

俯卧位通气在新生儿急性呼吸窘迫综合征中的研究进展

张一涵, 史源*

重庆医科大学附属儿童医院新生儿科, 重庆

收稿日期: 2023年10月16日; 录用日期: 2023年11月9日; 发布日期: 2023年11月20日

摘要

新生儿急性呼吸窘迫综合征作为新生儿重症监护征(NICU)常见的疾病, 新生儿急性呼吸窘迫综合征在国内外都有着较高的死亡率。近年来, 俯卧位通气被认为是急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的有效治疗方法。本文针对俯卧位通气体位在新生儿急性呼吸窘迫综合征的研究现状予以综述, 以期为临床工作提供参考。

关键词

新生儿急性呼吸窘迫综合征, 俯卧位通气, 作用机制, 并发症

Research Progress of Prone Position Ventilation in Neonatal Acute Respiratory Distress Syndrome

Yihan Zhang, Yuan Shi*

Department of Neonatology, Affiliated Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Oct. 16th, 2023; accepted: Nov. 9th, 2023; published: Nov. 20th, 2023

Abstract

As a common disease in neonatal intensive care unit (NICU), neonatal acute respiratory distress syndrome (ARDS) has a high mortality rate both domestically and internationally. In recent years, prone position ventilation has been considered as an effective treatment for ARDS. This article reviews the current research status of prone position ventilation in neonatal ARDS, with a view to providing reference for clinical work.

*通讯作者。

Keywords

Neonatal Acute Respiratory Distress Syndrome, Prone Position Ventilation, Mechanism of Action, Complications

Copyright © 2023 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

1967年, Ashbaugh等首次将急性呼吸窘迫综合征(ARDS)描述为呼吸急促、缺氧和肺顺应性降低的综合征[1]。随着ARDS标准的定义和诊断一直在不断更新。直到2017年, 新生儿急性呼吸窘迫综合征(NARDS)第一次被定义[2]。作为新生儿重症监护病房(NICU)常见的疾病, 新生儿急性呼吸窘迫综合征在全世界都有着较高的死亡率(国内12.6%, 国外17%~24%) [3] [4]。机械通气是公认的治疗NARDS的关键医疗手段, 仰卧位是常见的通气体位, 俯卧位通气1974年被首次提出[5], 随着对急性呼吸窘迫综合征病理生理的了解更加深入, 开始被更多人所关注。现针对俯卧位通气体位在新生儿急性呼吸窘迫综合征的研究现状予以综述, 以期为临床工作提供参考。

2. 俯卧位通气的作用机制

2.1. 改善通气

在仰卧位时, 肺、心脏和腹压产生的静水压导致胸膜前侧的负压增大。因此, 当处于仰卧位时, 前侧肺泡出现过度充气, 而背侧肺泡出现塌陷甚至不张[6] [7] [8] [9] [10]。俯卧位通气可以减弱这种重力梯度, 减少前侧肺泡的过度通气, 复张塌陷的背侧肺泡, 最终使通气更加均匀[11] [12] [13] [14] [15]。

2.2. 改善灌注

在仰卧位, 重力导致背侧肺泡灌注较高。如2.1中提到的, 这些背侧肺泡通常充气, 经常塌陷。因此, 灌注较高的背侧肺泡通气相对较差。然而, 通气较好的前侧肺泡接受的灌注较少。俯卧位可以使肺的血液灌注更加均匀, 使通气血流比值(V/Q)更加接近于1, 减少肺内分流[11]-[18]。

2.3. 减少心脏压迫

俯卧位可以消除心脏对背侧肺组织的压缩力, 并将其局限于前侧更小的一部分[19]。与成人相比, 新生儿有着较大的心胸比, 进而仰卧位时有更多的肺组织受心脏及纵隔的压迫。俯卧位通气时受压的肺区域可明显减小, 使整个肺部的功能残气量和总通气量得到提高, 有利于肺通气。

2.4. 改善循环功能

俯卧位通气通过改善通气与灌注, 可减少肺内分流, 进而减轻低氧血症, 缓解肺动脉的收缩, 降低肺动脉压力; 另一方面, 俯卧位时腹腔压力增加, 血液回流增加, 可增加心脏前负荷, 在心功能正常的情况下提高心输出量[20]。研究是在成人中进行, 考虑到新生儿心脏结构与成人的差异, 其作用有待未来的研究进一步确定。

2.5. 有利于分泌物的引流

长期处于仰卧位下, 痰液等分泌物易在背侧肺部堆积, 俯卧位有利于背侧肺部细小支气管内的分泌物在重力作用下向腹侧大气管的引流[21] [22] [23]。另外, 重力梯度的改变除了使通气更加均匀外, 也同样有利于分泌物的引流[24]。

2.6. 缓解腹胀

有研究显示, 通过鼻塞或面罩接受 NCPAP 辅助通气的 RDS 早产儿在仰卧位和俯卧位喂养时均出现腹胀, 但相对于仰卧位, 俯卧位时患儿的腹围更小[25]。

3. 俯卧位通气的并发症

3.1. 气管插管的移位

在实施俯卧位通气时, 应注意相关管路的长度以及气管插管是否被妥善固定, 在操作时需要有 1 名医护人员保护呼吸机管路, 避免因气管插管脱出而引发的不良后果。

3.2. 静脉管路的脱出

俯卧位作为非常规体位, 体位转换过程中动作幅度较大, 增加了静脉管路的压迫、扭曲及脱出的风险; 并且新生儿静脉穿刺难度大, 部位选择较多, 俯卧位也限制了医务人员对静脉管路的观察[26]。

3.3. 压力性损伤

俯卧位通气时容易引起患儿髌关节、膝关节、肩部、面部等容易受压部位的压力性损伤。因此, 可以在这些部位予以软垫或者防压疮敷料, 定时予以适当的局部按摩; 同时, 每隔 2~3 h 要改变患儿头部的偏向位置。

3.4. 婴儿猝死综合征

有研究认为俯卧位可能会增加婴儿猝死综合征发病的风险, 因此需要对俯卧位通气的患儿进行严密的生命体征监测, 如心率、呼吸、氧饱和度及血压等, 以防止婴儿猝死综合征的发生[27] [28]。

4. 俯卧位通气在 NARDS 的研究现状

在 NARDS 中使用俯卧位通气的相关研究较少, 我们总结了近几年俯卧位通气在新生儿急性呼吸窘迫综合征治疗的相关临床研究。5 篇研究[9] [29] [30] [31] [32]均得出俯卧位通气可以改善 NARDS 患儿的氧合。有 3 篇研究[9] [29] [31]认为俯卧位通气同样可以减少用氧时间。值得注意的是, 仅有 2 篇文章[9] [31]将不良反应纳入研究结果, 且均未发现俯卧位会增加不良反应的发生。在 PALICC-2 标准提出: 不推荐也不反对使用俯卧位通气; 对其他干预措施无反应的 PARDS 和低氧血症患者, 可考虑使用俯卧位[33]。这可能与相关研究的局限性有关: 数目较少, 单中心, 不同的俯卧位通气方案、俯卧位通气时间, 有些研究并非随机对照研究, 有些没有报告不良事件等, 这些都降低了研究的一致性, 也限制了俯卧位通气在 NARDS 中的使用。见表 1。

5. 未来的研究展望

在成人 ARDS 中的治疗中, 俯卧位通气被认为发挥着重要作用。欧洲重症医学会和美国胸科协会均建议在严重 ARDS 患者中使用俯卧位通气治疗策略。2020 年, 中华医学会重症呼吸学组发布了《急性呼吸窘迫综合征患者俯卧位通气治疗规范化流程》, 以规范俯卧位通气流程, 提高俯卧位通气治疗的依从

Table 1. Studies related to prone ventilation in the treatment of neonatal acute respiratory distress syndrome
表 1. 俯卧位通气在新生儿急性呼吸窘迫综合征治疗的相关研究

年份	作者	国家	地点	方法	对象	人数	观察组	对照组	俯卧位通气方法	结果
2023	Barbara Loi 等[32]	法国	“A. Béclère” Hospital	单中心半随机交叉对照研究	NARDS 患儿	55	仰卧位、俯卧位交替		初始体位 6 h 后转换体位保持 6 h	改善氧合, 没有影响血流动力学
2023	蔡静等 [31]	中国	厦门大学附属妇女儿童医院	单中心随机对照研究	NARDS 患儿	92	仰卧位	俯卧位	4 h 变换体位一次	改善心率、改善氧合、减少用氧时间, 降低不良反应*的发生率。
2022	梁欢等 [9]	中国	扬州大学附属医院	单中心回顾性研究	NARDS 患儿	46	仰卧位	俯卧位	俯卧位通气 4 h, 改侧卧位 1 h, 每天俯卧位通气时间长于 16 h。	改善氧合, 缩短用氧时间, 没有增加不良反应*的发生率。
2021	朱文婷 [29]	中国	江西省九江市妇幼保健院	单中心随机对照研究	NARDS 患儿	160	仰卧位	俯卧位	每三小时变换一次体位, 顺序为: 仰卧位、侧卧位、三阶梯俯卧位、仰卧位	改善氧合、缩短机械通气时间与住院时间
2019	尹长芹 [30]	中国	南京医科大学第一医院附属医院	单中心交叉对照研究	NARDS 患儿	21	仰卧位、俯卧位交替		体位变更顺序为 仰卧位 - 俯卧位 - 仰卧位, 时间为 0.5 h~2.0 h~0.5 h	改善氧合

注: *在蔡静等人的研究中, 不良反应包括: 呼吸机相关肺炎、压疮、喂养不耐受、气管插管移位、暂时性血氧饱和度下降。*在梁欢等人的研究中, 不良反应包括: 喂养不耐受、呼吸机相关性肺炎、气管插管移位、留置针移位、暂时性血氧饱和度下降。

性[34] [35] [36]。文章中指出, 对呼气末正压(PEEP) ≥ 5 cmH₂O, 氧合指数 ≤ 150 mmHg 的中重度 ARDS 顽固性低氧血症, 应积极使用俯卧位通气。同时, 俯卧位通气在儿童中的使用也逐渐被医务人员所重视。在 Rowan, C M 等[37]的一项国际性, 前瞻性, 观察性研究中, 10.1% (63 名) 的 PARDS 患儿使用了俯卧位通气。结合上述研究结果, 我们认为俯卧位通气可以改善 NARDS 患儿的氧合。新生儿体积小, 重量轻, 便于操作; 心胸比较大, 相较于成年人可能从俯卧位通气中受益更多。但需要注意的是, 在蒙特勒标准中, 除了承认 ARDS 在所有年龄的患者中存在许多相同的病理生理学机制外, 还考虑了 ARDS 在新生儿中的特殊性: 新生儿肺脏有着独特生物学机制和结构; 存在局部或全身的免疫功能的降低; 胎儿生命过渡期不可预测的生理效应; 与其他人群相比不同的辅助通气方式等。俯卧位通气在 NARDS 患儿中的实施指征、禁忌症、操作规范及每日的治疗时间尚待进一步研究。

综上, 俯卧位通气已被证明是一种有效改善氧合的治疗策略, 值得被新生儿医师所重视。

基金项目

国家重点研发计划资助(2022YFC2704803)。

参考文献

- [1] Ashbaugh, D.G., Bigelow, D.B., Petty, T.L., et al. (1967) Acute Respiratory Distress in Adults. *The Lancet*, 2, 319-323.

- [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(67\)90168-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(67)90168-7)
- [2] De Luca, D., van Kaam, A.H., Tingay, D.G., *et al.* (2017) The Montreux Definition of Neonatal ARDS: Biological and Clinical Background behind the Description of a New Entity. *The Lancet Respiratory Medicine*, **5**, 657-666. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(17\)30214-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(17)30214-X)
- [3] De Luca, D., Tingay, D.G., van Kaam, A.H., *et al.* (2022) Epidemiology of Neonatal Acute Respiratory Distress Syndrome: Prospective, Multicenter, International Cohort Study. *Pediatric Critical Care Medicine*, **23**, 524-534. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000002961>
- [4] Chen, L., Li, J. and Shi, Y. (2023) Clinical Characteristics and Outcomes in Neonates with Perinatal Acute Respiratory Distress Syndrome in China: A National, Multicentre, Cross-Sectional Study. *EClinicalMedicine*, **55**, Article ID: 101739. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101739>
- [5] Bryan, A.C. (1974) Conference on the Scientific Basis of Respiratory Therapy. Pulmonary Physiotherapy in the Pediatric Age Group. Comments of a Devil's Advocate. *American Review of Respiratory Disease*, **110**, 143-144.
- [6] Brodie, D. and Bacchetta, M. (2011) Extracorporeal Membrane Oxygenation for ARDS in Adults. *The New England Journal of Medicine*, **365**, 1905-1914. <https://doi.org/10.1056/NEJMct1103720>
- [7] Abrams, D., Schmidt, M., Pham, T., *et al.* (2020) Mechanical Ventilation for Acute Respiratory Distress Syndrome during Extracorporeal Life Support. Research and Practice. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **201**, 514-525. <https://doi.org/10.1164/rccm.201907-1283CI>
- [8] Cumpstey, A.F., Oldman, A.H., Smith, A.F., *et al.* (2020) Oxygen Targets in the Intensive Care Unit during Mechanical Ventilation for Acute Respiratory Distress Syndrome: A Rapid Review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **9**, D13708. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013708>
- [9] 梁欢, 王伏东, 蒋丽军, 等. 俯卧位通气在新生儿急性呼吸窘迫综合征治疗中的临床应用[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(14): 114-118.
- [10] Rampon, G.L., Simpson, S.Q. and Agrawal, R. (2023) Prone Positioning for Acute Hypoxemic Respiratory Failure and ARDS. *Chest*, **163**, 332-340. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2022.09.020>
- [11] Henderson, A.C., Sa, R.C., Theilmann, R.J., *et al.* (2013) The Gravitational Distribution of Ventilation-Perfusion Ratio Is More Uniform in Prone than Supine Posture in the Normal Human Lung. *Journal of Applied Physiology*, **115**, 313-324. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01531.2012>
- [12] Musch, G., Layfield, J.D., Harris, R.S., *et al.* (2002) Topographical Distribution of Pulmonary Perfusion and Ventilation, Assessed by PET in Supine and Prone Humans. *Journal of Applied Physiology*, **93**, 1841-1851. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00223.2002>
- [13] Orphanidou, D., Hughes, J.M., Myers, M.J., *et al.* (1986) Tomography of Regional Ventilation and Perfusion Using Krypton 81m in Normal Subjects and Asthmatic Patients. *Thorax*, **41**, 542-551. <https://doi.org/10.1136/thx.41.7.542>
- [14] Kaneko, K., Milic-Emili, J., Dolovich, M.B., *et al.* (1966) Regional Distribution of Ventilation and Perfusion as a Function of Body Position. *Journal of Applied Physiology*, **21**, 767-777. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.1966.21.3.767>
- [15] Petersson, J., Rohdin, M., Sanchez-Crespo, A., *et al.* (2007) Posture Primarily Affects Lung Tissue Distribution with Minor Effect on Blood Flow and Ventilation. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, **156**, 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.11.001>
- [16] Jones, A.T., Hansell, D.M. and Evans, T.W. (2001) Pulmonary Perfusion in Supine and Prone Positions: An Electron-Beam Computed Tomography Study. *Journal of Applied Physiology*, **90**, 1342-1348. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.2001.90.4.1342>
- [17] Amis, T.C., Jones, H.A. and Hughes, J.M. (1984) Effect of Posture on Inter-Regional Distribution of Pulmonary Perfusion and VA/Q Ratios in Man. *Respiration Physiology*, **56**, 169-182. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(84\)90101-4](https://doi.org/10.1016/0034-5687(84)90101-4)
- [18] Gleissman, H., Forsgren, A., Andersson, E., *et al.* (2021) Prone Positioning in Mechanically Ventilated Patients with Severe Acute Respiratory Distress Syndrome and Coronavirus Disease 2019. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **65**, 360-363. <https://doi.org/10.1111/aas.13741>
- [19] Albert, R.K. and Hubmayr, R.D. (2000) The Prone Position Eliminates Compression of the Lungs by the Heart. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **161**, 1660-1665. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.5.9901037>
- [20] Jozwiak, M., Teboul, J.L., Anguel, N., *et al.* (2013) Beneficial Hemodynamic Effects of Prone Positioning in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **188**, 1428-1433. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0593OC>
- [21] 米洁, 黄桃, 高西. 俯卧位通气在急性呼吸窘迫综合征中的应用及护理干预研究[J]. 重庆医学, 2017, 46(14): 1904-1906.

- [22] 赵劲懂, 缪红军, 喻文亮. 俯卧位在儿科急性呼吸窘迫综合征中的应用[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2017, 32(20): 1598-1600.
- [23] 高丽丽, 吴泰华, 贺环宇. 俯卧位通气在急性呼吸窘迫综合征治疗中的研究进展[J]. 大连医科大学学报, 2021, 43(3): 273-277.
- [24] Mackenzie, C.F. (2001) Anatomy, Physiology, and Pathology of the Prone Position and Postural Drainage. *Critical Care Medicine*, **29**, 1084-1085. <https://doi.org/10.1097/00003246-200105000-00046>
- [25] Pourazar, F., Borimnejad, L., Mohaghghi, P., et al. (2018) Comparison of the Effects of Prone and Supine Positions on Abdominal Distention in the Premature Infants Receiving Nasal Continuous Positive Airway Pressure (NCPAP). *Iranian Journal of Neonatology—IJN*, **9**, 7-12.
- [26] 雷光锋, 张雪晴, 张素霞. ALI/ARDS 患者俯卧位与仰卧位通气的 Meta 分析[J]. 护理学杂志, 2016, 31(22): 87-92.
- [27] Horne, R. (2019) Sudden infant Death Syndrome: Current Perspectives. *Internal Medicine Journal*, **49**, 433-438. <https://doi.org/10.1111/imj.14248>
- [28] Bhandari, A.P., Nnate, D.A., Vasanthan, L., et al. (2022) Positioning for Acute Respiratory Distress in Hospitalised Infants and Children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **6**, D3645. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003645.pub4>
- [29] 朱文婷. 俯卧位通气干预护理对新生儿急性呼吸窘迫综合征的作用研究[J]. 中国医药指南, 2021, 19(18): 226-227.
- [30] 尹长芹. 机械通气联合俯卧位通气治疗新生儿急性呼吸窘迫综合征的优质护理[J]. 全科护理, 2019, 17(5): 593-595.
- [31] 蔡静. 新生儿急性呼吸窘迫综合征行机械通气联合俯卧位通气的疗效及安全性[J]. 吉林医学, 2023, 44(6): 1527-1529.
- [32] Loi, B., Regiroli, G., Foligno, S., et al. (2023) Respiratory and Haemodynamic Effects of 6h-Pronation in Neonates Recovering from Respiratory Distress Syndrome, or Affected by Acute Respiratory Distress Syndrome or Evolving Bronchopulmonary Dysplasia: A Prospective, Physiological, Crossover, Controlled Cohort Study. *eClinicalMedicine*, **55**, Article ID: 101791. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101791>
- [33] Emeriaud, G., Lopez-Fernandez, Y.M., Iyer, N.P., et al. (2023) Executive Summary of the Second International Guidelines for the Diagnosis and Management of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome (PALICC-2). *Pediatric Critical Care Medicine*, **24**, 143-168. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000003147>
- [34] 中华医学会重症医学分会重症呼吸学组. 急性呼吸窘迫综合征患者俯卧位通气治疗规范化流程[J]. 中华内科杂志, 2020, 59(10): 781-787.
- [35] Ranieri, V.M., Rubenfeld, G.D., Thompson, B.T., et al. (2012) Acute Respiratory Distress Syndrome: The Berlin Definition. *JAMA*, **307**, 2526-2533. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.5669>
- [36] Guerin, C., Reignier, J., Richard, J.C., et al. (2013) Prone Positioning in Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *The New England Journal of Medicine*, **368**, 2159-2168. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1214103>
- [37] Rowan, C.M., Klein, M.J., Hsing, D.D., et al. (2020) Early Use of Adjunctive Therapies for Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: A PARDIE Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **201**, 1389-1397. <https://doi.org/10.1164/rccm.201909-1807OC>