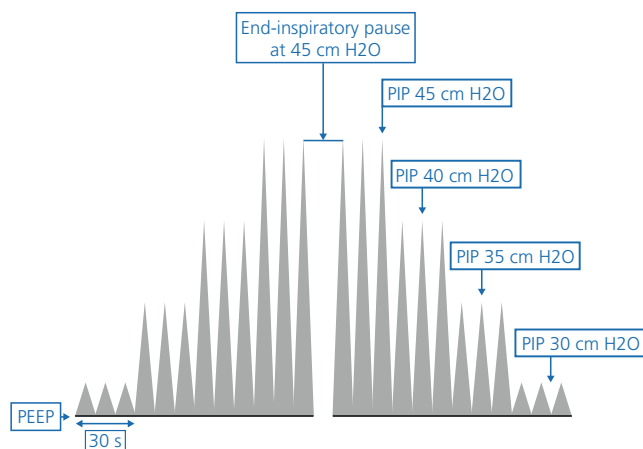


图 5: 在压力控制通气模式下执行的肺复张方案：每 30 秒使吸气压力增加 5 cmH₂O，增至 45 cmH₂O；然后暂停 30 秒；最后每 30 秒使吸气压力降低 5 cmH₂O，直至降至基线。

Clinical efficacy and safety of recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome using low tidal volume ventilation: a multicentre randomized controlled clinical trial (使用低潮气量通气进行肺复张操作对急性呼吸窘迫综合征病人的临床疗效和安全性：一项多中心随机对照临床试验)

Xi XM, Jiang L, Zhu B; RM group

Chin Med J. 2010 Nov;123(21):3100-5

PMID 21162963, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21162963>

实验设计 多中心随机对照试验：在 5 天内每 8 小时在 40 cmH₂O 下进行 40 秒控制性膨胀肺复张与不进行 RM（肺复张操作）

病人 110 名 ARDS 病人

目的 评估 RM 的临床疗效及安全性

主要结果 在 RM 组中，相比基线，在 1 天及 2 天的 PaO₂/FiO₂ 增加了（P = 0.007 及 P = 0.001）。医院死亡率、28 天死亡率及 28 天撤机天数无显著差异。ICU 死亡率（32.7% vs 52.7%）、28 天无辅助呼吸至少连续 48 小时的生存率（58.2% vs 36.2%）以及 28 天无非肺源性器官衰竭天数（17 ± 11 vs 13 ± 12）都支持 RM 组。

结论 RM 对临床结果产生有利影响

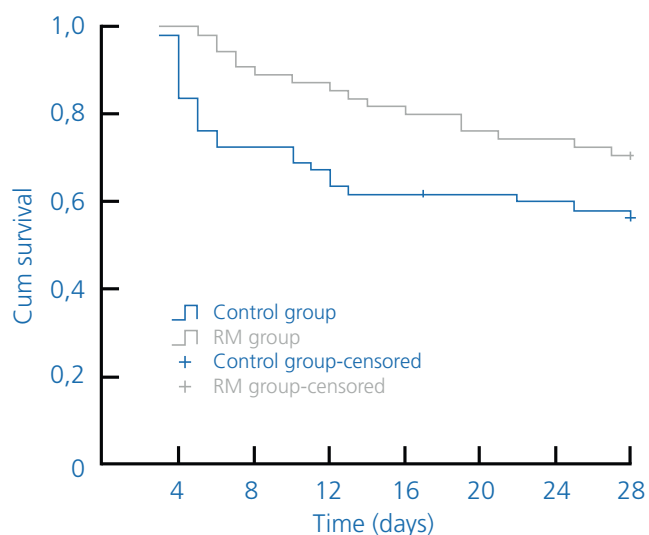


图 6: RM 使 ARDS 病人生存率增加

A recruitment maneuver increases oxygenation after intubation of hypoxemic intensive care unit patients: a randomized controlled study (肺复张操作使低氧血症的重症监护室病人插管后的氧合改善：一项随机对照研究)

Constantin JM, Futier E, Cherprenet AL, Chanques G, Guerin R, Cayot-Constantin S, Jabaudon M, Perbet S, Chartier C, Jung B, Guelon D, Jaber S, Bazin JE

Crit Care. 2010 Apr;14(2):R76

PMID 20426859, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20426859>

实验设计 随机对照试验：在 30 cmH₂O 下进行 30 秒控制性膨胀肺复张与不进行 RM（肺复张操作）

病人 40 名插管的急性低氧性呼吸衰竭病人

目的 评估在插管后立即执行 RM 的疗效和安全性

主要结果 插管后 5 分钟，相比对照组，RM 组在 100% FiO₂ 下获得的 PaO₂ 显著更高 (93 ± 36 vs 236 ± 117 mmHg)。对照组和 RM 组在 30 分钟的差异仍然显著，分别为 110 ± 39 及 180 ± 79 mmHg。RM 与不利影响增加不相关。

结论 低氧血症的病人插管后行 RM 可促进氧合状态



图 7: 插管后进行 RM 可使氧合状态增加，并且在 30 分钟后氧合状态仍然很高

Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early acute respiratory distress syndrome (早期急性呼吸窘迫综合征病人肺塌陷及低氧血症的可逆性)

Borges JB, Okamoto VN, Matos GF, Carames MP, Arantes PR, Barros F, Souza CE, Victorino JA, Kacmarek RM, Barbas CS, Carvalho CR, Amato MB

Am J Respir Crit Care Med. 2006 Aug 1;174(3):268-78

PMID 16690982, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16690982>

实验设计 前瞻性干预研究：最大肺复张策略，阶梯式 RM（肺复张操作）提高至 45 cmH2O

病人 26 名 ARDS 病人

目的 测试 RM 是否在临床上适用于早期 ARDS 病人

主要结果 在气道压 = 40 和 60 cmH2O 之间氧合状态增加及塌陷组织量百分比减少。

结论 大多数早期 ARDS 病人可开放肺

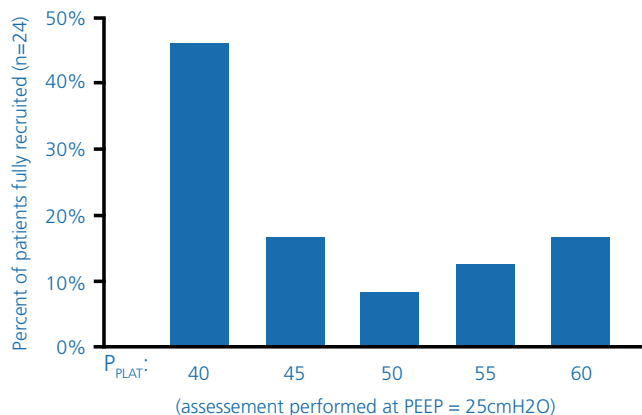


图 8: 部分病人需要平台压 = 60 cmH2O 至完全复张

Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome (急性呼吸窘迫综合征病人肺复张)

Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri VM, Quintel M, Russo S, Patroniti N, Cornejo R, Bugeo G

N Engl J Med. 2006 Apr 27;354(17):1775-86

PMID 16641394, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16641394>

实验设计	前瞻性干预研究：压力控制模式平台压 = 45 cmH2O
病人	68 名 ARDS 病人
目的	检查潜在可复张肺百分比与 RM（肺复张操作）临床及生理影响的关系
主要结果	相比潜在可复张肺百分比更低的病人，潜在可复张肺百分比更高的病人肺总重量更大，氧合状态更差，Crs（呼吸系统顺应性）更低，死腔水平更高，以及死亡率更高。
结论	在 ARDS 病人中，潜在可复张肺百分比极度不同，并与 PEEP 的反应强烈相关
注释	PEEP 未根据肺复张设置。对肺复张可能性高的病人设置低 PEEP 使 VILI（呼吸机诱发性肺损伤）及死亡率增加。

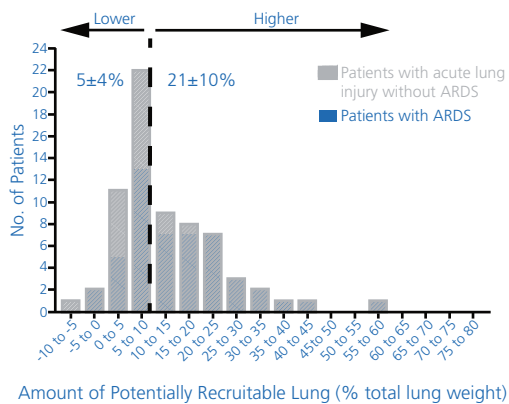
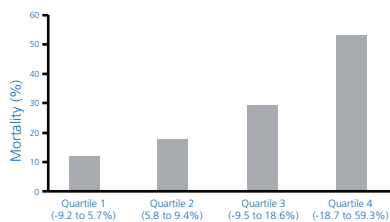


图 9: ARDS 病人的肺复张可能性因人而异。肺复张可能性最高的病人预后最差



Lung computed tomography during a lung recruitment maneuver in patients with acute lung injury (急性肺损伤病人肺复张操作过程中的肺 CT)

Bugedo G, Bruhn A, Hernández G, Rojas G, Varela C, Tapia JC, Castillo L

Intensive Care Med. 2003 Feb;29(2):218-25

PMID 12536272, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12536272>

实验设计	前瞻性干预研究：阶梯式 RM（肺复张操作）高至 30-40 cmH2O
病人	10 名 ARDS 病人
目的	评估 RM 对肺组织形态的急性影响
主要结果	在 PEEP 10 cmH2O，不良通气及非通气组织 = 60 ±9% 的肺实质有 1 ±2% 的过度充气。使 PEEP 增至 20 及 30 cmH2O，相比 PEEP 10 cmH2O，不良通气及非通气组织减少 16 ±28% 及 33 ±14%。在 PEEP 30 cmH2O 下过度充气组织增至 3 ±4%。
结论	RM 可使塌陷肺泡复张，同时不会导致太多过度充气

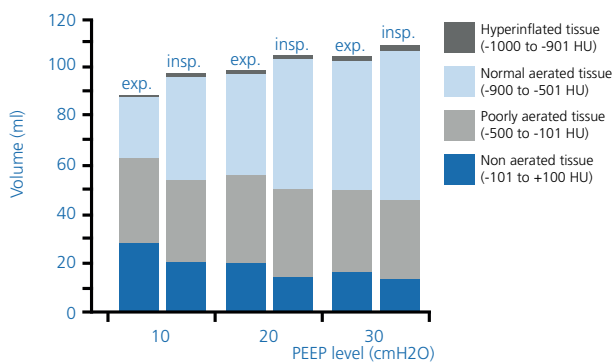


图 10: 增加 PEEP 可使非充气组织减少，但不会使过度充气组织增加

Effects of recruiting maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy (肺复张操作对使用保护性通气策略通气的急性呼吸窘迫综合征病人的影响)

Grasso S, Mascia L, Del Turco M, Malacarne P, Giunta F, Brochard L, Slutsky AS, Marco Ranieri V Anesthesiology. 2002 Apr;96(4):795-802

PMID 11964585, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11964585>

实验设计	前瞻性干预研究：在 40 cmH ₂ O 持续 40 秒充气
病人	22 名 ARDS 病人。根据 PaO ₂ /FiO ₂ 是否增加 50%，可将病人分为反应者及非反应者
目的	评估肺及胸壁的弹性属性对 RM（肺复张操作）有效性的影响。
主要结果	RM 使非反应者的 PaO ₂ /FiO ₂ 增加 20 ± 3% (n = 11)，而使反应者的增加 175 ± 23% (n = 11)。非反应者的 E _I （肺弹性）及 E _{cw} （胸壁弹性）更高。非反应者的心输出量及平均动脉压降低 31 ± 2% 及 19 ± 3%，而反应者的降低 2 ± 1% 及 2 ± 1%。
结论	RM 可促进氧合状态，并在无胸壁力学损伤的病人中耐受良好

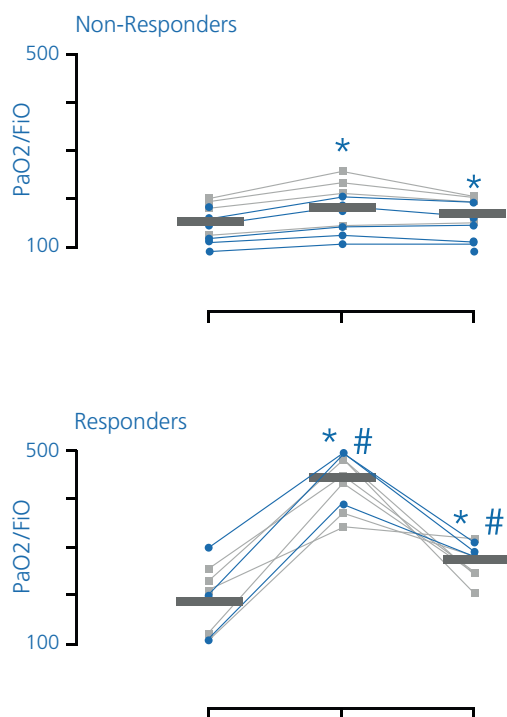


图 11: 部分病人在 RM 期间 SpO₂ 增加，他们被称作“反应者”，未出现 SpO₂ 增加的其他人被称作“非反应者”

Recruitment maneuvers: using transpulmonary pressure to help Goldilocks (肺复张术：使用跨肺压来获得恰到好处的效果)

Baedorf Kassis E, Loring S, Talmor D.

Intensive Care Med. 2017 Aug;43(8):1162-1163

PMID 28386726, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28386726>

实验设计	EPVent 研究事后分析
病人	28 名病人
目的	在肺复张时检测肺弹性的变化：肺弹性下降（ ΔEL 为负）可认为是肺复张的证据，而肺弹性上升（ ΔEL 为正）是过度复张的证据
主要结果	在手术操作中复张容量依赖于跨肺压并反向依赖于 ΔEL （肺弹性）：- 当患者的最高跨肺压 (PL, RM) ≥ 20 cmH ₂ O，在肺复张时 ΔEL 是正的 - 当最高跨肺压在 10 到 20 cmH ₂ O 之间时 ΔEL 是负的 - 当患者最高跨肺压小于 10 cmH ₂ O， ΔEL 可忽略不计
结论	最优“窗口”为 10 到 20 cmH ₂ O 之间，足够扩张肺，优化弹性并避免过度扩张
注释	跨肺压可以帮助确定有效并安全进行肺复张术时的压力。

Impact of recruitment on static and dynamic lung strain in acute respiratory distress syndrome (肺复张对急性呼吸窘迫综合征病人静态和动态肺应变的影响)

García-Prieto E, López-Aguilar J, Parra-Ruiz D, Amado-Rodríguez L, López-Alonso I, Blázquez-Prieto J, Blanch L, Albaiceta GM
Anesthesiology. 2016 Feb;124(2):443-52
PMID 26569171, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26569171>

实验设计	动物研究和前瞻性生理研究
病人	6 只油酸致伤的猪和 6 名中度到严重 ARDS 病人
目的	澄清肺复张在肺应变测量（定义为吸气末容量和功能残气量的比值）中的作用
主要结果	在动物模型中，肺复张可使动态肺应变显著降低 ($p < 0.01$)，同时使静态肺应变增加。病人在三个通气环境下的总肺应变保持不变。潮气量增加无显著影响。不断增加的 PEEP 使动态肺应变持续降低 ($p < 0.05$)，静态肺应变持续增加 ($p < 0.05$)。病人的动态肺应变和总肺应变变异与肺复张容积总量相关。
结论	肺复张可引起早期急性呼吸窘迫综合征病人从动态肺应变到静态肺应变的转移

Volume delivered during recruitment maneuver predicts lung stress in acute respiratory distress syndrome (在肺复张操作过程中输送的容量可预测急性呼吸窘迫综合征病人的肺应力)

Beitler JR, Majumdar R, Hubmayr RD, Malhotra A, Thompson BT, Owens RL, Loring SH, Talmor D
Crit Care Med. 2016 Jan;44(1):91-9
PMID 26474111, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26474111>

实验设计	EPVent 子研究
病人	42 名 ARDS 病人
目的	确定在肺复张操作过程中输送的容量 (VRM) (包括在 40 cmH ₂ O 下持续充气 30 秒) 是否与急性呼吸窘迫综合征病人的肺应力和死亡率负相关
主要结果	在 7.4 和 34.7 ml/kg 之间的 VRM 可预测体重。更低的 VRM 可预测高吸气末和呼气肺应力。低 VRM 还与增加的死亡风险相关。
结论	低 VRM 可预测高肺应力，也可预测急性呼吸窘迫综合征病人的死亡风险
注释	本次研究利用 VRM 评估充气肺区的最大规模，以明确潜在的肺复张性

Sigh in supine and prone position during acute respiratory distress syndrome (急性呼吸窘迫综合征期间在仰卧位及俯卧位的叹气)

Pelosi P, Bottino N, Chiumello D, Caironi P, Panigada M, Gamberoni C, Colombo G, Bigatello LM, Gattinoni L

Am J Respir Crit Care Med. 2003 Feb 15;167(4):521-7

PMID 12493644, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12493644>

实验设计	前瞻性干预研究：每分钟 3 次叹气
病人	10 名早期 ARDS 病人
目的	评估在仰卧位及俯卧位的肺复张
主要结果	在仰卧位及俯卧位的叹气均可使 PaO ₂ 增加。PaO ₂ 及 EELV（呼气末肺容量）的最高值出现在俯卧位增加叹气时，并且在叹气停止后 1 小时仍然显著很高。PaO ₂ 增加与在仰卧位及俯卧位的叹气都相关，并与 EELV 增加线性相关。
结论	通气期间在俯卧位执行 RM（肺复张操作）可产生最佳肺复张

Opening pressures and atelectrauma in acute respiratory distress syndrome (急性呼吸窘迫综合征中的开放压力和肺萎陷伤)

Cressoni M, Chiumello D, Algieri I, Brioni M, Chiurazzi C, Colombo A, Colombo A, Crimella F, Guanziroli M, Tomic I, Tonetti T, Luca Vergani G, Carlesso E, Gasparovic V, Gattinoni L
Intensive Care Med. 2017 May;43(5):603-611
PMID 28283699, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28283699>

实验设计 双中心前瞻性研究

病人 33 名 ARDS 病人：其中 5 名轻度患者、10 名中度患者、9 名重度患者不伴 ECMO，9 名重度患者伴 ECMO

目的 在不同的 PEEP 和平台压水平检测肺复张。

主要结果 肺组织的比例在 30 到 45 cmH₂O 开放压力间随疾病的严重程度增加，从 10 ± 29 到 185 ± 134 g (p < 0.05)。当 PEEP 水平在 5 cmH₂O 和 15 cmH₂O 时肺内塌陷相似，这与病情严重程度无关。将压力增加到 45 cmH₂O 将降低轻度和中度 ARDS 的肺不同质性，但对重度 ARDS 无效。

结论 绝大多数严重 ARDS 患者是能够进行肺复张的。为有效肺复张，要求压力高于 30 cmH₂O。

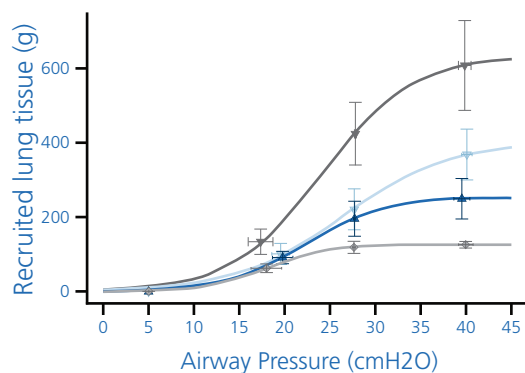


图 12: 浅灰色: 轻度 ARDS; 深蓝色: 中度 ARDS; 浅蓝色: 严重 ARDS 不伴 ECMO, 深灰色: 严重 ARDS 伴有 ECMO。ARDS 表现越严重, 肺复张可能性越大

A positive response to a recruitment maneuver with PEEP titration in patients with ARDS, regardless of transient oxygen desaturation during the maneuver (不论在操作过程中是否出现短暂的氧饱和度减小, ARDS 病人对 PEEP 滴定肺复张操作都有积极反应)

Hodgson CL, Tuxen DV, Bailey MJ, Holland AE, Keating JL, Pilcher D, Thomson KR, Varma D
J Intensive Care Med. 2011 Jan-Feb;26(1):41-9
PMID 21262752, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21262752>

实验设计 前瞻性干预研究: 阶梯式 RM (肺复张操作) 高至 40 cmH₂O

病人 20 名早期急性肺损伤病人

目的 评估阶梯式 RM 的安全性及呼吸和血液动力学影响

主要结果 在 RM 之后, 肺分流分数、氧饱和度 (93% ± 2% 至 97% ± 3%)、PaO₂、PaO₂/FiO₂、Crs (呼吸系统顺应性) 及胸部 X 光片显著改善。80% 的病人会产生反应, 并且该反应可维持 1 小时。8 名病人在 RM 过程中饱和度减小 6% ± 3%, 但到 RM 结束时其中 5 人相对于基线 SpO₂ 仍有提高。

结论 大多数早期急性肺损伤病人对 RM 具有反应。在 RM 过程中氧饱和度减小在 1 小时以后不会显示反应失败。

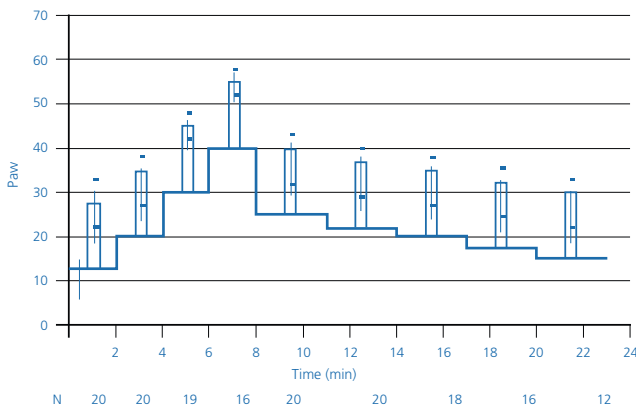


图 13: 阶梯式肺复张操作方案: PEEP 增加 10 cmH₂O 至 40 cmH₂O, 步幅 = 2 分钟; 减少 2.5 cmH₂O, 步幅 = 3 分钟, 直至 SpO₂ 减少

Safety and efficacy of a sustained inflation for alveolar recruitment in adults with respiratory failure (控制性膨胀肺复张对成人呼吸衰竭病人的安全性和疗效)

Lapinsky SE, Aubin M, Mehta S, Boiteau P, Slutsky AS

Intensive Care Med. 1999 Nov;25(11):1297-301

PMID 10654217, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10654217>

实验设计 前瞻性干预研究：在 30 - 45 cmH₂O 持续 20 秒充气

病人 14 名低氧性呼吸衰竭病人

目的 评估 20 秒控制性膨胀肺复张的安全性和疗效

主要结果 大多数病人在 10 分钟以内氧合状态显著改善。平均 SpO₂ 从 87 ± 5% 增至 94 ± 2%。在 20 秒充气过程中低血压及轻微氧饱和度减小见于部分病人，但在充气停止后迅速逆转。

结论 控制性膨胀肺复张是一种安全的并在临床上适用的 RM (肺复张操作)，可促进氧合状态

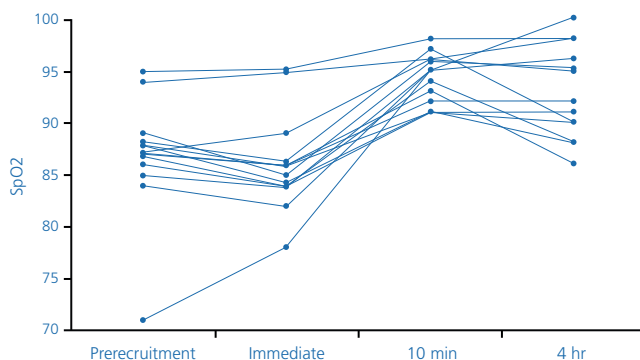


图 14: SpO₂ 在 RM 过程中增加，并在 RM 之后仍高于基线

Bedside assessment of the effects of positive end-expiratory pressure on lung inflation and recruitment by the helium dilution technique and electrical impedance tomography (通过氦稀释法和电阻抗成像临床评估呼气末正压对肺膨胀和复张的影响)

Mauri T, Eronia N, Turrini C, Battistini M, Grasselli G, Rona R, Volta CA, Bellani G, Pesenti A
Intensive Care Med. 2016 Oct;42(10):1576-87

PMID 27518321, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27518321>

实验设计	前瞻性随机交叉研究
病人	20 名病人；12 名急性低氧性呼吸衰竭病人和 8 名急性 ARDS 病人
目的	通过 EIT（电阻抗成像）和氦稀释法测定 PEEP 有关的肺容量变异
主要结果	通过电阻抗成像和氦稀释法测定的 PEEP 诱发的肺膨胀和复张变异显示密切相关（分别为 $r^2 = 0.78$, $p < 0.001$ 及 $r^2 = 0.68$, $p < 0.001$ ），但一致极限具有相对较高的可变性。在更高的 PEEP 下，所有肺区的复张都很明显（ $p < 0.01$ ），同时呼气通气分布的异质性因潮气量增加使下肺区扩张而降低（ $p < 0.001$ ）；在上肺区，肺顺应性降低（ $p < 0.001$ ），同时呼气过度充气显著增加（ $p < 0.001$ ）。在 ARDS 病人子组中，下肺区呼气过度充气在更高的 PEEP 下降低（ $p = 0.05$ ），可能指示肺复张潜力更高。
结论	高水平 PEEP 对 VILI（呼吸机诱发性肺损伤）的局部决定因素产生混合影响

Dynamics of end expiratory lung volume after changing positive end-expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome patients (改变急性呼吸窘迫综合征病人的 PEEP 后呼气末肺容量的动力学)

Garnero A, Tuxen D, Corno G, Durand-Gasselien J, Hodgson C, Arnal JM

Crit Care. 2015 Sep 18;19:340

PMID 26383835, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26383835>

实验设计	前瞻性干预研究：阶梯式 RM（肺复张操作）高至 40 cmH ₂ O
病人	26 名早期发病的中度至严重 ARDS 病人
目的	测量 PEEP 在 5 - 40 cmH ₂ O 之间按 5 cmH ₂ O 增加及减少过程中呼气末肺容量的动力学，以确定阶梯式肺复张操作过程中每一步的最佳时长
主要结果	在 PEEP 增加过程中，在 2 [2-2] 次呼吸内达到预期增加容量（呼吸系统顺应性乘以增加压力），并在 13 [6 - 16] 次呼吸内达到 95% 的额外增加容量（呼气末总容量变化减预期增加容量）。在 PEEP 减少过程中，在 1 [1-1] 次呼吸内达到预期减少容量，并在 8 [2-15] 次呼吸内达到 95% 的额外减少容量。
结论	在早期 ARDS 病人中，大多数呼气末容量变化发生在最初一分钟

Acute physiologic effects of a stepwise recruitment maneuver in acute respiratory distress syndrome (阶梯式肺复张操作对急性呼吸窘迫综合征病人的急性生理影响)

Morán I, Blanch L, Fernández R, Fernández-Mondéjar E, Zavala E, Mancebo J
Minerva Anesthesiol. 2011 Dec;77(12):1167-75
PMID 21623343, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21623343>

实验设计	前瞻性干预研究：阶梯式 RM（肺复张操作）高至 40 cmH ₂ O
病人	13 名早期 ARDS 病人
目的	评估 RM 的临床影响
主要结果	在 RM 后 2 小时，PaO ₂ /FiO ₂ 高于基线 (187 ±102 vs 339 ±136 mmHg)。在 4 名病人中 RM 因严重并发症而停止：3 人二氧化碳减少，1 人低血压，1 人室上性心动过速。
结论	在进行阶梯式 RM 时要小心应用，密切监测

Acute hemodynamic effects of recruitment maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome (肺复张操作对急性呼吸窘迫综合征病人的急性血液动力学影响)

Park KJ, Oh YJ, Chang HJ, Sheen SS, Choi J, Lee KS, Park JH, Hwang SC
J Intensive Care Med. 2009 Nov-Dec; 24(6):376-82
PMID 19846416, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19846416>

实验设计	前瞻性干预研究：在 40 cmH ₂ O 持续 30 秒充气
病人	22 名 ARDS 病人
目的	评估 RM 过程中的循环及心脏变化
主要结果	在 RM 过程中平均血压、收缩压及舒张压在 20 及 30 秒降低（平均血压：从在基线时的 92 ±12 降至在 RM 结束时的 83 ±18 mmHg），并在随后恢复。在 RM 过程中心率在 10 及 20 秒的时间段降低，然后往往增加。在 RM 过程中两心室尺寸显著减小。左心室射血分数及左心室峰速在收缩期仍然稳定。平均血压与左心室舒张末期尺寸的分数的变化相关。
结论	在 RM 过程中观察到平均血压短暂降低，并且其下降程度与预负荷减少相关

Intercomparison of recruitment maneuver efficacy in three models of acute lung injury (相互比较肺复张操作对三个急性肺损伤模型的疗效)

Lim SC, Adams AB, Simonson DA, Dries DJ, Broccard AF, Hotchkiss JR, Marini JJ

Crit Care Med. 2004 Dec;32(12):2371-7

PMID 15599138, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15599138>

实验设计	动物研究：在 45 cmH ₂ O 下进行 40 秒控制性膨胀肺复张，阶梯式 RM（肺复张操作）及 PC（压力控制）
病人	28 只患有 VILI（呼吸机诱发性肺损伤）、油酸致肺损伤及肺炎球菌肺炎的猪
目的	评估 3 个 RM 技术的血液动力学结果
主要结果	在 VILI 模型中 PC 导致 PaO ₂ 持续增加，但在油酸致肺损伤及肺炎球菌肺炎模型中，任何 RM 技术均无差异。
结论	这 3 个 RM 技术在氧合状态方面是等效的

Pediatric patients (儿童病人)

Respiratory and hemodynamic effects of a stepwise lung recruitment maneuver in pediatric ARDS: a feasibility study (阶梯式肺复张操作对儿童 ARDS 病人的呼吸及血液动力学影响：一项可行性研究)

Cruces P, Donoso A, Valenzuela J, Díaz F

Pediatr Pulmonol. 2013 Nov;48(11):1135-43

PMID 23255291, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23255291>

实验设计	前瞻性干预研究：阶梯式 RM（肺复张操作）高至 25 cmH2O
病人	25 名早期儿童 ARDS 病人，年龄 = 5 [1-16] 个月
目的	评估 RM 对儿童 ARDS 病人气体交换及肺力学的影响
主要结果	执行 30 次 RM，全部成功完成。无漏气出现。在第 4 次 RM 过程中出现轻微低血压。在 RM 之后，Crs（呼吸系统顺应性）及 PaO ₂ /FiO ₂ 增加，但 PaCO ₂ 无变化。氧合状态在 12 及 24 小时改善。28 天死亡率为 16%。
结论	在儿童 ARDS 病人中，RM 是安全的，耐受良好，并可改善肺功能

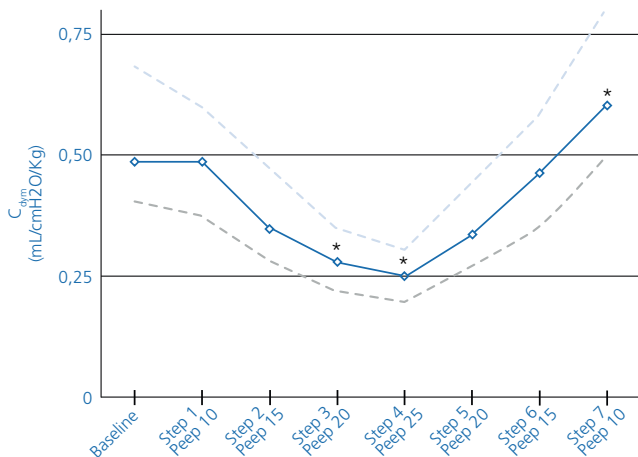


图 15: 在 RM 过程中顺应性在高水平 PEEP 下降低，但在递减 PEEP 试验过程中增加，并且在方案结束时高于基线

The safety and efficacy of sustained inflations as a lung recruitment maneuver in pediatric intensive care unit patients (控制性膨胀肺复张操作对儿童重症监护室病人的安全性及疗效)

Duff JP, Rosychuk RJ, Joffe AR

Intensive Care Med. 2007 Oct;33(10):1778-86

PMID 17607560, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17607560>

实验设计	前瞻性干预研究：在呼吸机断开、吸痰、低氧血症以后或按常规每 12 小时在 30-40 cmH ₂ O 下执行一次 15-20 秒控制性膨胀肺复张
病人	32 名年龄从 11 天至 14 岁的儿童病人
目的	评估 RM 对儿童病人的安全性和疗效
主要结果	7/93 RM (7.5%) 因病人躁动而中断，以及 2/93 (2.2%) 因短暂心动过缓而中断。收缩压、心率或 SpO ₂ 在 RM 前后无变化，同时也无漏气。在 3 名颅内顺应性变异的病人中，3/8 RM 与颅内压尖峰相关。FiO ₂ 持续显著降低 6%，并在 RM 后持续长达 6 小时。
结论	RM 对儿童病人是安全的

Comparison of 2 lung recruitment strategies in children with acute lung injury (比较 2 个儿童急性肺损伤病人的肺复张策略)

Kheir JN, Walsh BK, Smallwood CD, Rettig JS, Thompson JE, Gómez-Laberge C, Wolf GK, Arnold JH
Respir Care. 2013 Aug;58(8):1280-90

PMID 23232733, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23232733>

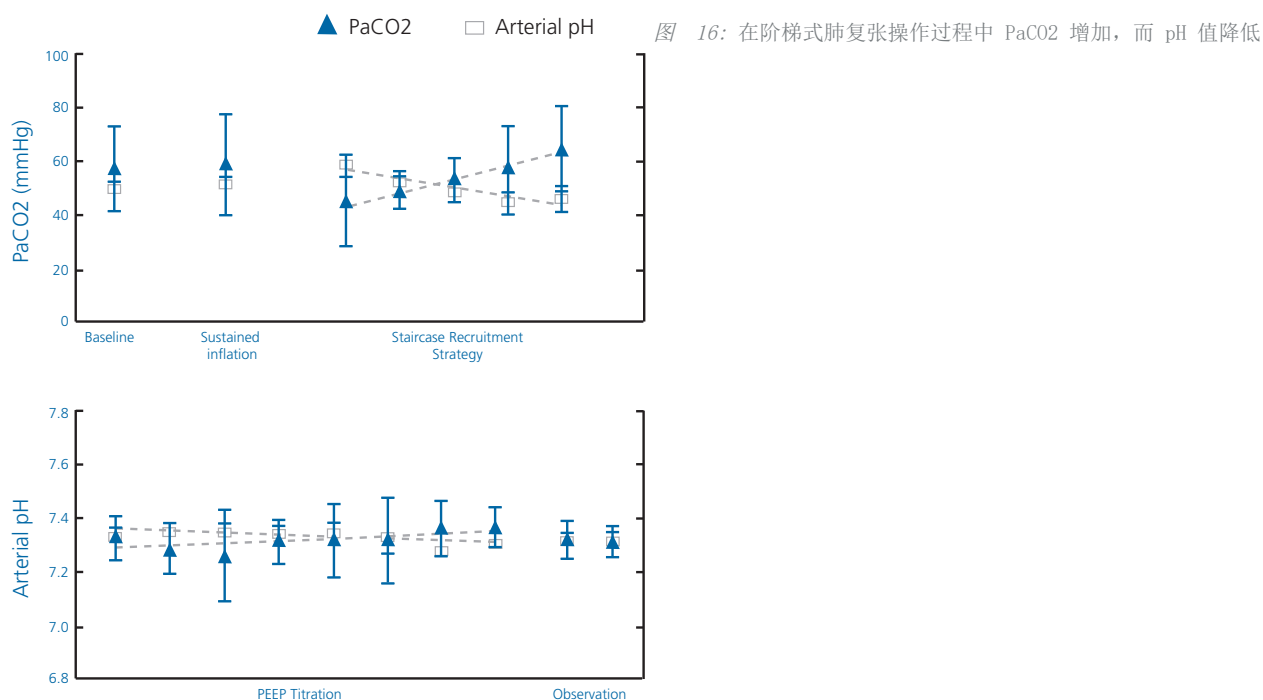
实验设计 前瞻性非随机交叉初步研究：在 40 cmH2O 下进行 40 秒控制性膨胀肺复张以及阶梯式 RM（肺复张操作）高至 35 cmH2O

病人 10 名年龄从 4 岁至 17 岁的儿童 ALI（急性肺损伤）病人

目的 比较 2 个 RM 策略的急性影响

主要结果 两个方法都对提高 PaO₂ 及 FRC（功能残气量）有效。控制性膨胀肺复张与暂时饱和度减小相关。在阶梯式 RM 过程中，死腔及 PaCO₂ 增加，而 CO₂ 清除状态及 Crs（呼吸系统顺应性）降低。

结论 两个方法都对提高 PaO₂ 有效，但在进行阶梯式 RM 时需要小心二氧化碳



Lung aeration changes after lung recruitment in children with acute lung injury: a feasibility study (儿童急性肺损伤病人肺复张后的肺通气变化: 一项可行性研究)

Boriosi JP, Cohen RA, Summers E, Sapru A, Hanson JH, Gildengorin G, Newman V, Flori HR
Pediatr Pulmonol. 2012 Aug;47(8):771-9
PMID 22298419, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22298419>

实验设计 病例系列研究: 阶梯式 RM (肺复张操作)

病人 6 名年龄从 1 个月至 15 岁的儿童 ALI (急性肺损伤) 病人

目的 阐述儿童 ALI 病人在 RM 之后的 CT 扫描肺充气变异及气体交换

主要结果 在 RM 之后充气及不良充气肺增加从 3% 至 72% 有所不同 (20% [6-47])。所有病人在 RM 之后 PaO₂ /FiO₂ 都会有所改善 (14% [8-72])。4/6 出现 PaCO₂ 减少。1 名受试者在 RM 过程中出现短暂高碳酸血症, 这与充气肺最小增加相关。所有病人都能耐受 RM, 并且无血液动力学影响、气压伤、低氧血症或节律障碍。

结论 根据肺部断层扫描, 肺复张可导致肺充气改善, 并伴随氧合状态和通气提高。

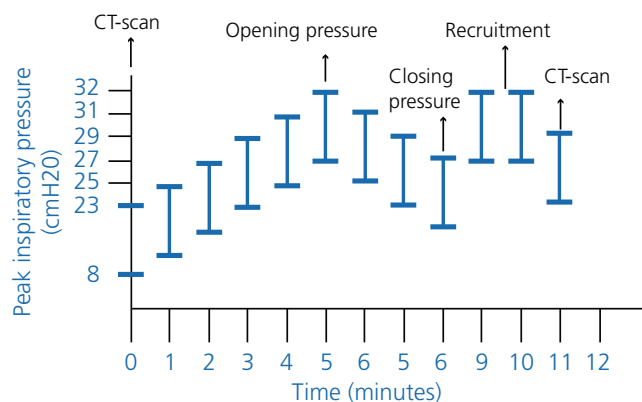


图 17: 儿童阶梯式肺复张操作方案。使 PEEP 每分钟增加 2 cmH₂O, 增至临界开放压力 (PEEP 与最高顺应性相关) 或吸气压 = 45 cmH₂O。然后使 PEEP 每分钟降低 2 cmH₂O, 降至临界开放压力 (PEEP 与最高顺应性相关)。在临界开放压力下度过 2 分钟后, PEEP 稳定在临界开放压力 +2 cmH₂O。

Additional files (其它文献)

Recruitment maneuvers and PEEP titration (肺复张操作及 PEEP 滴定)

Hess DR

Respir Care. 2015 Nov;60(11):1688-704

PMID 26493593, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26493593>

实验设计 论述

结论 肺复张及 PEEP 滴定的原理和方法

Lung recruitment in acute respiratory distress syndrome: what is the best strategy? (急性呼吸窘迫综合征病人肺复张：最佳策略是什么?)

Keenan JC, Formenti P, Marini JJ

Curr Opin Crit Care. 2014 Feb;20(1):63-8

PMID 24335655, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24335655>

实验设计 论述

结论 执行肺复张操作的原因、时间和方式

Recruitment maneuvers for acute lung injury: a systematic review (急性肺损伤病人肺复张操作：一项系统回顾)

Fan E, Wilcox ME, Brower RG, Stewart TE, Mehta S, Lapinsky SE, Meade MO, Ferguson ND

Am J Respir Crit Care Med. 2008 Dec 1;178(11):1156-63

PMID 18776154, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18776154>

实验设计

系统回顾

目的

总结肺复张操作的生理影响及不良反应

结论

在肺复张操作之后氧合状态显著增加，并且血液动力学参数未在临床上出现显著的永久性变异。低血压及饱和度减小是最常见的不良反应。严重不良反应（气压伤 [1%] 及心律失常 [1%]）很少见。

Hamilton Medical 哈美顿医疗公司

Via Crusch 8, 7402 Bonaduz, 瑞士

☎ +41 58 610 10 20

info@hamilton-medical.com

www.hamilton-medical.com