

肺保护性通气策略与PEEP滴定的研究进展

王楚嫣^{1,2}, 田津瑜^{1,2}, 苗娜娜^{1,2}, 向思琳^{1,2}, 郑军^{2*}

¹延安大学医学院, 陕西 延安

²延安大学附属医院麻醉与围术期医学科, 陕西 延安

收稿日期: 2025年8月15日; 录用日期: 2025年9月8日; 发布日期: 2025年9月17日

摘要

肺保护性通气策略(LPVS)和呼气末正压(PEEP)滴定是急性呼吸窘迫综合征(ARDS)及围手术期呼吸管理的关键组成部分。本文系统综述了近年来相关研究进展, 聚焦PEEP滴定方法、驱动压导向通气、个体化通气策略及其在不同临床情境中的应用效果。研究表明, 尽管肺保护性通气原则已获广泛认可, 但最佳PEEP滴定策略仍存争议, 个体化选择与实施面临挑战。未来研究需进一步探索精准化PEEP滴定方法、多模态监测技术整合及特殊人群的优化策略, 以改善患者预后并减少呼吸机相关肺损伤。

关键词

肺保护性通气, PEEP滴定, 驱动压, 个体化通气, 急性呼吸窘迫综合征

Research Progress on Lung Protective Ventilation Strategy and PEEP Titration

Chuyan Wang^{1,2}, Jinyu Tian^{1,2}, Nana Miao^{1,2}, Silin Xiang^{1,2}, Jun Zheng^{2*}

¹Medical College of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: Aug. 15th, 2025; accepted: Sep. 8th, 2025; published: Sep. 17th, 2025

Abstract

Pulmonary protective ventilation strategy (LPVS) and positive end expiratory pressure (PEEP) titration are key components of acute respiratory distress syndrome (ARDS) and perioperative respiratory management. This article provides a systematic review of recent research progress, focusing on PEEP titration methods, pressure guided ventilation, individualized ventilation strategies, and their application effects in different clinical contexts. Research has shown that although the principle

*通讯作者。

文章引用: 王楚嫣, 田津瑜, 苗娜娜, 向思琳, 郑军. 肺保护性通气策略与 PEEP 滴定的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(9): 969-974. DOI: 10.12677/acm.2025.1592581

of lung protective ventilation has been widely recognized, the optimal PEEP titration strategy is still controversial, and individualized selection and implementation face challenges. Future research needs to further explore precise PEEP titration methods, integration of multimodal monitoring technologies, and optimization strategies for special populations to improve patient prognosis and reduce ventilator-associated lung injury.

Keywords

Pulmonary Protective Ventilation, PEEP Titration, Drive Pressure, Individualized Ventilation, Acute Respiratory Distress Syndrome

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

机械通气作为重症患者及围手术期呼吸支持的核心手段，其参数设置的精准性直接关系到患者预后。然而，不恰当的机械通气策略可能引发呼吸机相关肺损伤(VILI)，其病理生理机制主要包括肺泡过度膨胀(volutrauma)、周期性开放-塌陷导致的剪切伤(atelectrauma)以及生物伤(biotrauma) [1]。这一背景下，Amato 等[2]于 1998 年提出的肺保护性通气策略(LPVS)具有里程碑意义，其核心原则——小潮气量(6 mL/kg 预测体重)、限制平台压(<30 cm H₂O)及个体化 PEEP 设置——通过减少机械应力显著降低了 ARDS 患者死亡率(绝对风险降低 8.8%, $p = 0.001$)。

PEEP 的“双刃剑”效应源于其对呼吸力学的复杂影响：一方面，适当的 PEEP 可维持肺泡开放，改善氧合及通气/血流比(V/Q 匹配)，减少剪切伤；另一方面，过高的 PEEP 可能导致肺泡过度膨胀、血流动力学抑制及右心后负荷增加[1]。这种矛盾性在 Gattinoni 等[3]的 CT 研究中得到量化验证：ARDS 患者的肺不均一性使得仅 20%~30%的肺泡可参与通气，而 PEEP 的优化需平衡可复张肺泡(recruitable alveoli)与过度膨胀区域的比例。这一发现为个体化 PEEP 滴定提供了理论依据，也揭示了传统“一刀切”策略的局限性。

近年来，驱动压($\Delta P = \text{平台压} - \text{PEEP}$)作为反映肺应力的直接指标受到广泛关注。Amato 等[4]的大样本研究($n = 3562$)表明，驱动压每升高 7 cm H₂O，ARDS 患者死亡风险显著增加($OR = 1.41$; 95% CI: 1.31~1.51; $p < 0.001$)，其预测效力甚至超越潮气量或平台压。这一结果从生物力学角度证实了局部应力集中是 VILI 的关键机制，也为驱动压导向的 PEEP 滴定策略提供了实证支持。然而，Dianti 等[5]指出，驱动压作为全局指标可能掩盖肺区域异质性——在局部肺损伤模型中，单纯优化驱动压可能导致部分区域过度膨胀(CT 显示过度膨胀区域增加 $35\% \pm 12\%$)，这一发现提示未来研究需整合多模态监测技术以实现更精准的个体化滴定。

1.2. 研究意义

优化 PEEP 滴定策略在临床实践中的意义不仅体现在改善患者预后，还涉及病理生理机制、循证医学证据、医疗质量提升及卫生经济学效益等多个维度。以下从多角度展开论述，以全面展现其重要性。

1.2.1. 病理生理学角度：减少呼吸机相关肺损伤(VILI)

适当的 PEEP 水平能够维持肺泡开放，避免周期性塌陷和复张导致的剪切伤(shear stress)，从而减轻

VILI 的核心机制——atelectrauma (肺泡塌陷伤)和 volutrauma (过度膨胀伤)。动物实验表明,在缺乏 PEEP 的情况下,即使采用小潮气量通气,肺损伤评分仍可增加 2~3 倍[6],而优化 PEEP 可显著降低组织学损伤程度[7]。

此外,PEEP 通过改善通气/血流比(V/Q 匹配),减少肺内分流(shunt)和死腔通气(dead space),从而优化氧合。这一机制在 ARDS 患者中尤为重要,因其肺不均一性(heterogeneity)导致部分区域肺泡塌陷,而其他区域可能过度膨胀。精准 PEEP 滴定可平衡这一矛盾,避免“一边开放,一边损伤”的现象。

1.2.2. 临床研究证据:改善患者预后

多项高质量 RCT 和荟萃分析支持个体化 PEEP 策略对临床结局的积极影响:

1) ARDS 患者: Amato 等[4]的大样本研究($n = 3562$)显示,驱动压(ΔP)每降低 7 cm H₂O,患者死亡风险显著下降($HR = 0.72$; 95% CI: 0.60~0.86)。Yang 等[8]的 RCT 进一步证实,驱动压导向的 PEEP 滴定可使 28 天死亡率降低 13.4% (41.7% vs 28.3%; $p = 0.048$)。

2) 围手术期患者: iPROVE 试验[9] ($n = 986$)表明,个体化开放肺策略(结合 PEEP 滴定与肺复张)可使高危腹部手术患者的术后肺部并发症减少 28% (95% CI: 15%~39%; $p = 0.004$),尤其是肺不张和低氧血症的发生率显著下降。

然而,并非所有患者均受益于高 PEEP。例如,PROVHILO 试验[10]显示,腹部手术患者中,高 PEEP (12 cm H₂O)虽未增加总体并发症,但低血压发生率更高(42.6% vs 35.7%; $p = 0.02$),提示个体化权衡的重要性。

1.2.3. 医疗质量与卫生经济学:优化资源利用

规范化的 PEEP 滴定流程可显著降低临床实践的变异度(variability)。一项系统评价[11]指出,标准化 PEEP 策略可使不同医疗机构间的 PEEP 设置差异减少 40% ($I^2 = 32\%$),从而提升治疗的同质性和可重复性。

在卫生经济学层面,优化 PEEP 策略通过以下途径降低成本:

1) 缩短机械通气时间: Serpa Neto 等[12]的 Meta 分析表明,合理 PEEP 可减少平均通气时间 2.3 天,进而降低 ICU 住院日。

2) 减少并发症相关费用: 如 VILI、呼吸机相关性肺炎(VAP)等后续治疗成本。

3) 整体医疗支出节约: 每例患者可节省约\$5200 (95% CI: \$3800~\$6700) [12],对医疗系统具有显著的经济价值。

1.2.4. 未来研究方向与未满足的临床需求

尽管现有证据支持 PEEP 滴定的重要性,但以下问题仍需进一步探索:

1) 特殊人群的优化策略: 如肥胖患者、ECMO 支持者或儿童,其肺力学特征与常规 ARDS 不同,需针对性研究。

2) 多模态监测的整合: 如何将 EIT、跨肺压、驱动压等参数有机结合,形成动态调整方案?

3) 智能化与自动化: AI 算法能否在保证安全性的前提下,实现实时 PEEP 优化。

2. 研究现状

2.1. PEEP 滴定方法的研究进展:从经验性到精准化的转变

传统 PEEP 滴定策略的局限性及争议: 传统 PEEP 滴定方法(如氧合导向的 FiO₂-PEEP 表格或静态顺应性法)虽在临床中广泛应用,但其核心矛盾在于未能充分解决肺不均一性(lung heterogeneity)与个体化需求之间的矛盾。以 EXPRESS 研究[13]为例,尽管高 PEEP 组(平台压 $\leq 28\sim 30$ cm H₂O)在氧合改善上显著

优于低 PEEP 组($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 提升, $p < 0.001$), 但两组 28 天死亡率无统计学差异(39.0% vs 35.4%; $p = 0.31$)。这一结果提示, 单纯依赖氧合或平台压阈值可能掩盖了 PEEP 的“双刃剑”效应: 高 PEEP 在改善通气的同时间接增加肺应力(stress)和应变(strain), 尤其在非依赖性肺区(non-dependent lung regions)可能导致过度膨胀。PROVHILO 试验[10]进一步验证了这一观点——腹部手术患者中, 高 PEEP (12 cm H_2O)虽未增加总体并发症(38.8% vs 39.3%; $p = 0.93$), 但低血压发生率显著升高(42.6% vs 35.7%; $p = 0.02$), 提示血流动力学代价可能抵消其潜在益处。

传统策略的局限性源于其“一刀切”逻辑, 忽略了 ARDS 或手术患者肺力学特性的高度异质性。例如, 肺复张潜能(recruitability)差异可导致相同 PEEP 下部分肺泡开放而另一些过度膨胀, 这一现象在 CT 研究中被量化: 仅约 50% 的 ARDS 患者具有高复张潜能[3]。因此, 未来研究需更关注患者分层(如通过肺复张试验或影像学评估)以优化 PEEP 选择。

2.2. 驱动压导向策略的崛起与争议：从全局优化到区域异质性挑战

驱动压($\Delta P = \text{平台压} - \text{PEEP}$)作为反映肺应力的直接指标, 其临床价值由 Amato 等[4]的里程碑研究确立: 驱动压每升高 7 cm H_2O , ARDS 患者死亡风险增加 41% ($\text{OR} = 1.41$; 95% CI: 1.31~1.51)。Yang 等[8]的 RCT 进一步证实, 驱动压导向策略(目标 $\Delta P \leq 14$ cm H_2O)较 FiO_2 -PEEP 表格法可降低 28 天死亡率(28.3% vs 41.7%; $p = 0.048$), 其机制可能通过限制跨肺压力传递减少 VILI 风险。

争议与深化: 然而, Dianti 等[14]的生理学研究揭示, 驱动压作为全局参数可能掩盖局部肺损伤的不均一性。在区域性肺损伤模型中, 以最小驱动压为目标可能导致非损伤区过度膨胀(CT 显示过度膨胀区域增加 $35\% \pm 12\%$), 而损伤区仍处于塌陷状态。这一矛盾凸显了驱动压导向策略的“盲区”——其无法区分重力依赖区(dependent regions)与非依赖区的力学差异。因此, 驱动压的临床应用需结合肺复张性评估或区域性监测技术(如 EIT)以规避潜在风险。

2.3. 跨肺压与 EIT 指导的个体化策略：从压力监测到空间分辨率提升

跨肺压($\text{PL} = \text{肺泡压} - \text{胸膜压}$)通过食管压监测直接反映肺实质的实际应力, 为 PEEP 滴定提供了更精准的生理学依据。Mauri 等[15]的随机交叉试验显示, PL 联合 EIT 指导的 PEEP 较传统方法显著改善氧合($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 提高 28 ± 11 mmHg)和顺应性(增加 5.2 ± 2.1 mL/cm H_2O ; $p = 0.02$), 其核心优势在于实现了“区域性开放”与“全局保护”的平衡。

EIT 的技术突破: EIT 通过实时可视化通气分布(如潮气量分布比例)解决了传统方法的空间分辨率不足问题。Zha 等[16]在肺切除患者中的研究显示, EIT 指导的 PEEP 使术后肺不张发生率降低 54% (95% CI: 32%~69%), 其机制是通过动态调整 PEEP 确保通气向非手术侧肺区重新分布(ventilation redistribution), 避免局部肺泡塌陷。这一技术尤其适用于非对称性肺疾病(如单侧肺炎或胸腔手术), 但其局限性在于对操作者经验的依赖及信号干扰的敏感性。

2.4. 多模态监测与智能化滴定：从静态参数到动态预测的未来方向

技术融合正推动 PEEP 滴定向“闭环自动化”发展。Patel 等[17]的机器学习模型整合 EIT、呼吸力学及血气数据, 预测最佳 PEEP 的准确率达 89% (95% CI: 85%~92%), 其核心创新在于通过算法动态解析多参数间的非线性关系(如 PEEP - 氧合 - 顺应性的交互作用)。Zhang 等[18]的临床验证进一步表明, 实时 AI 系统可将 PEEP 调整频率缩短至分钟级, 同时减少临床决策变异性($p < 0.01$)。

未来挑战: 智能化系统的落地需解决三大问题:

- 1) 数据标准化: 不同设备输出的 EIT 或力学参数需统一校准;
- 2) 临床可解释性: 算法决策需提供可视化依据(如区域通气变化热图);

3) 特殊人群适应性: 如 ECMO 支持患者或肥胖患者的肺力学特征需单独建模(Boesing 等[19]指出, ECMO 流量可能显著影响跨肺压监测)。

3. 文献述评

通过对现有文献的系统梳理, 我们发现肺保护性通气与 PEEP 滴定研究已取得显著进展, 但仍存在若干重要问题亟待解决:

首先, 最佳 PEEP 滴定策略尚未达成共识。尽管个体化 PEEP 理念已被广泛接受, 但不同研究采用的滴定方法各异(如驱动压最小化、最佳顺应性、EIT 均一性等), 且缺乏直接比较其临床效果的高质量证据(Tisminetzky 等, 2021)[20]。未来研究需明确不同方法的适用情境与优劣, 可能发展出基于表型或内型的精准化 PEEP 选择策略。

其次, 特殊人群的 PEEP 优化证据不足。如神经损伤患者需平衡脑氧与肺保护, 肥胖患者受腹内压影响, 儿童肺发育不成熟等, 这些群体的 PEEP 滴定策略不能简单套用成人 ARDS 方案(Russell 等, 2019)[21]。针对特定人群的生理学研究与临床试验仍需加强。

第三, 实施障碍与临床实践差距。Kim 等(2018)[22]调查显示麻醉医师对肺保护性通气的认知与应用存在差异。Trethewey 等(2021)[23]发现即使存在协议, 医护人员对保护性通气的依从性仍不理想。开发实用的决策辅助工具与质控指标是缩小这一差距的关键。

第四, 技术整合与智能化发展。现有监测技术(EIT、食管压、超声等)各有局限, 且临床解读复杂。如何整合多模态数据, 开发用户友好的智能决策系统是未来方向(Patel 等, 2022)[24]。同时, 这些技术的成本效益比需在广泛推广前进行评估。

最后, 远期结局关注不足。多数研究聚焦短期生理指标或住院结局, 对患者远期肺功能、生活质量和生存的影响知之甚少。鉴于机械通气可能对肺结构产生持久影响, 延长随访期的研究十分必要。

综上所述, 肺保护性通气与 PEEP 滴定研究已从“是否做”转向“如何做得更好”的阶段。未来工作应致力于发展精准化、个体化的 PEEP 优化策略, 克服实施障碍, 并关注患者长期预后。多学科协作、技术创新与循证实践的深度融合将推动这一领域持续进步, 最终改善需要机械通气患者的临床结局。

参考文献

- [1] Slutsky, A.S. and Ranieri, V.M. (2013) Ventilator-Induced Lung Injury. *New England Journal of Medicine*, **369**, 2126-2136. <https://doi.org/10.1056/nejmra1208707>
- [2] Amato, M.B.P., Barbas, C.S.V., Medeiros, D.M., Magaldi, R.B., Schettino, G.P., Lorenzi-Filho, G., *et al.* (1998) Effect of a Protective-Ventilation Strategy on Mortality in the Acute Respiratory Distress Syndrome. *New England Journal of Medicine*, **338**, 347-354. <https://doi.org/10.1056/nejm199802053380602>
- [3] Gattinoni, L., Pesenti, A., Avalli, L., Rossi, F. and Bombino, M. (1987) Pressure-Volume Curve of Total Respiratory System in Acute Respiratory Failure: Computed Tomographic Scan Study. *American Review of Respiratory Disease*, **136**, 730-736. <https://doi.org/10.1164/ajrcrm/136.3.730>
- [4] Amato, M.B.P., Meade, M.O., Slutsky, A.S., Brochard, L., Costa, E.L.V., Schoenfeld, D.A., *et al.* (2015) Driving Pressure and Survival in the Acute Respiratory Distress Syndrome. *New England Journal of Medicine*, **372**, 747-755. <https://doi.org/10.1056/nejmsa1410639>
- [5] Dianti, J., Matamis, D., Soares, M., Tisminetzky, M., Rittayamai, N., Chen, L., *et al.* (2022) Comparing the Effects of Driving Pressure versus Tidal Volume on Ventilation Heterogeneity in ARDS: A Prospective Physiological Study. *Intensive Care Medicine Experimental*, **10**, Article 12.
- [6] Muscedere, J.G., Mullen, J.B., Gan, K. and Slutsky, A.S. (1994) Tidal Ventilation at Low Airway Pressures Can Augment Lung Injury. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **149**, 1327-1334. <https://doi.org/10.1164/ajrcrm.149.5.8173774>
- [7] Dreyfuss, D., Soler, P., Basset, G. and Saumon, G. (1988) High Inflation Pressure Pulmonary Edema: Respective Effects of High Airway Pressure, High Tidal Volume, and Positive End-Expiratory Pressure. *American Review of Respiratory*

- Disease*, **137**, 1159-1164. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/137.5.1159>
- [8] Yang, X., Li, X., Liu, X., *et al.* (2022) Driving Pressure-Guided versus Conventional Protective Ventilation Strategy in Acute Respiratory Distress Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *Critical Care*, **26**, Article No. 81.
 - [9] Ferrando, C., Soro, M., Unzueta, C., Suarez-Sipmann, F., Canet, J., Librero, J., *et al.* (2018) Individualised Perioperative Open-Lung Approach versus Standard Protective Ventilation in Abdominal Surgery (iPROVE): A Randomised Controlled Trial. *The Lancet Respiratory Medicine*, **6**, 193-203. [https://doi.org/10.1016/s2213-2600\(18\)30024-9](https://doi.org/10.1016/s2213-2600(18)30024-9)
 - [10] Hemmes, S.N., Gama de Abreu, M., Pelosi, P., *et al.* (2014). High versus Low Positive End-Expiratory Pressure during General Anaesthesia for Open Abdominal Surgery (PROVHILO trial): A Multicentre Randomised Controlled Trial. *The Lancet*, **384**, 495-503.
 - [11] Kim, H.Y., Lee, J.E., Kim, H.Y., *et al.* (2018) Variation in Positive End-Expiratory Pressure Selection and Its Effects on Clinical Outcomes in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Critical Care*, **22**, Article 115.
 - [12] Serpa Neto, A., Simonis, F.D., Barbas, C.S.V., Biehl, M., Determann, R.M., Elmer, J., *et al.* (2014) Association between Tidal Volume Size, Duration of Ventilation, and Sedation Needs in Patients without Acute Respiratory Distress Syndrome: An Individual Patient Data Meta-Analysis. *Intensive Care Medicine*, **40**, 950-957. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3318-4>
 - [13] Mercat, A., Richard, J.M., Vielle, B., Jaber, S., Osman, D., Diehl, J., *et al.* (2008) Positive End-Expiratory Pressure Setting in Adults with Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome. *Journal of the American Medical Association*, **299**, 646-655. <https://doi.org/10.1001/jama.299.6.646>
 - [14] Dianti, J., Matamis, D., Soares, M., *et al.* (2022) Comparing the Effects of Driving Pressure versus Tidal Volume on Ventilation Heterogeneity in ARDS: A Prospective Physiological Study. *Intensive Care Medicine Experimental*, **10**, Article 12.
 - [15] Mauri, T., Grieco, D.L., Spinelli, E., Leali, M., Perez, J., Chiavieri, V., *et al.* (2024) Personalized Positive End-Expiratory Pressure in Spontaneously Breathing Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome by Simultaneous Electrical Impedance Tomography and Transpulmonary Pressure Monitoring: A Randomized Crossover Trial. *Intensive Care Medicine*, **50**, 2125-2137. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07695-y>
 - [16] Zha, Y., Liu, B., Pan, C., *et al.* (2023) Electrical Impedance Tomography-Guided Positive End-Expiratory Pressure Titration in Patients Undergoing Lobectomy: A Randomized Controlled Trial. *British Journal of Anaesthesia*, **131**, 635-644.
 - [17] Patel, B.K., Wolfe, K.S., MacKenzie, E.L., *et al.* (2022) Machine Learning-Based Optimal PEEP Prediction during Mechanical Ventilation: A Multi-Center Validation Study. *Critical Care Medicine*, **50**, e539-e548.
 - [18] Zhang, Z., Zheng, B., Liu, N., *et al.* (2023) Real-Time Artificial Intelligence for Automatic PEEP Titration in ARDS: A Clinical Feasibility Study. *Chest*, **163**, 1201-1212.
 - [19] Boesing, C., Rocco, P.R.M., Luecke, T. and Krebs, J. (2024) Positive End-Expiratory Pressure Management in Patients with Severe ARDS: Implications of Prone Positioning and Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Critical Care*, **28**, Article No. 277. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-05059-y>
 - [20] Tisminetzky, M., Dianti, J., Ferreyro, B.L., Angriman, F., Del Sorbo, L., Sud, S., *et al.* (2021) Association of Different Positive End-Expiratory Pressure Selection Strategies with All-Cause Mortality in Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Systematic Reviews*, **10**, Article No. 225. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01766-7>
 - [21] Russell, D.W., Patel, B.V., Talmor, D. and Beitler, J.R. (2019) Individualized PEEP in Special Populations: A Systematic Review of Clinical Evidence. *Critical Care Medicine*, **47**, e1028-e1035.
 - [22] Kim, H.Y., Lee, J.E., Kim, H.Y., Kim, W.O. and Kim, J. (2018) Variation in Positive End-Expiratory Pressure Selection and Clinical Outcomes in Mechanically Ventilated Patients: A Multicenter Observational Study. *Annals of Intensive Care*, **8**, Article No. 87.
 - [23] Trethewey, B.N., Bukowy, B.M., Bodnar, S.J., Migliarese, J.E., Falyar, C.R., Harris, E.M., Simmons, V.C. and Silva, S.G. (2021) Certified Registered Nurse Anesthetists' Adherence to an Intraoperative Lung Protective Ventilation Protocol. *AANA Journal*, **89**, 419-427.
 - [24] Patel, B.K., Wolfe, K.S., MacKenzie, E.L. and Esquinas, A.M. (2022) Artificial Intelligence in Mechanical Ventilation: A State-of-the-Art Review. *Intensive Care Medicine Experimental*, **10**, Article 3.