

·综述·

肺功能检查在小儿外科术前评估中的应用研究进展



全文二维码



开放科学码

周梦雪 综述 罗 健 审校

【摘要】 肺功能检查作为一项低成本、操作简便的方法,目前已广泛应用于成人外科的术前评估中。已有文献表明术前行肺功能检查可明显减少术后肺炎、肺不张、胸腔积液等肺部并发症的发生率。然而,在儿童领域,此类研究相对匮乏,该检查对小儿外科术后肺部并发症的预测价值及应用情况尚不清楚。本文以成人外科为导向,简述术前肺功能检查的历史及现状,总结儿童肺功能在术前风险评估中的研究进展及存在的问题,旨在为小儿外科合理运用术前肺功能评估提供参考,以期一定程度降低手术风险和不良事件发生率,并尝试总结未来的临床研究方向。

【关键词】 呼吸功能试验;外科手术;风险评估;儿童

【中图分类号】 R726.1 R332

Applications of pulmonary function examination for preoperative evaluations during pediatric surgery.

Zhou Mengxue, Luo Jian. Department of Respiratory Medicine, Affiliated Children's Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400014, China. Corresponding author: Luo Jian, Email: spencerlj@163.com

【Abstract】 As a low-cost and easy-to-operate tool, pulmonary function examination has been widely applied for preoperative evaluations of adult surgery. It has significantly lowered the postoperative incidence of pneumonia, atelectasis, pleural effusion and other pulmonary complications. However, pediatric studies are relatively scarce and predictive value and application of this examination have remained sketchy for postoperative pulmonary complications. Focusing upon the developments and current status of preoperative pulmonary function application, this review summarized research advances and existing problems of pediatric preoperative pulmonary functions. It was intended to provide references for optimal applications of preoperative pulmonary function evaluations, reduce the associated risks and guide future directions of clinical researches.

【Key words】 Respiratory Function Tests; Surgical Procedures, Operative; Risk assessment; Child

从上世纪起,肺功能受损就被认为是胸部及上腹部手术术后肺炎、肺不张、肺水肿、呼吸衰竭等肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)的危险因素^[1]。但近20年来,随着研究的不断深入,有证据表明,术前肺功能检查(pulmonary function testing, PFT)对不同手术PPCs的预测价值不尽相同。例如,研究者普遍认为肺癌患者的术前肺功能指标能较好地预测PPCs的发生^[2];然而对于腹部手术及脊柱侧弯矫形术,既有学者认为该检查能够有效识别术后肺部并发症高危患者,也有学

者得出截然相反的结论。不仅如此,日本学者调查了超过1400家医疗机构,发现有71.8%的全身麻醉下低风险手术常规应用了PFT进行术前风险评估,而在加拿大,该比例不到8%,国内尚无类似统计^[3,4]。由此可见,各地区术前使用PFT的比例也存在较大差异,此现象与人们对术前肺功能检测缺乏统一认识不无关系。本文借鉴成人外科相关经验,着眼于常见的胸腹部手术,描述儿童术前PFT的临床意义及其与成人外科的差距和区别。

一、肺功能检查简述

肺功能检查是运用呼吸生理知识和现代检查技术探索人体呼吸系统功能状态的检查。该技术自古罗马时代开始,经历了无数学者的改进,并得益于上个世纪计算机的迅速发展,如今已成为无可替代的检查手段,并在成人外科术前评估中得到了广泛应用。

DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.04.015

作者单位:重庆医科大学附属儿童医院呼吸科/儿童发育疾病研究教育部重点实验室/国家儿童健康与疾病临床研究中心/儿童发育重大疾病国家国际科技合作基地/儿科学重庆市重点实验室(重庆市,400014)

通信作者:罗健, Email: spencerlj@163.com

儿童肺功能检查技术紧跟成人领域的发展,为儿科医疗做出重要贡献。2016 年中华医学会儿科分会发表的《儿童肺功能系列指南》对肺功能检测方式、肺功能室的场地要求、预计值的选取及不同年龄段的质量控制等做了详细说明,使国内不同地区医疗机构的检测结果更为可靠^[5]。

3 岁以上儿童目前以肺通气功能检查为主,主要指标包括肺活量(vital capacity, VC)、用力呼气量(forced vital capacity, FVC)、一秒用力呼吸容积(forced expiratory volume in one second, FEV1)、最大呼气流量(peak expiratory flow, PEF),它们从不同角度评估呼吸系统的功能状态。其中, VC 反映肺最大扩张和收缩的幅度,其与性别、年龄、身高、体重、胸廓和肺的弹性、呼吸肌肌力等因素均有关。FVC 是指最大吸气后用最大努力,最快速度呼出全部气体的总量,上述过程在 1 s 内呼出的气量又称 FEV1,两者均用于判断阻塞性通气功能障碍的程度。PEF 则描述了用力快速呼气时产生的最大瞬时流量,是反应气道通畅性及呼吸肌力量的指标,与 FEV1 有较高的相关性。

潮气呼吸、阻断、胸腹腔挤压、婴儿体描仪、六氟化硫测功能残气等检查方法则适用于婴幼儿。潮气呼吸检测法是在婴幼儿平静呼吸下,通过面罩的流量传感器获取流量信号及容积信号,以描绘出流量-容积曲线,临床上常用该曲线环的形态初步了解通气功能受损的情况,再结合具体指标综合判断,例如达峰时间比[time to peak tidal expiratory flow as a proportion of expiratory time, TPTEF/TE(%)]被定义为达峰时间(从呼气开始到达到呼气峰流量的时间)与呼气时间的比值,达峰容积比[volume to peak expiratory flow as a proportion of exhaled volume, VPEF/VE(%)]与之相似,它是达峰容积与呼气容积的比值,气道阻塞越重,上述两个比值越低。

进行检查之前需将实验室温度、湿度及大气压调整至合适范围,现代医疗设备可以轻易而准确地达成。流量、容积的校准可借助精确的定标筒完成,患者只需穿着宽松,取直立位,鼻夹夹住鼻翼,含住咬嘴根据操作员的指令吸气或呼气,由测量仪自动记录并根据各年龄通气功能预计值得出结论。部分仪器还配备动画辅助程序可提高儿童的配合度。由此可见,与当前常用的计算机断层扫描、磁共振检查、各类评估量表等术前评估方式相比,PTF 具有经济、快速、操作简单、避免报告者主观判断等

优点。然而,目前肺功能在小儿外科中的应用,仍主要集中在对漏斗胸、脊柱侧弯等患者术后矫正效果的随访,以及探索不同手术、麻醉方式对肺功能的影响等方面。至于术前风险评估,小儿外科医生们似乎低估了肺功能的价值。

二、肺功能在术前评估中的应用

(一)胸部手术

胸部手术因术中会对胸廓、肺部及呼吸肌造成直接损害,使术后肺部并发症的发生率明显高于其他部位的手术。大量研究发现术前肺功能与术后不良事件有关。例如,在食管癌术前评估中,FEV1、PEF 及一氧化碳弥散量被认为对术后肺部感染有较高预测价值(ROC 曲线下面积均 > 0.9)^[6]; Choi 等^[7]发现术前肺功能与胸腺切除术后肌无力危象密切相关。Matsumi 等^[8]认为该检查能预测胃内镜下黏膜剥离术后吸入性肺炎的发生;但以上结论均缺乏类似研究佐证,无法进行同类研究的对比分析,需进一步深入研究。以下主要阐述目前研究较多的脊柱侧弯矫形术、心脏手术及肺叶切除术。

1. 脊柱侧弯矫形术。脊柱侧弯是发生在冠状面(后前位 X 线片)上 Cobb 角大于 10° 的三维脊柱畸形,以儿童常见。严重的脊柱畸形会引起限制性肺疾病及心血管疾病,甚至造成患者早期死亡。近年来,外科技术发展迅速,脊柱侧弯的手术治疗取得了长足的进展,但仍有不少 PPCs 的报道,以肺炎、肺不张、胸腔积液及呼吸衰竭较常见^[9]。

术前 PFT 对儿童脊柱侧弯 PPCs 的预测作用尚存在争议。Liang 等^[10]认为在后路脊柱融合术中,胸腔成形术是术后发生辅助呼吸时间延长、肺不张、气胸、肺炎或低氧血症的唯一独立危险因素,术前用力肺活量等指标对上述情况的预测作用较小。一项较新的研究证明了术后插管或重症监护病房入住率与术前 PFT 结果没有相关性^[11]。Yin 等^[12]提出 FEV1 和 FVC 与先天性脊柱侧弯后路融合术后肺部并发症有关,但不是其独立危险因素。

与之相对的,更多研究者支持术前 PFT 可以用来预测脊柱侧弯矫形术 PPCs 的发生。日本学者 Kang 等^[13]分析了 74 例接受矫形术的神经肌肉型脊柱侧弯患者的临床资料,有 37 例出现胸腔积液、气胸、血胸、肺炎或肺不张的情况,发现 $FEV1\% (FVC/FVC \text{ 预测值}) < 40\%$ ($P = 0.007$) 和 $FVC\% < 39.5\%$ ($P = 0.005$) 是上述肺部并发症发生的独立危险因素。与此同时, Lao 等^[14]认为在极重度脊柱侧弯患者中, $FVC\% < 65\%$ 的患者术后更易发生

胸腔积液、呼吸衰竭、肺不张、血胸等 PPCs。也有研究报道术前肺功能评估和手术入路选择对明确脊柱侧凸患者气管拔管时机有重要参考价值。葡萄牙学者曾报道青少年特发性脊柱侧凸患者可以通过术前呼吸肌力量训练来降低术后肺部并发症的风险^[15]。

肺功能应用于脊柱侧弯术前评估的价值众说纷纭,其原因可能如下:一方面,肺部并发症的定义及发生率难以统一,研究者的主观意识可能对试验结果造成较大偏倚;另一方面,一些研究设计欠完备,未对脊柱侧弯的严重程度、类型及年龄进行分层分析,导致结果不一致甚至相反。此外,术前常规肺功能检查可能对部分严重脊柱侧弯或合并神经肌肉疾病的患者不适用。相当部分的患者得出无意义结果,对完成度较低的结果缺乏严格的筛选标准。综上,肺功能在脊柱侧弯术前评估中的价值还需大样本、多中心、更为严谨的前瞻性研究证实。

2. 心脏手术。成人患者的术前 PFT 已被认为是影响心脏病术后短期预后的关键指标之一。Risom 等^[16-18]分别在三项前瞻性队列研究中,对接受心脏手术的患者进行术前肺活量测定,发现多种肺功能指标的降低是术后发生死亡、住院时间延长、机械通气时间延长、需要气管切开、急性呼吸窘迫综合征等并发症的预测因子。故有学者建议,将肺活量测定纳入心脏外科患者的常规筛查项目中,以提高术前风险预测能力和高危患者的识别率。

儿童心脏病以先天性心脏病为主,其中约 25% 的先天性心脏病患者在新生儿期或婴儿期需要开胸手术或介入治疗。然而,呼吸道感染或呼吸衰竭等术后肺部并发症仍然很常见,已成为儿童心脏手术后延迟恢复的常见原因。

先天性心脏病患者术前 PFT 与 PPCs 的关系尚不十分清楚,且相关研究十分稀少。Liu 等^[19]分析了 112 例接受手术治疗的先天性心脏病患者,发现在呼吸频率、达峰时间比或达峰容积比异常或肺顺应性降低的婴儿中,PPCs 的发生率明显较高($P < 0.01$)。此处 PPCs 的诊断包括呼吸道感染(细支气管炎和肺炎)、呼吸衰竭、肺不张、气胸、低氧血症、支气管痉挛以及术后 2 周以后需在 ICU 接受术后呼吸支持的患者。由此,该研究建议儿科医生在决定手术方式和范围,以及麻醉方式和深度时,需考虑婴幼儿的 PFTs 情况,可通过减少手术时间及促进气道分泌物的引流保护肺功能,降低 PPCs 的发生率。

目前,先天性心脏病术前肺功能检查并未引起

儿科医生的足够重视,多数研究者在探索儿童先天性心脏病手术的危险因素时,似乎并未将其视为影响因素而纳入分析^[20,21]。肺功能作为一项低成本、操作简便的检查,已在成人心脏手术中证实了其术前评估价值,如何让其助力小儿心脏手术的预后评估,将有待儿科医生进一步探索。

3. 肺叶切除术。成人肺叶切除术主要应用于非小细胞肺癌的治疗中。术后有效血氧交换面积减小,呼吸肌离断、胸廓活动幅度减少,以及麻醉和手术创伤导致的呼吸道黏膜损伤及分泌物排出障碍,致使术后可能出现肺不张、肺炎和呼吸衰竭等并发症,故准确的术前风险评估对患者术后恢复尤为重要。除计算机断层扫描的和运动测试外,术前 PFT 亦是肺切除前的标准评估方法。

2009 年,欧洲医师协会/欧洲胸外科医师协会(European Medical Association/European Association of Thoracic Surgeons, ERS/ESTS)发布指南建议把一氧化碳弥散量(capacity carbon monoxide diffusing amount, DLCO)作为肺切除患者的术前常规检查^[22]。随后,美国胸科医师协会(American College of Chest Physicians, ACCP)于 2013 年在有关肺切除术前评估指南中,建议用预计术后肺功能(predicted post-operative pulmonary function, PPOPE)作为 PPCs 的预测指标,认为 PPO FEV1 或 PPO DLCO $> 60\%$ 时肺叶切除手术风险低;当 PPO FEV1 或 PPO DLCO 为 $30\% \sim 60\%$ 时,建议行简易运动试验;PPO FEV1 或 PPO DLCO $< 30\%$ 时,则建议行心肺运动试验以评估手术风险^[2]。Ferguson 等^[23]对 800 多个非小细胞肺癌患者的研究证实了 PPO DLCO 对肺叶切除术 PPCs 的预测价值。Gao 等^[24]提出术前 FVC 是非小细胞肺癌切除术后近期并发症和远期生存率的预测因子,且首次发现肺功能多项指标与血清炎症反应生物标志物有关,并尝试以此解释 PTF 与 PPCs 的关系。Benattia 等^[25]也认为术前 FVC% 是非小细胞肺癌术后发生肺炎、肺不张、呼吸衰竭等 PPCs 的独立预测因素。基于上述结论,有学者研究证实了呼吸功能锻炼可以改善肺功能,提高手术耐受力,减少术后肺部并发症^[26]。

儿童肺癌罕见,临床中需肺叶切除的严重肺部病变主要包括囊性腺瘤样畸形、隔离肺、大叶性肺气肿、肺部占位等,上述疾病均非常罕见,病因的多样性及相对较少的样本量给研究带来困难,致使儿童领域相关研究进展缓慢^[27]。成人肺叶切除术前肺功能检查及结果判读已相当完备,给儿科医生以

宝贵的经验及技术储备。今后,希望通过更多严谨的临床研究探寻术前肺功能检测在儿童肺叶切除术中的价值,例如备受推崇的预计术后肺功能的算法是否适用于儿童,其价值同成人是否有区别,低年龄儿童适用的潮气呼吸肺功能结果如何判读等。我们相信,儿童术前肺功能评估将逐步规范和成熟,并逐渐降低术后肺部并发症发生率及病死率。

(二)腹部手术

有关腹部手术术前 PFT 的意义一直存在争议,且可谓一波三折。多个前瞻性研究均提出 FVC% 和 FEV1% 是腹部手术 PPCs 的良好预测因子^[28]。但 Lawrence 等^[29]分析了 22 篇关于术前肺功能与腹部手术 PPCs 关系的文献,这些文献均认为术前 PFT 可以预测术后肺部并发症,但是作者认为所有研究都存在方法学缺陷,其结果有待商榷。2006 年美国医师学会发布的第一个术前风险评估的临床指南中,不建议术前常规行 PFT 以预测接受非心胸外科手术的患者发生 PPCs 的风险,因为系统回顾文献并没有显示 PFT 在该问题上优于病史和体格检查^[30]。

然而,随后的两项大型回顾性研究表明,术前 PFT 与 PPCs 的发展存在相关性。有学者分别研究了 1 053 例接受胃癌根治术的患者和 1 236 例行结肠直肠癌切除术的患者,均发现 VC% (VC/预计 VC) <80% 是发生 PPCs 的独立危险因素^[31,32]。韩国学者 Tak 在一项纳入 898 例接受腹腔镜手术的患者回顾性研究中,发现术前 FVC% 降低的患者更容易发生 PPCs。值得一提的是,该研究中肺炎、肺气肿、胸腔积液、肺水肿等 PPCs 的诊断均较严格,PPCs 由两名麻醉科医生、一名呼吸科医生及一名影像科医生共同判断。术前 PFT 对腹部手术 PPCs 的预测价值同样体现在减肥手术中。以 Clavellina-Gaytán、Hamoui 及 van Huisstede 为代表的 3 项不同国家的研究均证实了术前肺功能检测可能有助于预测腹腔镜减肥手术 PPCs 的风险^[33-35]。近期在日本进行的一项前瞻性研究分析了 676 例接受腹部手术的患者,VC% 亦被确定为术后发生呼吸衰竭、肺炎、肺不张、气胸或胸腔积液的独立危险因素,但有趣的是,当作者将 VC% 添加到包含其他 3 个预测因子(年龄、手术时间和输血)的模型时,没有显著提高该模型预测 PPCs 的能力,说明术前 PFT 对预测 PPCs 没有帮助^[36]。

关于儿童上腹部手术 PPCs 与术前 PFT 关系的研究仍不多。一些对儿童腹部手术危险因素的研究

均较少考虑到术前肺功能^[37]。虽然腹部手术是否常规进行术前 PFT 尚存争议,但成人外科大多承认术前肺功能与 PPCs 的关系,且儿童以腹式呼吸为主,更加依赖膈肌功能,有理由认为该项检查在儿童腹部手术中的价值值得儿科医生进一步探讨。

三、展望

儿童肺功能检查技术经过上百年的发展,其基础检查方法已经在国内各层医院得到较广泛的普及,也在成人外科的术前评估中做出重要贡献。但小儿外科医生显然尚未重视该检查对手术预后的预测价值,相关研究可谓匮乏。国外研究虽不少,暂不论能否直接指导国内临床工作,单从脊柱侧弯中的应用来说,尚有不少争议。这样的窘境直接导致国内医疗机构开展术前肺功能评估的情况差异较大,医务工作者对儿童术前肺功能评估的价值尚无统一认识,一些医疗机构即使完善术前肺功能检查亦未能充分体现其指导意义,甚至视之为不求甚解的常规术前检查。

成人外科对术前 PFT 价值的体现让我们有理由相信,儿童术前肺功能检查的作用远不止于现状,未来希望能通过大样本、多中心的前瞻性研究量化肺功能参数与术后 PPCs 风险的关系,探究预测术后肺部并发症的敏感指标,制定适用于我国儿童的术前肺功能检查方案,帮助指导外科手术的时机、方式、麻醉方案等,对肺功能不达标者予以延期手术或行术前肺功能锻炼,望能一定程度预测术后肺部并发症的发生率、机械通气时间、住院时间及住院费用等,并促进良好医患沟通及降低术后不良事件发生率。

参考文献

- 1 Celli BR. What is the value of preoperative pulmonary function testing? [J]. Med Clin North Am, 1993, 77 (2): 309-325. DOI: 10.1016/s0025-7125(16)30253-x.
- 2 Brunelli A, Kim AW, Berger KI, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, Third Edition: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines [J]. Chest, 2013, 143 (5 Suppl): e166S-e190S. DOI: 10.1378/chest.12-2395.
- 3 Yonekura H, Ide K, Seto K, et al. Preoperative pulmonary function tests before low-risk surgery in Japan: a retrospective cohort study using a claims database [J]. J Anesth,

- 2018,32(1):23-32. DOI:10.1007/s00540-017-2423-2.
- 4 Sun LY, Gershon AS, Ko DT, et al. Trends in pulmonary function testing before noncardiothoracic surgery[J]. *JAMA Intern Med*, 2015, 175(8):1410-1412. DOI:10.1001/jamainternmed.2015.2087.
- 5 中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组,《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会. 儿童肺功能系列指南(一):概述[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2016, 31(9):653-658. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2016.09.004.
Pulmonary Function Group, Respiratory Branch of Chinese Pediatric Society of Chinese Medical Association, Editorial Board of Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics. Series guidelines for pediatric pulmonary function (Part I): overview[J]. *Chin J Appl Clin Pediatr*, 2016, 31(9):653-658. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2016.09.004.
- 6 刘现海,李峰,孔令剑,等. 肺功能指标对食管癌患者术后肺部感染的预测价值[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(9):1379-1383. DOI:10.11816/cn.ni.2019-181222.
Liu XH, Li F, Kong LJ, et al. Value of lung function parameters in predicting postoperative pulmonary infection in patients with esophageal cancer[J]. *Chin J Nosocomiol*, 2019, 29(9):1379-1383. DOI:10.11816/cn.ni.2019-181222.
- 7 Choi KH, Nam TS, Lee SH, et al. Preoperative pulmonary function is strongly related to myasthenic crisis after thymectomy[J]. *Neurol India*, 2014, 62(2):164-168. DOI:10.4103/0028-3886.132361.
- 8 Matsumi A, Takenaka R, Ando C, et al. Preoperative pulmonary function tests predict aspiration pneumonia after gastric endoscopic submucosal dissection[J]. *Dig Dis Sci*, 2017, 62(11):3084-3090. DOI:10.1007/s10620-017-4750-4.
- 9 冯磊,张学军. 儿童脊柱侧凸矫正手术中神经电生理监测方案的选择及技术难点[J]. *临床小儿外科杂志*, 2020, 19(2):93-97. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.001.
Feng L, Zhang XJ. Protocol selecting and technical dilemmas of intraoperative neurophysiological monitoring during corrective procedures for pediatric scoliosis[J]. *J Clin Ped Sur*, 2020, 19(2):93-97. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.001.
- 10 Liang J, Qiu G, Shen J, et al. Predictive factors of postoperative pulmonary complications in scoliotic patients with moderate or severe pulmonary dysfunction[J]. *Spinal Disord Tech*, 2010, 23(6):388-392. DOI:10.1097/BSD.0b013e3181b55ff4.
- 11 Burjek NE, Rao KE, Wieser JP, et al. Preoperative pulmonary function test results are not associated with postoperative intubation in children undergoing posterior spinal fusion for scoliosis: a retrospective observational study[J]. *Anesth Analg*, 2019, 129(1):184-191. DOI:10.1213/ANE.0000000000004143.
- 12 Yin S, Tao H, Du H, et al. Postoperative pulmonary complications following posterior spinal instrumentation and fusion for congenital scoliosis[J]. *PLoS One*, 2018, 13(11):e0207657. DOI:10.1371/journal.pone.0207657.
- 13 Kang GR, Suh SW, Lee IOP. Preoperative predictors of postoperative pulmonary complications in neuromuscular scoliosis[J]. *J Orthop Sci*, 2011, 16(2):139-147. DOI:10.1007/s00776-011-0028-4.
- 14 Lao L, Weng X, Qiu G, et al. The role of preoperative pulmonary function tests in the surgical treatment of extremely severe scoliosis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2013, 8:32. DOI:10.1186/1749-799X-8-32.
- 15 Flores F, Cavaleiro J, Lopes AA, et al. Preoperative pulmonary function and respiratory muscle strength in Portuguese adolescents with idiopathic scoliosis[J]. *Rev Port Pneumol*, 2016, 22(1):52-53. DOI:10.1016/j.rppnen.2015.09.003.
- 16 Risom EC, Buggeskov KB, Mogensen UB, et al. Preoperative pulmonary function in all comers for cardiac surgery predicts mortality[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2019, 5(15):ivz049. DOI:10.1093/icvts/ivz049.
- 17 Pino JE, Shah V, Ramos Tuarez FJ, et al. The utility of pulmonary function testing in the preoperative risk stratification of patients undergoing transcatheter aortic valve replacement[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 95(6):E179-E185. DOI:10.1002/ccd.28402.
- 18 Najafi M, Sheikhatvan M, Mortazavi SH. Do preoperative pulmonary function indices predict morbidity after coronary artery bypass surgery? [J]. *Ann Card Anaesth*, 2015, 18(3):293-298. DOI:10.4103/0971-9784.159796.
- 19 Liu X, Qi F, Chen J, et al. The predictive value of infant-specific preoperative pulmonary function tests in postoperative pulmonary complications in infants with congenital heart diseases[J]. *Dis Markers*, 2019, 2019:2781234. DOI:10.1155/2019/2781234.
- 20 Du X, Chen H, Song X, et al. Risk factors for low cardiac output syndrome in children with congenital heart disease undergoing cardiac surgery: a retrospective cohort study[J]. *BMC Pediatr*, 2020, 20(1):87. DOI:10.1186/s12887-020-1972-y.
- 21 Yu X, Chen M, Liu X, et al. Risk factors of nosocomial infection after cardiac surgery in children with congenital heart disease[J]. *BMC Infect Dis*, 2020, 20(1):64. DOI:10.1186/s12879-020-4769-6.
- 22 Brunelli A, Charloux A, Bolliger CT, et al. European Respir-

- atory Society and European Society of Thoracic Surgeons joint taskforce on fitness for radical therapy. ERS/ESTS clinical guidelines on fitness for radical therapy in lung cancer patients (surgery and chemo-radiotherapy) [J]. *Eur Respir J*, 2009, 34 (1) : 17 - 41. DOI: 10. 1183/09031936. 00184308.
- 23 Ferguson MK, Watson S, Johnson E, et al. Predicted postoperative lungfunction is associated with all-cause long-term mortality after major lungresection for cancer [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 45 (4) : 660 - 664. DOI: 10. 1093/ejcts/ezt462.
 - 24 Gao Y, Zhang H, Li Y, et al. Preoperative pulmonary function correlates with systemic inflammatory response and prognosis in patients with non-small cell lung cancer; results of a single-institution retrospective study [J]. *Oncotarget*, 2017, 8 (16) : 27489 - 27501. DOI: 10. 18632/oncotarget. 14225.
 - 25 Benattia A, Debeaumont D, Guyader V, et al. Physiologic assessment before video thoracoscopic resection for lung cancer in patients with abnormal pulmonary function [J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8 (6) : 1170 - 1178. DOI: 10. 21037/jtd. 2016. 04. 38.
 - 26 Laurent H, Aubreton S, Galvaing G, et al. Preoperative respiratory muscle endurance training improves ventilatory capacity and prevents pulmonary postoperative complications after lung surgery [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020, 56 (1) : 73 - 81. DOI: 10. 23736 /S1973-9087. 19. 05781-2.
 - 27 张玉喜, 庄著伦, 莫绪明, 等. 电视胸腔镜与传统开胸手术在小儿肺叶切除中的比较 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2016, 15 (2) : 121 - 125. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671 - 6353. 2016. 02. 006.
Zhang YX, Zhuang ZL, Mo XM, et al. Video-assisted thoracoscopy vs conventional thoracotomy in infants and young children [J]. *J Clin Ped Sur*, 2016, 15 (2) : 121 - 125. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671 - 6353. 2016. 02. 006.
 - 28 Kroenke K, Lawrence VA, Theroux JF, et al. Operative risk in patients with severe obstructive pulmonary disease [J]. *Arch Intern Med*, 1992, 152 (5) : 967 - 971.
 - 29 Lawrence VA, Page CP, Harris GD. Preoperative spirometry before abdominal operations. A critical appraisal of its predictive value [J]. *Arch Intern Med*, 1989, 149 (2) : 280 - 285.
 - 30 Lawrence VA, Cornell JE, Smetana GW. Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiac thoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians [J]. *Ann Intern Med*, 2006, 144 (8) : 596 - 608. DOI: 10. 7326/0003-4819 -144-8-200604180-00011.
 - 31 Inokuchi M, Kojima K, Kato K, et al. Risk factors for postoperative pulmonary complications after gastrectomy for gastric cancer [J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2014, 15 (3) : 314 - 321. DOI: 10. 1089/sur. 2013. 031.
 - 32 Tajima Y, Tsuruta M, Yahagi M, et al. Is preoperative spirometry a predictive marker for postoperative complications after colorectal cancer surgery? [J]. *Jpn J Clin Oncol*, 2017, 47 (9) : 815 - 819. DOI: 10. 1093/jjco/hyx082.
 - 33 Clavellina-Gaytán D, Velázquez-Fernández D, Del-Villar E, et al. Evaluation of spirometric testing as a routine preoperative assessment in patients undergoing bariatric surgery [J]. *Obes Surg*, 2015, 25 (3) : 530 - 536. DOI: 10. 1007/s11695-014-1420-x.
 - 34 van Huisstede A, Biter LU, Luitwieler R, et al. Pulmonary function testing and complications of laparoscopic bariatric surgery [J]. *Obes Surg*, 2013, 23 (10) : 1596 - 1603. DOI: 10. 1007/s11695-013-0928-9.
 - 35 Hamoui N, Anthone G, Crookes PF. The value of pulmonary function testing prior to bariatric surgery [J]. *Obes Surg*, 2006, 16 (12) : 1570 - 1573. DOI: 10. 1381/096089206779319356.
 - 36 Yokota S, Koizumi M, Togashi K, et al. Preoperative pulmonary function tests do not predict the development of pulmonary complications after elective major abdominal surgery: A prospective cohort study [J]. *Int J Surg*, 2020, 73 : 65 - 71. DOI: 10. 1016/j. ijsu. 2019. 11. 032.
 - 37 Kara S, Küpeli E, Yılmaz HEB, et al. Predicting pulmonary complications following upper and lower abdominal surgery: ASA vs. ARISCAT risk index [J]. *Turk J Anaesthesiol Reanim*, 2020, 48 (2) : 96 - 101. DOI: 10. 5152/TJAR. 2019. 28158.

(收稿日期: 2020-02-26)

本文引用格式: 周梦雪, 罗健. 肺功能检查在小儿外科术前评估中的应用研究进展 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2021, 20 (4) : 382 - 387. DOI: 10. 12260/lxewkzz. 2021. 04. 015.

Citing this article as: Zhou MX, Luo J. Applications of pulmonary function examination for preoperative evaluations during pediatric surgery [J]. *J Clin Ped Sur*, 2021, 20 (4) : 382 - 387. DOI: 10. 12260/lxewkzz. 2021. 04. 015.