

漏斗胸患儿Nuss术前术后肺功能研究进展

陈少生, 李洪波*

重庆医科大学附属儿童医院, 心胸外科, 重庆

收稿日期: 2024年3月27日; 录用日期: 2024年4月21日; 发布日期: 2024年4月30日

摘要

漏斗胸是最常见的先天性胸廓畸形, 目前临床上最常用的手术方式为Nuss手术, Nuss手术对肺功能的影响与多种因素有关, 患儿胸廓畸形的严重程度、类型、患儿的年龄等因素都会影响到患儿的肺功能。现结合国内外文献对该病肺功能研究进展做一简要综述。

关键词

漏斗胸, 肺功能, Nuss手术

Research Progress on Preoperative and Postoperative Lung Function of Nuss in Children with Pectus Excavatum

Shaosheng Chen, Hongbo Li*

Department of Cardio-Thoracic Surgery, Children's Hospital Affiliated to Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Mar. 27th, 2024; accepted: Apr. 21st, 2024; published: Apr. 30th, 2024

Abstract

Pectus excavatum is the most common congenital thoracic malformation. At present, Nuss surgery is the most commonly used surgical method in clinic. The influence of Nuss surgery on pulmonary function is related to various factors, and the severity, type and age of thoracic malformation of children will affect pulmonary function of children. This paper summarizes the research progress of pulmonary function in this disease based on the literature at home and abroad.

*通讯作者。

Keywords

Pectus Excavatum, Pulmonary Function, Nuss Surgery

Copyright © 2024 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

漏斗胸(pectus excavatum, PE)是最常见的先天性胸廓畸形, 发病率占出生比例的 0.1%~0.8%, 男女比例 4~5:1, 主要特征为前胸壁的凹陷畸形[1]。其凹陷畸形对心肺功能有不良影响, 随着 Nuss 手术矫治漏斗胸的广泛开展, 国内外近年来基于 Nuss 手术的漏斗胸心肺功能研究逐渐增多, 大多数研究表明 Nuss 手术矫治可明显改善漏斗胸患儿胸廓畸形, 但对患儿肺功能的影响认识现在仍未取得一致意见[2] [3] [4] [5], 引起较多讨论。现结合国内外文献对该病肺功能研究进展做一简要综述。

2. 漏斗胸对儿童肺功能的影响

2.1. 漏斗胸严重程度与肺功能关系

漏斗胸患儿的肺功能是否受到影响, 文献看法不一。大多数漏斗胸患儿在静息状态下没有症状, 但在运动中会出现症状[6] [7] [8]。如果肺功能的下降是由漏斗胸畸形引起的, 那么功能的下降可能会直接随畸形的严重程度而变化。1996 年, Quigley [8]等对 27 例漏斗胸患儿的研究中发现: 对患者进行 CT 检测(CT 比值越大, 胸骨畸形越严重)及肺功能测定, 有一个显著的反比 CT 比值与总肺活量的相关性剩余容量。作者认为: 如果肺功能的下降是由漏斗胸畸形引起的, 那么功能的下降可能会直接随畸形的严重程度而变化。2003 年, Malek [6]等对 27 例漏斗胸患儿的研究中发现: 将 27 例患儿按照漏斗胸严重程度分类, 检测其静息状态及运动状态下的肺功能, 发现在静息状态下: 大多数肺功能的参数都在的正常范围内。在运动状态下, 当漏斗胸严重程度达到重度时, 患儿运动状态下肺功能开始出现受损。2011 年, 张雯[9]等对 65 例先天性漏斗胸患儿研究发现: 按照 Haller 指数将 65 例病例分为轻、中、重度 3 组。胸廓畸形轻、中、重度 3 组间仅 Haller 指数有差别, 其余指标无明显差异。先天性漏斗胸患者肺通气功能各指标仅最大呼气流量(PEF)、用力呼气 50%肺活量的瞬间流量(FEF 50%)、用力呼气 75%肺活量的瞬间流量(FEF 75%)轻度下降, 余均在正常范围内。比较不同畸形程度的患者通气功能指标发现, 随胸廓畸形程度越重, 一秒钟用力呼气容积(FEV1)、最大呼气中期流量(FEF 25~75)、用力呼气 75%肺活量的瞬间流量(FEF 75%)下降得越多。患者通气储量百分比(BR)均轻中度下降, 但通气储量不因胸廓畸形程度加重而受损增加。比较不同畸形程度的患者肺容量发现仅肺活量(VC)随胸廓畸形程度越重下降越多, 但仍在正常范围。残气量(RV)及残气量(RV)/肺总量(TLC)虽增高, 但与胸廓畸形严重程度无关。2023 年 Katrancioglu [10]等对 31 例患儿进行分组研究, 根据 Haller 指数分为 1 组(<2.5)、2 组(2.5~3.19)、3 组(>3.2)。根据肺功能检查所有组进行系统评估。其研究发现: Haller 指数与 1 秒用力呼气量(FEV1)和用力肺活量(FVC)之间呈负相关, 并且随着 Haller 指数的增加, 这些值在统计学上显著下降。作者认为, 传统的肺通气功能的正常值范围较宽, 难以明确鉴别有无异常, 进行运动实验时可以发现当漏斗胸畸形达到一定程度时其肺功能可能受到影响。

2.2. 漏斗胸患儿肺功能与年龄的关系

漏斗胸患儿胸廓畸形程度会随患儿年龄增加而出现变化, 其肺功能是否会随年龄变化值得探讨。2004年 Koumbourlis [11]等对 103 例漏斗胸患儿的肺生长和功能模式进行回顾性研究, 年龄在 5~9 岁患儿 43 例, 10~14 岁患儿 36 例, 15~19 岁之间 24 例。限制性肺部疾病仅在 5 例患者(5%)中检测到, 而 42 例患者(41%)有梗阻性证据, 其余 56 例(54%)为正常模式。结果表明: 患儿的肺容量(总肺活量(TLC)和/或用力肺活量(FVC))的平均值为 10~14 岁组最低, 而下气道功能指数的平均值 1 秒用力呼气量(FEV₁), 一秒钟用力呼气容积与用力肺活量的比值(FEV₁/FVC), 最大呼气中期流量(FEF_{25~75})和 FEF_{25~75}/FVC 越年轻越高。残余体积(RV)和残气量(RV)/肺总量(TLC)在所有年龄组中均升高, 但随着年龄的增加而趋于正常化。没有证据表明肺功能随着年龄的增长而明显恶化。2011 年潘征夏[12]等选取 140 例患儿进行研究, 1 岁至 3 岁 50 例, >3 岁至 6 岁 50 例, >6 岁 40 例, 术前摄胸部杯准正侧位片, 测量胸廓扁平指数。发现各年龄组漏斗胸患儿胸廓较健康同龄儿童扁平, 并且胸廓扁平程度随年龄增长而加重。2022 年, Gonzalez [13]等对 329 例漏斗胸患儿的心肺功能进行研究, 其中 11~17 岁年龄组 276 例, 18 岁以上年龄组 53 例。发现 18 岁以上年龄组更常出现胸痛、呼吸短促、心悸和运动不耐受。Haller 指数也较高。在连续结局分析中, 青少年在肺功能测试上的一秒用力呼气量(FEV₁)/用力肺活量(FVC)较高。作者认为, 患儿随年龄的增长其胸廓畸形会加重, 但肺功能是否出现变化与胸廓畸形程度有关。

3. Nuss 术后肺功能恢复情况研究进展

3.1. 漏斗胸 Nuss 术后肺功能恢复与漏斗胸类型的关系

漏斗胸患儿根据其胸廓对称性可分为对称型和不对称型, 其对称性是否会对患儿术后肺功能恢复造成影响是一个问题[14][15]。2015 年 Jeong [16]等对 18 例接受过 Nuss 手术的男性患者进行了回顾性研究发现: 在 9 例对称型和 9 例不对称型术前肺功能检测中, 只有 1 例非对称型出现限制性型, 两组均无梗阻性。但术后对称型 1 例, 非对称型 4 例出现限制性型。两组患者 Haller 指数基线值和术后值变化无显著差异。其结果表明在 Nuss 手术前后, 漏斗胸的形态学差异可能会影响肺功能。特别是非对称型患者术前肺容量和术后肺功能较对称型患者有劣势。作者认为, 此研究仍存在一些局限性, 它没有测量 Nuss 手术后的运动耐受性。手术的实际功能结果可能与肺动力学下降不同, 因为心血管功能也会在术后改变。进一步还需要对运动期间的心肺功能进行研究。

3.2. 漏斗胸 Nuss 术后肺功能与 Haller 指数的关系

过去虽然有文章对研究了 Haller 指数与术前肺功能的关系, 但研究评估儿童 Haller 指数与术后肺功能之间的关系较少[17]。2016 年夏大洋[18]等对 61 例漏斗胸患儿进行回顾性研究, 按照 Haller 指数分型, 轻度组 4 例, 中度组 14 例, 重度组 43 例。分别检测手术前后肺功能, 研究表明各畸形程度, 术后 CT 小气道改变率均有下降趋势, 但差异无显著性。2018 年 Kuyama [19]等对 124 例行 Nuss 手术患儿进行回顾性研究, 呼气力不理想排除 8 岁以下儿童, 按 Haller 指数将剩下 97 例儿童分为轻度(4.0 > Haller 指数) 54 例和重度(4.0 < Haller 指数) 43 例进行肺功能比较。结果表明: 重症组的肺活量(VC)和呼气高峰流量(PEFR)显著降低。而 1 秒用力呼气量(FEV₁)和用力呼气 50%肺活量的瞬间流量(V50)/用力呼气 75%肺活量的瞬间流量(V25)在重度组和轻度组之间没有差异。而 Lawson [20]等人在一项大型多中心研究中报道, 严重的胸部畸形极有可能导致肺功能下降。他们认为, HI 大于 7 的患者比那些 HI 小于 7 的患者有较低的肺活量(VC)。且 1 秒用力呼气量(FEV₁)和用力呼气 50%肺活量的瞬间流量(V50)/用力呼气 75%肺活量的瞬间流量(V25)也存在差异。作者认为, 造成这些差异的原因可以解释为研究的案例数量不同, 并且使用了不同的数据分析方法, 夏大洋[18]等对数据统计后使用独立样本 T 检验或配对样本 T 检验进行

显著性检验, 而 Kuyama [19] 等对其数据统计后使用非参数检验进行比较。然而, 这两项研究术前肺功能的共同特点, 高 Haller 指数表现为低肺功能。

3.3. 漏斗胸 Nuss 术后肺功能与年龄的关系

经典 Ravitch 术(即开放胸骨上举术, RP)最佳年龄为 6~12 岁, 由于 Nuss 手术具有创伤小、并发症少等优点[21], 现已被广泛应用于漏斗胸的临床治疗中, 因 Nuss 手术(即微创胸骨上举术, NP)手术原理不同于 Ravitch 术, 故自 Nuss 手术开展后, 国内外很多医生已将 Nuss 手术年龄扩大化, 并且都获得了主观满意的临床效果。但是不同年龄之间漏斗胸患儿 Nuss 术后肺功能变化是否有差异还不清楚。2005 年 Lawson [22] 等人研究了 408 例漏斗胸患儿术前肺功能及 45 例漏斗胸患儿术后肺功能, 并按年龄分为大于 11 岁组及小于 11 岁组。其研究结果表明年龄小于 11 岁的患者, 与 11 岁及以上的患者相比, 肺功能值更接近正常。手术时年龄大于 11 岁的患者术前肺功能值低于年轻患者, 术后改善较大。导致这种结果可能与小年龄儿童漏斗胸肺功能损害低, 而大年龄儿童相对而言漏斗胸肺功能损害高, 故改善更为明显。2016 年夏大洋[18] 等对 61 例漏斗胸患儿进行回顾性研究, 按年龄分组, 术前小于 3 岁组 11 例, 3~6 岁组 21 例, 大于 6 岁组 29 例。其结果表明各年龄段, 术后 CT 小气道改变率均有下降趋势, 其中 3~6 岁组手术前后的差异有显著性意义。年龄越大, 术后 CT 小气道改变率越高。小于 3 岁组中肺活量(VC)的实测值比预计值低, 差异有统计学意义; 术后用力肺活量(FVC)、1 秒用力呼气量(FEV1)、用力呼气 50% 肺活量的瞬间流量(MEF50)等实测值与预计值无统计学差异。3~6 岁组术前术后肺功能比较, 术后肺活量(VC)、用力肺活量(FVC)、1 秒用力呼气量(FEV1)、呼气峰流量(PEF)、75% 肺活量时的最大呼气流速(MEF75)有增加趋势, 用力呼气 50% 肺活量的瞬间流量(MEF50)、25% 肺活量时的最大呼气流速(MEF25)、用力呼气中期流速(MMEF)差异不大, 但均无统计学意义。大于 6 岁组术前术后肺功能比较, 术后肺活量(VC)、1 秒用力呼气量(FEV1)等有下降趋势, PEF、用力呼气 50% 肺活量的瞬间流量(MEF50)等有增加趋势, 但差异均无统计学意义。研究认为推荐漏斗胸的手术年龄为小于 6 岁, 以小于 3 岁最佳。2018 年 Kuyama [19] 等对 124 例行 Nuss 手术患儿进行回顾性研究, 并将其按年龄分为 3 组, A 组 27 例, 年龄 4~7 岁; B 组 39 例, 年龄 8~10 岁; C 组 58 例, 11 岁以上。其研究表明在 10 岁或 10 岁以下的儿童中, Nuss 手术术后肺功能恢复较好。此结果看起来与 Lawson 等人研究结果相矛盾, 实际上是由于研究方法不同导致, Lawson 等人是从相同年龄术前术后肺功能变化情况相比较, 而 Kuyama 等人是对比不同年龄的术后肺功能情况。以上研究虽然年龄分组不同, 但都说明小年龄儿童行 Nuss 手术对肺功能有好处。

4. 小结和展望

综上所述, 漏斗胸是最常见的先天性胸廓畸形, 由于其可致心肺发育受限, 常需手术矫正, 目前临床上最常用的手术方式为 Nuss 手术。Nuss 手术能够明显改善患儿胸廓畸形, 但对肺功能的影响与多种因素有关, 患儿胸廓畸形的严重程度、类型、患儿的年龄等因素都会影响到患儿的肺功能。结合国内外目前研究结果, 在胸廓畸形较轻、年龄较小时进行手术对患儿肺功能有好处。目前国内外大多数针对漏斗胸肺功能的研究只进行了静息肺功能检测, 对运动肺功能的研究较少, 所以, 究竟漏斗胸患儿 Nuss 手术术前术后肺功能变化情况如何, 仍需进行更长时间的随访和研究。

基金项目

2023 年科卫联合医学科研项目(2023MSXM070)。

参考文献

- [1] Kelly, R.E., Lawson, M.L., Paidas, C.N., *et al.* (2005) Pectus Excavatum in a 112-Year Autopsy Series: Anatomic

- Findings and the Effect on Survival. *Journal of Pediatric Surgery*, **40**, 1275-1278. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2005.05.010>
- [2] Kelly, R.E., Shamberger, R.C., Mellins, R.B., Mitchell, K.K., Lawson, M.L., Oldham, K., Azizkhan, R.G., Hebra, A.V., Nuss, D., Goretsky, M.J., Sharp, R.J., Holcomb, G.W., Shim, W.K., Megison, S.M., Moss, R.L., Fecteau, A.H., Colombani, P.M., Bagley, T.C. and Moskowitz, A.B. (2007) Prospective Multicenter Study of Surgical Correction of Pectus Excavatum: Design, Perioperative Complications, Pain, and Baseline Pulmonary Function Facilitated by Internet-Based Data Collection. *Journal of the American College of Surgeons*, **205**, 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.03.027>
- [3] Mead, J., Sly, P., Le Souef, P., Hibbert, M. and Phelan, P. (1985) Rib Cage Mobility in Pectus Excavatum. *The American Review of Respiratory Disease*, **132**, 1223-1228.
- [4] Blickman, J.G., Rosen, P.R., Welch, K.J., Papanicolaou, N. and Treves, S.T. (1985) Pectus Excavatum in Children: Pulmonary Scintigraphy before and after Corrective Surgery. *Radiology*, **156**, 781-782. <https://doi.org/10.1148/radiology.156.3.4023243>
- [5] Castile, R.G., Staats, B.A. and Westbrook, P.R. (1982) Symptomatic Pectus Deformities of the Chest. *The American Review of Respiratory Disease*, **126**, 564-568.
- [6] Malek Moh, H., Fonkalsrud, E.W. and Cooper, C.B. (2003) Ventilatory and Cardiovascular Responses to Exercise in Patients with Pectus Excavatum. *Chest*, **124**, 870-882. <https://doi.org/10.1378/chest.124.3.870>
- [7] Kowalewski, J., Barcikowski, S. and Brocki, M. (1998) Cardiorespiratory Function before and after Operation for Pectus Excavatum: Medium-Term Results. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **13**, 275-279. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(97\)00326-6](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(97)00326-6)
- [8] Quigley, P.M., Haller, J.A., Jelus, K.L., et al. (1996) Cardiorespiratory Function before and after Corrective Surgery in Pectus Excavatum. *The Journal of Pediatrics*, **128**, 638-643. [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(96\)80128-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(96)80128-4)
- [9] 张雯, 李传伟, 褚志刚, 等. 先天性漏斗胸患者胸廓畸形程度与肺功能变化的研究[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2011, 10(5): 470-473. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-6205.2011.05.014>
- [10] Katrancioglu, O., Ozel, M., Inceoglu, F., et al. (2023) Is There a Relationship between Haller Index and Cardiopulmonary Function in Children with Pectus Excavatum? *Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi*, **31**, 367-373. <https://doi.org/10.5606/tgkdc.dergisi.2023.24088>
- [11] Koumbourlis, A.C. and Stolar, C.J. (2004) Lung Growth and Function in Children and Adolescents with Idiopathic Pectus Excavatum. *Pediatric Pulmonology*, **38**, 339-343. <https://doi.org/10.1002/ppul.20062>
- [12] 李洪波, 潘征夏, 吴春, 等. 不同年龄段先天性漏斗胸胸廓扁平程度的研究[J]. 激光杂志, 2011, 32(1): 79, 81. <https://doi.org/10.3969/j.issn.0253-2743.2011.01.038>
- [13] Gonzalez, G.C., Berazaluce, A.M., Jenkins, T.M., et al. (2022) Does Age Matter? Cardiopulmonary Profiles of Adolescents versus Adults with Pectus Excavatum Presenting for Surgical Evaluation. *Pediatric Surgery International*, **39**, Article No. 52. <https://doi.org/10.1007/s00383-022-05295-9>
- [14] Redding, G.J., Kuo, W., Swanson, J.O., Phillips, G.S., Emerson, J., Yung, D., Swanson, J.W., Sawin, R.S. and Avansino, J.R. (2013) Upper Thoracic Shape in Children with Pectus Excavatum: Impact on Lung Function. *Pediatric Pulmonology*, **48**, 817-823. <https://doi.org/10.1002/ppul.22660>
- [15] Park, H.J., Jeong, J.Y., Jo, W.M., Shin, J.S., Lee, I.S., Kim, K.T. and Choi, Y.H. (2010) Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum: A Novel Morphology-Tailored, Patient-Specific Approach. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **139**, 379-386. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.09.003>
- [16] Jeong, J.Y., Ahn, J.H., Kim, S.Y., et al. (2015) Pulmonary Function before and after the NUSS Procedure in Adolescents with Pectus Excavatum: Correlation with Morphological Subtypes. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **10**, Article No. 37. <https://doi.org/10.1186/s13019-015-0236-7>
- [17] Gürsu, A.H., Karagün, B.S., Korkmaz, O., et al. (2014) Correlation between Haller Index and Echocardiographic and Spirometric Findings in Children with Pectus Excavatum. *Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi*, **42**, 259-264. <https://doi.org/10.5543/tkda.2014.21845>
- [18] 夏大洋. 多层螺旋CT评价不同年龄段漏斗胸手术前后小气道改变及与肺功能的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆医科大学, 2016. <https://doi.org/10.7666/D.D01120041>
- [19] Kuyama, H., Uemura, S., Yoshida, A., et al. (2018) Pulmonary Function in Children with Pectus Excavatum and Post-Operative Changes after Nuss Procedure. *Pediatric Surgery International*, **34**, 1099-1103. <https://doi.org/10.1007/s00383-018-4319-0>
- [20] Lawson, M.L., Mellins, R.B., Paulson, J.F., et al. (2011) Increasing Severity of Pectus Excavatum Is Associated with Reduced Pulmonary Function. *The Journal of Pediatrics*, **159**, 256-261.E2. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2011.01.065>
- [21] Molik, K.A., Engum, S.A., Rescorla, F.J., et al. (2001) Pectus Excavatum Repair: Experience with Standard and Mi-

- nimal Invasive Techniques. *Journal of Pediatric Surgery*, **36**, 324-328. <https://doi.org/10.1053/jpsu.2001.20707>
- [22] Lawson, M.L., Mellins, R.B., Tabangin, M., *et al.* (2005) Impact of Pectus Excavatum on Pulmonary Function before and after Repair with the Nuss Procedure. *Journal of Pediatric Surgery*, **40**, 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2004.09.040>