

# 俯卧位通气在小儿先心病术后低氧血症中的临床应用

陈军仿 宋云林<sup>▲</sup>

新疆医科大学第一附属医院,新疆乌鲁木齐 830054

**[摘要]** 先天性心脏病占有出生人口缺陷的第一位,目前通常采用手术治疗,术后易出现低氧血症,近几年主要通过采用俯卧位通气,即将患儿翻转为俯卧位姿势,达到改善氧合指数的一种治疗方式。俯卧位通气是可有效改善患儿氧合,降低病死率,可逆转难治性低氧血症的一种肺保护性通气策略。俯卧位通气已被许多临床试验证实具有良好的治疗效果,目前也得到了临床的普遍认可,其简单易行,无需特殊设备。通过学习俯卧位通气在婴幼儿先心病术后低氧血症中改善氧合的机制、具体实施,及俯卧位通气的安全有效性、并发症、禁忌证等方面内容,为俯卧位通气在婴幼儿先心病术后出现低氧血症的临床应用中提供一些参考依据,从而将俯卧位通气更加广泛、正规地应用于先心病术后低氧血症的患儿。

**[关键词]** 俯卧位通气;小儿;氧合指数;先心病

**[中图分类号]** R473.6

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1673-9701(2021)21-0188-05

## The clinical application of prone position ventilation in the treatment of hypoxemia in children with congenital heart disease

CHEN Junfang SONG Yunlin

The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China

**[Abstract]** Congenital heart disease accounts for the first place in all birth defects. At present, surgical treatment is usually used, and hypoxemia is prone to occur after surgery. In recent years, we have adopted prone position ventilation, which is to turn the child into the prone position to improve the oxygenation index. Prone position ventilation can effectively improve the oxygenation of patients, reduce the mortality rate, and can reverse refractory hypoxemia as a lung protective ventilation strategy. Prone position ventilation has been proven by many clinical trials to have a good therapeutic effect, and it has also been widely recognized in clinical practice. It is simple and easy to use and does not require special equipment. By learning the mechanism and specific implementation of prone position ventilation to improve oxygenation in infants and young children with congenital heart disease postoperative hypoxemia, as well as the safety and effectiveness of prone position ventilation, complications, and contraindications, it provides some reference for the clinical application of prone ventilation in infants and young children with hypoxemia after congenital heart disease. Therefore, prone position ventilation can be more widely and formally applied to children with hypoxemia after congenital heart disease.

**[Key words]** Prone position ventilation; Children; Oxygenation index; Congenital heart disease

小儿先天性心脏病(Congenital heart disease, CHD)是一种小儿较为常见的心血管疾病,发病率约为1%<sup>[1]</sup>。先心病是在胚胎发育阶段,因自身发育问题导致的解剖结构异常,或者在出生之后通道未能自行关闭所致<sup>[2]</sup>,先天性心脏病根治方法目前仍是手术治疗<sup>[3]</sup>。先心病患儿异常的血流动力学对肺血管发育及呼吸功能具有不良影响,且心脏手术过程复杂,手术时间较长,采

用全身麻醉及低温体外循环辅助,体外循环本身可导致血液稀释、心肺等脏器的缺血再灌注损伤及各种炎症因子的激活和释放,故术后可引起肺血管阻力增高,肺泡毛细血管渗出,气道分泌物增多,易诱发呼吸系统并发症<sup>[3-5]</sup>。另一方面,胸腔开放引起肺顺应性和体积增加,潜在增加了肺剪切伤和撕裂伤,这也导致更大的肺功能障碍<sup>[6]</sup>,此外小儿由于肺功能发育尚未成熟,免疫及代偿能力低下<sup>[7]</sup>,故术后出现低氧血症概率较高,延长呼吸机使用时间,影响患儿的康复。

**[基金项目]** 新疆医科大学教育改革项目(YG2019096)

**▲通讯作者**

低氧血症是体外循环心内直视手术的严重并发症,患儿出现低氧血症如果不及纠正,病情将进一步发展,甚至危及生命<sup>[3,8]</sup>,死亡率可达 20%~80%<sup>[3]</sup>。针对低氧血症常规给予氧疗以纠正低氧血症。对于单纯低氧血症,氧疗具有明确的治疗效果,但肺泡与肺毛细血管的气体交换障碍等原因导致的低氧,氧疗效果欠佳<sup>[9-10]</sup>。体位治疗在患儿康复中起着重要作用,俯卧位通气(Prone position ventilation, PPV)是指在机械通气时将患儿翻转为俯卧位体位,使得下垂不张的肺区域扩张,改善肺通气血流比,改善动脉血气<sup>[11-12]</sup>,并预防呼吸机相关性肺炎的发生<sup>[13]</sup>。数十年来,俯卧位改善氧合作用是众所周知的<sup>[14]</sup>,已被评估为急性呼吸衰竭时增加氧合和肺复张的一种策略<sup>[15]</sup>。通过对婴幼儿先心病术后低氧血症采用俯卧位通气的机制、有效性、安全性、并发症及具体实施等方面进行分析,现结合临床应用及相关文献将俯卧位通气在小儿先心病术后应用综述如下。

## 1 俯卧位改善低氧血症的机制

### 1.1 肺内通气更加均匀

患儿仰卧位时可造成重力依赖区损伤更重,在重力作用下造成背部更多不张的肺组织,使得患儿背部通气减少<sup>[16]</sup>,Guerin 等<sup>[17]</sup>在 CT 扫描下发现,俯卧位背侧肺区域通气量增加,腹侧肺区域通气量减少。俯卧位时,使得背侧肺部扩张更好,通气重新分布到背部,通气改善,肺部通气均匀性显著提高,通气血流比例(V/Q)更加协调<sup>[18]</sup>。

### 1.2 肺血流重新分布

不仅肺通气是影响氧合的关键因素,肺组织的血液灌注也是其关键因素,区域肺通气增加使血液流向富氧的肺区域,使重症肺区域血流增多<sup>[17]</sup>,俯卧位可使血流重新转至腹侧区,即调整前胸壁血流灌注<sup>[19]</sup>,使背部通气和血流循环更好的协调,氧合得到改善。

### 1.3 有效解除心脏对肺组织的压迫,减少心脏的压迫

仰卧位时心脏和腹部器官对肺部产生压迫,背侧区域塌陷,使得压迫肺组织的通气受限,但血管压力的重力梯度会使血液优先灌注这部分区域,导致低通气和灌注<sup>[20]</sup>。俯卧位后肺的大部分位于心脏上方,减轻心脏纵膈对背侧肺区的压迫,有利于萎陷的肺组织复张及肺水肿的回吸收,改善其通气及血流<sup>[18,21]</sup>,减少 V/Q 的失衡。

### 1.4 局部膈肌运动发生改变

俯卧位时膈肌运动方式和位置发生改变,膈肌位

置下移,增加呼气末肺容量<sup>[22]</sup>,增加功能残气量<sup>[16]</sup>,促进背部肺泡的再扩张,氧合指数改善。

### 1.5 有利于痰液引流

俯卧位时在重力影响下,深部分泌物引流更加充分<sup>[3,18]</sup>,改变患儿肺的顺应性<sup>[23]</sup>,减少气道阻力。

## 2 俯卧位通气的有效性 & 安全性

### 2.1 俯卧位通气的有效性

1974 年以来,严重的低氧血症及急性呼吸衰竭患儿开始使用俯卧位来提高氧合指数<sup>[24]</sup>,俯卧位已评估为急性呼吸衰竭时增强氧合和肺复张的一种策略,对于心脏外科术后引起的低氧血症也具有很好的疗效<sup>[25]</sup>。先心病患儿术后采用俯卧位通气,可改善肺部通气及血流分布,利于痰液引流,促进气体交换,协调通气血流比例,改善氧合,并对血流动力学影响较小<sup>[26]</sup>,且患儿转换为仰卧位后能长时间维持较好的氧合水平<sup>[27]</sup>,促进患儿尽早脱机拔管,缩短 ICU 住院时间,减低患儿病死率,提升医疗效果<sup>[28]</sup>。1 项纳入 581 例患儿的 Meta 分析<sup>[29]</sup>结果显示,俯卧位通气能够显著改善患儿的氧合。

Fineman 等<sup>[30]</sup>在一项多中心随机对照试验的二次分析中,强烈建议将其安全用于危重婴儿和儿童。罗聪等<sup>[31]</sup>在一项随机对照研究中表明,婴幼儿体外循环下心脏直视术后俯卧位和仰卧位组动脉氧分压,氧合指数水平都升高,但俯卧位组升高幅度大于仰卧位组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),俯卧位组患儿呼吸机使用时间、住院时间明显短于仰卧位组,治疗后有效率高于仰卧位组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。

### 2.2 俯卧位通气的安全性

有研究显示<sup>[32]</sup>,体位因素在一定程度上会影响机械通气的治疗效果。虽然目前对于一些护理体位仍存在一些安全性争议,有研究<sup>[33]</sup>显示,俯卧位通气并未增加患儿的意外脱管、气胸、呼吸机相关性肺炎的发生率及 ICU 住院时间。Fineman 等<sup>[30]</sup>对 102 例儿科重症监护病房的患儿随机分组(俯卧位 51 例和仰卧位 51 例),患儿至多实行 7 d 的俯卧位,结果显示,当使用俯卧位方案时,俯卧位不会增加意外气管内管移位、机械通气中断和压疮的风险,此外,在患儿长时间保持俯卧位的情况下,可以实现营养和舒适性管理目标,故危重患儿可以安全地进行俯卧位通气。在实行俯卧位通气时做好护理措施,并进行严密临床观察,可避免出现临床不良事件,提升俯卧位通气的安全性,故俯卧位通气具有可实施性。

### 3 俯卧位通气的禁忌证

随着研究的进展显示,并不是所有的先心病术后低氧血症、氧合障碍的患儿都适用俯卧位通气,俯卧位通气存在禁忌证,即患儿合并以下情况:①患儿存在癫痫病史、急性出血、脊柱损伤、合并骨科手术、未缓解的颅内高压及其他不能耐受头部朝下的姿势等情况,则建议不要采用俯卧位通气<sup>[34]</sup>。②合并腹腔高压、腹部手术、气管切开术后、心脏术后持续性低血压、头面部/颈部损伤、咯血明显、频繁的心律不齐、需要进行心肺复苏或除颤高风险的患儿等也不建议进行俯卧位通气<sup>[14,25,35]</sup>。但俯卧位通气禁忌并非绝对<sup>[36]</sup>,有文献曾报道,颅内高压、颅内出血患儿在持续颅内监测条件下成功实施俯卧位通气的案例<sup>[37]</sup>。故实施俯卧位前应充分考虑患儿的整体情况。

### 4 俯卧位通气的并发症及风险

俯卧位通气技术在临床上应用越来越广泛,其效果确切,然而,俯卧位并不是没有危害,俯卧位因体位等因素,可导致以下并发症:①颜面水肿,头部颈部过度牵拉,眶上神经受压,颅内压增高,皮肤黏膜压迫受损、呕吐<sup>[38-39]</sup>。②对眼的压迫时间较长,眼球及角膜损伤,眼压升高,严重时致失明。③俯卧位时易发生导管扭曲,痰液阻塞管道,腹压增高导致反流性误吸<sup>[38]</sup>,气管内导管阻塞的风险也会增加<sup>[40]</sup>。④极少患儿可出现神经压迫、静脉淤血、肌肉损伤及鼻出血等并发症<sup>[36]</sup>。⑤文献显示,俯卧位是婴幼儿猝死综合征的危险因素<sup>[41]</sup>。⑥如果俯卧位时患儿双手放置位置不合理,也可导致臂丛神经受压等不良后果。⑦心脏手术的患儿,一般采用正中切口,切口较大,患儿易烦躁不安,且婴幼儿皮肤稚嫩,俯卧位期间易出现压力性损伤<sup>[42]</sup>,胸骨裂开,术区引流量增多、术区感染等并发症影响切口愈合,若翻转过程医务人员配合欠佳的情况下也可导致术区引流管,如心包、纵膈等引流管脱落,威胁患儿生命。⑧此外,由于工作人员缺乏俯卧位实施的相关知识的培训及经验也可导致俯卧位相关并发症的发生<sup>[43]</sup>。但也有研究<sup>[44]</sup>显示,俯卧位通气的压疮、颅内压增高、眼部并发症及血氧下降等发生率较低。

### 5 俯卧位通气的实施方法

俯卧位通气是重症医学科氧合障碍、低氧血症等患儿的基本治疗之一,但是在俯卧位通气期间也可导致二次损伤,甚至可导致患儿病情恶化<sup>[45]</sup>。故俯卧位的正确实施极其重要。首先,俯卧位前充分评估患儿

病情,有无禁忌,极易躁动婴幼儿俯卧位前充分镇静,之后清理口腔及气管内分泌物,确定气管插管内气囊充气良好以防其在改变位置时移动或弹出<sup>[46]</sup>,实施前暂停鼻饲,防止食物反流,正确固定各个导管,并夹毕心包、纵膈、胸腔等引流管。确定旋转方向,解除保护性约束(患儿年龄较小时,可不使用保护性约束),一人在床尾主要负责尿管、心包、纵膈、胸腔等引流管,避免在翻转的过程中管路过渡扭转、滑脱。先将患儿平移至床的一侧,将其向对侧翻转成侧卧位,再将其翻转成俯卧位,并根据体位调整中心静脉管,心包、纵膈胸腔引流管,尿管等其他管道的位置。俯卧位后,在患儿身体主要受力部位放置软垫,头部垫高,腹部悬空,避免腹部受压影响静脉回流,心电监护电极片贴于背部相应部位,并注意保护患儿眼睛。婴幼儿先心病手术切口较大,在俯卧位时应注意对切口的保护,避免切口过度受压,并检查引流管是否堵塞,扭曲等,以免引流管被血凝块堵塞造成心包填塞。此过程需多名掌握俯卧位通气专业技术的医护人员协助共同完成<sup>[47]</sup>,可根据患儿年龄及体重调整医护人员人数,整个操作过程严格遵守无菌操作,密切监测患儿生命体征及血气分析,如出现大汗、烦躁、口唇发绀、血压下降等排除气管插管及呼吸机的问题,应立即停止俯卧位通气,做好抢救工作。

俯卧位通气作为一种有效安全的辅助治疗手段,在临床上被广泛应用,俯卧位是管理严重低氧血症的一种简单有效的方法<sup>[48]</sup>,但关于俯卧位通气时间及频率目前有不同的报道,没有最佳持续时间,主要以患儿氧合改善情况及耐受程度具体而定<sup>[36]</sup>,长期的俯卧位氧合改善可能比较短时间俯卧位氧合改善更高。在每天应用俯卧位 12 h 或更长时间的研究中,俯卧位的应用产生了很大的益处,并随着时间的推移这种氧合改善可能会更加持久<sup>[40,48-49]</sup>。但不应将俯卧位作为气管插管及转移至 ICU 的替代疗法。虽然俯卧位至少 12 h 可以降低死亡率,但所需的确切阈值仍不清楚,俯卧位有益的低氧血症阈值也尚未确定。此外,心脏外科术后血流动力学存在不稳定性,且手术常采用胸骨正中切口,俯卧位治疗开展较少,故需针对并发症等方面进一步研究探索。

### [参考文献]

- [1] 李萍. 小儿先天性心脏病 53 例临床分析[J]. 临床和实验医学杂志,2009,8(1):111.

- [2] 王小威,邹勇,明腾.小儿先天性心脏病术后并发症的预防与应对方法[J].当代医学,2019,25(29):171-172.
- [3] 刘琴,郑霄,马艳妮,等.俯卧位通气在体外循环术后低氧血症患儿中的应用及护理干预[J].护士进修杂志,2015,30(21):54-56.
- [4] 蒋腾飞.气道护理量化评估模式用于小儿先天性心脏病术后呼吸道管理效果分析[J].中国现代医药杂志,2018,20(5):85-86.
- [5] 姬响华,王欢欢,王森.小儿心脏体外循环术后呼吸机相关性肺炎的预防及护理体会[J].临床研究,2020,28(1):170-171.
- [6] 林剑兵,齐娟.胸腔开放导致肺顺应性变化与体外循环术后肺损伤的相关性[J].福建医药杂志,2019,41(3):59-61.
- [7] 李庆印.婴幼儿先天性心脏病术后呼吸道管理的方法探讨[J].实用护理杂志,2003,19(4):76-77.
- [8] 刘静,崔朝妹.俯卧体位在患儿中的应用护理进展[J].护理学报,2018,34(10):40-44.
- [9] 解立新.经鼻高流量湿化氧疗治疗慢性阻塞性肺疾病急性加重——临床与研究的证据[J].广东医学,2020,41(7):666-667.
- [10] 张明明,王艳,朱慧,等.高流量鼻导管氧疗无效的早期预测因素分析[J].中国实用护理杂志,2020,36(10):721-727.
- [11] Sud S,Friedrich JO,Adhikari NK,et al. Effect of prone positioning during mechanical ventilation on mortality among patients with acute respiratory distress syndrome: A systematic review and meta-analysis[J].CMAJ,2014,186(10):E381-E390.
- [12] 郭俊,徐景龙. PEEP 水平选择对俯卧位通气重度 ARDS 患者肺复张效果和炎性因子的影响[J].中华危重病急救医学,2020,32(6):702-706.
- [13] Ayzac L,Girard R,Baboi L,et al. Ventilator-associated pneumonia in ARDS patients: The impact of prone positioning. A secondary analysis of the PROSEVA trial[J]. Intensive Care Med,2016,42(5):871-878.
- [14] Paul V,Patel S,Royse M,et al. Prone positioning in non-intubated (PINI) in times of COVID-19: Case series and a review[J]. Intensive Care Med,2020,35(8):818-824.
- [15] Bruni A,Garofalo E,Grande L,et al. Nursing issues in enteral nutrition during prone position in critically ill patients: A systematic review of the literature[J]. Intensive Crit Care Nurs,2020,60:102-899.
- [16] 郑燕芳,王建英,范沛榕.俯卧位在呼吸窘迫综合征(ARDS)治疗中的效果观察[J].当代护士(下旬刊),2019,26(12):104-105.
- [17] Guerin C,Gattinoni L. Assessment of oxygenation response to prone position ventilation in ARDS by lung ultrasonography[J]. Intensive Care Med,2016,42(10):1601-1603.
- [18] 龙恺,宋来春.俯卧位通气对小儿先天性心脏病患者术后急性肺损伤的疗效观察[J].中国综合临床,2014(6):638-640.
- [19] Cornejo RA,Díaz JC,Tobar EA,et al. Effects of prone positioning on lung protection in patients with acute respiratory distress syndrome[J].Am J Respir Crit Care Med,2013,188(4):440-448.
- [20] Lee K, Kim MY, Yoo JW, et al. Clinical meaning of early oxygenation improvement in severe acute respiratory distress syndrome under prolonged prone positioning[J]. Korean J Intern Med,2010,25(1):58-65.
- [21] Lim CM, Kim EK, Lee JS, et al. Comparison of the response to the prone position between pulmonary and extrapulmonary acute respiratory distress syndrome[J]. Intensive Care Med,2001,27(3):477-485.
- [22] 陈锦秀,朱慧云,王珊,等.头低足高俯卧位降低儿科 ICU 呼吸机相关性肺炎的效果[J].上海护理,2020,20(1):7-11.
- [23] 白小娜,郑霄,付文.俯卧位通气对心脏外科呼吸衰竭导致低氧患者的护理干预效果观察[J].世界最新医学信息文摘,2019,19(72):300-301.
- [24] Fernandez R,Trenchs X,Klamburg J,et al. Prone positioning in acute respiratory distress syndrome: A multicenter randomized clinical trial[J]. Intensive Care Med,2008,34(8):1487-1491.
- [25] 刘远金.俯卧位通气在急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者治疗中的研究进展[J].吉林医学,2018,39(11):2151-2154.
- [26] 张华伟,王耀丽,张鹏,等.俯卧位通气改善重度急性呼吸窘迫综合征氧合的临床分析[J].中华肺部疾病杂志(电子版),2018,11(1):78-81.
- [27] 余敏敏,钟剑峰,龚晓莉,等.小儿脓毒症合并急性呼吸窘迫综合征的早期俯卧位通气应用效果及护理体会[J].中华全科医学,2020,18(11):1957-1960.
- [28] 贺慧为,杨春丽,陈志,等.俯卧位通气联合肺复张治疗对重症 ARDS 患者氧合及预后的影响[J].江西医药,2014,49(2):113-115.
- [29] Gillies D,Wells D,Bhandari AP. Positioning for acute respiratory distress in hospitalised infants and children[J]. Cochrane Database Syst Rev,2012,2012(7):CD003645.
- [30] Fineman LD,LaBrecque MA,Shih MC,et al. Prone positioning can be safely performed in critically ill infants and children[J]. Pediatr Crit Care Med,2006,7(5):413-422.

- [31] 罗聪,李玲,潘佩珍,等. 俯卧位通气缓解婴幼儿体外循环下心脏直视术后肺部并发症的应用研究[J].现代医药卫生,2020,36(24):114-116.
- [32] 杜航向,陈黎雄,周珊珊.俯卧位机械通气对重症吸入性肺炎患者氧合及血流动力学的影响[J].中国初级卫生保健,2018,32(5):93-94.
- [33] 岳伟岗,张彩云,张志刚,等.俯卧位通气治疗 ARDS 患者有效性与安全性的 Meta 分析[J].中国护理管理,2017,17(9):1176-1181.
- [34] Marion BS.A turn for the better:Prone positioning of patients with ARDS[J].Am J Nurs,2001,101(5):26-35.
- [35] Scholten EL,Beitler JR,Prisk GK,et al. Treatment of ARDS with prone positioning[J]. Chest,2017,151(1):215-224.
- [36] 陈国英,谢兴.俯卧位通气的研究进展及护理要点[J].微创医学,2019,14(6):790-792.
- [37] Murray TA,Patterson LA. Prone positioning of trauma patients with acute respiratory distress syndrome and open abdominal incisions[J]. Critical Care Nurse,2002,22(3):52-56.
- [38] 邱瓔,卢敬梅,朱望君,等.改良俯卧位对俯卧位通气临床疗效及并发症的影响[J].中国医学工程,2020,28(5):26-29.
- [39] Lucchini A, Bambi S, Mattiussi E, et al. Prone position in acute respiratory distress syndrome patients:A retrospective analysis of complications[J]. Dimens Crit Care Nurs, 2020,39(1):39-46.
- [40] Munshi L, Del Sorbo L, Adhikari NKJ, et al. Prone position for acute respiratory distress syndrome:A systematic review and meta-analysis[J]. Ann Am Thorac Soc,2017,14(Supplement\_4):S280-S288.
- [41] Fleming P, Blair P, Pease A ,et al. Why or how does the prone sleep position increase the risk of unexpected and unexplained infant death?[J]. Archives of Disease in Childhood -Fetal and Neonatal Edition,2017,102(6):F472-F473.
- [42] 翟忠昌,刘玉娥,李燕君,等. 婴儿心脏移植术后的护理[J]. 护理学杂志,2020,35(18):49-51.
- [43] Gibson K,Dufault M,Bergeron K. Prone positioning in acute respiratory distress syndrome[J]. Nurs Stand,2015,29(50):34-39.
- [44] Guérin C,Beuret P,Constantin JM,et al. A prospective international observational prevalence study on prone positioning of ARDS patients;the APRONET (ARDS prone position network) study[J]. Intensive Care Medicine,2018,44(1):22-37.
- [45] Hernández López GD,Delsol LAG,Jiménez Ruiz A,et al. Prone position ventilation for patients with severe ARDS and morbid obesity[J]. Medicina Intensiva,2016,40(1):72.
- [46] Jahani S,Hajivand Soleymani Z,Asadizaker M,et al. Determination of the effects of prone position on oxygenation in patients with acute respiratory failure under mechanical ventilation in ICU[J]. J Med Life,2018,11(4):274-280.
- [47] 刘远金. 俯卧位通气在急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者治疗中的研究进展[J]. 吉林医学,2018,39(11):153-156.
- [48] Carsetti A,Damia Paciarini A,Marini B,et al. Prolonged prone position ventilation for SARS-CoV-2 patients is feasible and effective[J]. Crit Care,2020,24(1):225.
- [49] Hu SL,He HL,Pan C,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,2014,18(3):R109.

(收稿日期:2021-03-26)