

·综述·

微创 Nuss 手术治疗儿童漏斗胸的研究进展

吴娜 谢义民 陈思远 陈强 陈蒙 宁金波

全文二维码 开放科学码



【摘要】 漏斗胸是一种胸壁凹陷性畸形, Nuss 手术是治疗漏斗胸的一种微创手术, 具有创伤小、操作简便、并发症少、手术效果良好等优点, 已成为治疗漏斗胸的首选术式。随着 Nuss 手术的不断改良以及腔镜技术的提高, Nuss 手术的适用范围不断扩大, 胸腔镜辅助 Nuss 手术在临床应用广泛。作者在 Pubmed、万方数据、中国知网等数据库, 以漏斗胸、Nuss 手术、手术治疗为关键词, 查阅相关文献, 将微创 Nuss 手术治疗漏斗胸的概况、技术要点、争议及改良方法等作一综述。虽然 Nuss 手术的发展给漏斗胸患儿带来福音, 但其临床应用的具体问题和中远期疗效仍需进一步研究。

【关键词】 漏斗胸/外科学; 胸外科手术; Nuss 手术; 治疗结果; 儿童

【中图分类号】 R726.1 R655 R561

Research advances of mini-invasive Nuss operation in the treatment of pectum excavatum in children.

Wu Na, Xie Yimin, Chen Siyuan, Chen Qiang, Chen Meng, Ning Jinbo. Department of Pediatric Surgery, Chongqing Three Gorges Central Hospital, Chongqing, 404000, China. Corresponding author: Xie Yimin, Email: 402610872@qq.com

【Abstract】 Pectum excavatum (PE) is one kind of chest wall pitting deformity. As a primary mini-invasive operation for PE, Nuss procedure offers multiple advantages, such as minimal trauma, simple handling, fewer complications and better outcomes. With constant developments of Nuss operation and technological improvements of thoracoscope, applicable scope of Nuss procedure has expanded further. Thoracoscope-assisted Nuss technique is widely employed in clinical practices. The keywords of "pectum excavatum", "Nuss procedure" and "surgical treatment" were searched within the databases of PubMed, Wanfang and CNKI. After consulting the relevant literatures, overviews, operating procedures, technical controversies and modified methods were summarized. The development of Nuss operation has brought great benefits to PE patients. However, its practical problems and medium/long-term efficacies require further studies.

【Key words】 Funnel Chest/SU; Thoracic Surgical Procedures; Nuss Procedures; Treatment Outcome; Child

漏斗胸(pectus excavatum, PE)是儿童常见的胸廓畸形, 表现为胸骨体向背侧凹陷, 两侧肋软骨向背侧弯曲, 前胸下部呈漏斗状, 发病率为 0.1%~0.3%, 男女发病率之比约为 4:1, 约 90% 患儿在出生后 1 年内被发现^[1]。Nuss 手术是治疗漏斗胸的微创技术, 被称为漏斗胸手术的革命, 是目前治疗漏斗胸的主流术式^[2]。现将微创 Nuss 手术治疗儿童漏斗胸的概况、技术要点、争议及改良方法等作一综述。

一、Nuss 手术与儿童漏斗胸的概述

儿童漏斗胸可分为先天性漏斗胸和获得性漏斗胸。先天性漏斗胸的病因较多且复杂, 可能与胸骨和肋软骨发育障碍、膈肌发育异常、呼吸道阻塞、骨碱性磷酸酶异常、微量元素异常、结缔组织异常、遗传因素、内分泌因素及子宫内发育异常等因素有关^[3,4]。获得性漏斗胸可由胸壁其他疾病或手术、创伤等因素引起。1998 年 Nuss 首先报道了采用微创手术治疗小儿漏斗胸取得成功, 并有良好的中、远期效果^[5]。1999 年 Nuss 手术传入中国, 随后越来越多医务工作者应用 Nuss 手术治疗儿童漏斗胸^[6-8]。

二、Nuss 手术基本步骤、手术指征及优点

1. 手术步骤简述如下^[6]: ①体位: 取仰卧位, 胸部垫起, 双上肢外展 90°。②选择支撑部位及钢板长度: 在胸廓凹陷最低点做标记, 并做横线, 于漏斗嵴选择适当肋间隙位置。以胸廓凹陷最低点两

DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.017

基金项目: 重庆市万州区科技计划项目(编号: wzstc-2018004)

作者单位: 重庆三峡中心医院(重庆市, 404000)

通信作者: 谢义民, Email: 402610872@qq.com

侧腋中线之距离减去1 cm左右为备选钢板长度,用折弯器将支撑钢板塑形。③切口选择:取胸廓凹陷最深处水平位置,于双侧腋中线分别做横行切口,长2 cm左右。在两切口处沿肋骨表面胸肌下方钝性分离隧道。④制作胸骨后隧道:在胸腔镜直视下,一般选择右侧切口进入,从预选的肋间隙将引导器穿过胸壁,贴近胸骨侧穿过凹陷最低点,至对侧切口穿出。⑤置入钢板:将已塑形的钢板凹面向上,用丝线将其一端与引导器牢固相连,牵引通过隧道,置入胸骨后旋转钢板180°,使其弓形向上,撑起凹陷胸骨及前胸壁;⑥麻醉医师通过呼吸机辅助进气使肺膨胀(PEEP 4~6 cm H₂O),排出胸腔气体,固定钢板两端,逐层缝合切口。

2. 手术指征:符合以下2项或2项以上条件者可选择Nuss手术^[9]:①CT检查Haller指数>3.25;②肺功能检查提示限制性或阻塞性通气障碍,反复发生上呼吸道感染;③心电图、超声心动图检查发现不完全右束支传导阻滞、心脏瓣膜脱垂等异常;④畸形进展,且合并明显症状;⑤经各种术式矫正漏斗胸复发的患儿;⑥漏斗胸造成明显心理障碍,有强烈矫正外观愿望者。最后一项已成为手术矫治的重要因素。

3. 与胸骨翻转术、胸骨抬举术等治疗漏斗胸的传统手术相比,Nuss手术优点为:①切口在侧胸壁,外形美观且切口小;②不需要游离皮肤瓣;③出血少;④手术创伤小,不需切除肋软骨;⑤保持胸廓的完整性,术后呼吸功能稳定;⑥手术时间短,术后恢复快。

三、Nuss手术的争议

1. 手术年龄的选择:Nuss最初提出4~6岁为适当年龄,后来认为6~12岁为合适年龄^[10]。文献报道最小年龄为1岁8个月,最大年龄为46岁^[11]。Hyung等^[12]认为手术年龄在3岁以上是安全有效的,并且能避免畸形不对称的转化和提高患儿生长潜力。≤12岁患儿胸廓柔韧性、弹性好,具有较好的依从性,利于术中操作和术后恢复。参考国外经验,结合本国情况,国内Nuss手术年龄一般为3~16岁^[9]。其中手术年龄14~16岁者,一部分因患儿自身病情需要选择此年龄段手术,另一部分因患儿家属对漏斗胸认识有限,未予以重视,导致就医时间过晚,错过最佳手术时机。随着漏斗胸相关医疗知识的多层次宣传及普及,患儿及其家属就医意识提高,目前国内认为Nuss手术的最适年龄为3~12岁。

2. 内固定钢板安置时长:固定钢板一般术后3

年左右可以取出,但对于≥14岁的儿童,由于肋弓骨性成分多、较硬,塑形时间需延长,而且此年龄段患儿胸廓基本发育完善,即使钢板留置较久,也不会过度限制胸廓生长发育,因此钢板可以安放3~4年,甚至更长^[9]。但粗大的Nuss钢板长时间安放于胸壁,可致肋骨、肋软骨生物力学的改变,甚至可能导致肋骨骨折或胸骨骨折。因此,长期安放钢板对于胸壁发育,尤其对婴幼儿胸壁发育的远期影响尚需长期观察。

3. 胸腔镜辅助技术的使用:部分学者认为PE凹陷时心脏纵隔移向左侧,术中胸腔镜辅助下从右侧入路可获得良好视野,从而增加手术的安全性。尤其对一些合并膈疝、纵隔内肿瘤等特殊类型的漏斗胸,可在胸腔镜辅助下进行同期治疗。但极重度漏斗胸(尤其伴胸骨旋转)患者,右侧的胸腔镜并不能很好观察左侧情况,因此有学者采用双侧胸腔镜辅助的方法,但这样增加了手术步骤及手术切口^[13]。有文献报道在非胸腔镜下行Nuss钢板矫正漏斗胸也取得良好效果^[14]。非胸腔镜辅助下Nuss手术发生气胸的比例比胸腔镜辅助下低,可减少手术时间和失血量,术中若发现钢板位置不合适,可方便调整肋间隙,且不增加额外的胸膜腔损伤。非胸腔镜辅助下Nuss手术一般自左侧进入胸壁,此处存在心脏前胸膜裸区,手术可在胸膜外进行,减少胸膜损伤,且操作导引器的力臂短,操作更容易控制,不易损伤心包和心脏。无论是否使用胸腔镜辅助技术,熟练的手术技能和细致的操作才是减少术中损伤的关键。

4. 手术疗效评估:Nuss手术疗效评价目前尚无统一标准。结合国内矫正器特点,有学者^[15]认为Nuss手术后评定标准如下:胸部X线片显示胸骨无凹陷、矫形板及固定器位置正常(至少3个月),胸廓外观饱满、平坦光滑被评定为优;矫形板或固定器移位,但外观无改变,或外观饱满但有轻度凹凸不平被评定为良;矫形板或固定器移位,外观变形或塌陷被评定为差。曾琪等^[6]等提出儿童漏斗胸的手术效果评估标准如下:①胸部X线片显示胸骨改变;②胸廓外观的平坦程度和对称性;③患儿和家属满意程度;④胸廓饱满程度、伸展性和弹性。符合以上4条者为优;3条为良;2条为中;0~1条为差。除此以外,有文献报道应用心电图检查来评估漏斗胸术后效果^[16]。以上评估Nuss手术疗效方法仍需进一步多中心大样本临床试验来证实。

四、Nuss手术并发症及其对心肺功能的影响

Nuss 手术常见的术中并发症包括心包损伤、肺损伤、肋间血管出血、心脏及大血管损伤、膈肌损伤、肝脏损伤等;术后并发症包括:钢板移位、气胸、皮下气肿、心包积液、胸腔积液、感染、过敏反应和长期疼痛等^[17]。国外早期文献报道 Nuss 手术并发症发生率为 21%~67%^[18]。早期文献报道 Nuss 手术钢板移位发生率较高,但是随着手术技术及手术器械的不断改进(如钢板固定片、导引器、翻转器的使用等),钢板移位发生率明显降低^[19-21]。钢板过敏反应在欧美国家 Nuss 术后患儿相对常见,而国内少见相关报道^[19]。随着技术的改良及医生手术熟练程度的提高,Nuss 手术并发症发生率亦显著减少。Pilegaard 等^[20]对 675 例漏斗胸患儿实施 Nuss 手术,无一例死亡、心脏穿孔或深部感染病例发生,只有 5% 的患儿出现轻微并发症。

漏斗胸对于患儿心肺功能有极大限制性,Nuss 手术的主要目的是胸壁矫形,改善心肺功能。Sigallet 等^[22]证实 Nuss 手术后患儿的心脏功能有明显改善。但是 Nuss 手术对漏斗胸患儿肺功能的影响尚存在争议。早期 Aronson 等^[23]研究表明,Nuss 手术后 6 个月至取出钢板阶段,肺功能与术前相比无显著变化。近几年来 Chen 等^[24]Meta 分析显示,漏斗胸手术矫正后肺功能会有一定程度提高;同样,Balci 等^[25]对漏斗胸术前术后对照研究发现,术后 6 个月和 13 个月患儿肺功能较术前明显改善。Nuss 手术对漏斗胸患儿肺功能是否具有积极改善作用,仍需多中心大样本研究来进一步证实。

五、Nuss 手术的改良

随着 Nuss 手术的广泛应用,国外诸多学者对其进行了改良,降低了并发症发生率,并取得满意疗效^[19-21,26-28]。Ravenni 等^[27]将切口改在剑突和部分前胸骨部位,采用丁字形楔形切口,钢板由此插入后可减少钢板的移位,从而减轻了患儿术后疼痛。而 Del 等^[28]报道,对青少年、成人和不对称的漏斗胸,行胸腔镜辅助剑突下小切口 Nuss 手术能获得较好的外观和矫正效果。国内曾有学者提倡在非胸腔镜辅助剑突下行小切口 Nuss 术,即采用常规双侧切口联合剑突下纵行小切口,经胸骨后对前纵膈进行游离出隧道。据文献报道该手术方式可以减少心肺及大血管的损伤,降低大出血甚至死亡的可能性,从而有效减少了并发症,提高了手术安全性^[15,29]。但部分学者通过临床实践,发现该手术方式创口多,手术时间较长,原则上不提倡此术式。

目前国内部分学者提倡单切口胸腔镜辅助

Nuss 手术(分左侧、右侧入路)。^①右侧入路基本步骤:术前用记号笔标记凹陷最低点及两侧凹陷起点,选择合适长度的钢板,取右腋前线至腋中线间肋间做一 2~2.5 cm 切口。于切口外侧同肋间或下一肋间置入 5 mm Trocar,注意避免 Trocar 损伤膈肌和肝脏。钢板一端装上手柄,在胸腔镜监视下,将钢板自右侧凹陷起始点穿入胸腔,经过胸骨低点后,至左侧凹陷起始点穿出,180°翻转钢板后,将钢板左侧前缘推进位于左侧胸大肌下方,完成 Nuss 钢板置入及胸廓塑性矫正,卸下翻转手柄,在切口侧胸大肌下置入固定翼垫片,用螺钉与钢板固定,两侧翼孔用 4-0 非吸收线固定于胸大肌下方^[30]。同时,该文献指出对于不对称性漏斗胸可采用斜行放置钢板或预制成不规则钢板支撑。^②左侧入路:手术过程与右侧入路基本相同,不同之处为切口位于左侧腋前线至腋中线间^[31]。此文献指出单切口胸腔镜辅助 Nuss 术左侧进镜较右侧容易。虽然胸壁畸形将心脏压迫至左侧,但插入腔镜的深度及角度还是安全的,而且左侧入路可以直视下对心脏进行保护。

单切口胸腔镜辅助 Nuss 手术与两切口 Nuss 手术相比,优势如下:^①避免了穿通器和 Nuss 钢板 2 次经过胸腔,能降低心肺及血管损伤的发生率;^②单侧手术切口,避免了对侧胸部皮下肌层的游离,减少局部损伤出血,且对置入的钢板有固定作用;^③使用单侧固定片可减轻对儿童胸廓发育的限制;^④简化手术步骤,缩短手术时间。但是,该改良术式在大龄儿童、大面积重度漏斗胸及术后复发患儿中的应用不多,相关经验及远期效果仍需进一步研究。

此外,有文献报道双钢板 Nuss 手术治疗重度漏斗胸,第一根钢板放置于胸廓凹陷最低点位置,观察矫形效果,如抬举不满意,可于下板上方 1~2 肋间平行于下板放置第二钢板^[32]。双钢板 Nuss 手术可以使用漏斗胸矫形模具测量矫形钢板型号,也可以选用软尺测量,即双侧腋中线的长度或稍短 1~2 cm,一般双钢板不超过腋中线,上板及下板型号相同。还有学者报道改良 Nuss 手术治疗重度漏斗胸伴先天性肺囊性病变,取得较好效果^[33]。有学者发现在固定翼、导引器、翻转器及固定方法等方面进行改良,亦取得良好效果。当然,随着材料科学的发展,一些硬度高的可吸收材料成功替代钢板,将实现无需二次手术取出矫形钢板,从而减少手术创伤,降低治疗费用。但目前还未有足够硬度的可吸收材料代替 Nuss 钢板,如研制成功,这将是漏斗胸 Nuss 矫正术技术改良领域的突破性进展。

六、Nuss 手术后注意事项

Nuss 手术后需进行深呼吸训练,婴幼儿可采取吹气球等活动帮助肺扩张。术后 2~4 周内尽量不弯腰、不翻滚、不转动胸腰,术后 1 个月内保持背部挺直,2 个月内不弯腰搬重物,3 个月内避免剧烈运动。术后 3 个月,钢板已被周围组织包裹,发生移位的可能性大大降低。但在取出钢板前仍应尽量避免对抗性运动及胸部创伤。

综上所述,漏斗胸作为儿童常见的胸壁畸形,不仅影响患儿心肺功能,还对其心理状况造成很大影响。因此,手术治疗是大部分患儿及家属的选择。如今,微创 Nuss 手术已成为治疗漏斗胸的首选方法。尽管 Nuss 手术在早期应用过程中,并发症发生率较高,但随着技术的不断改良及漏斗胸治疗方面的深入研究,并发症发生率已明显降低。Nuss 手术的早中期疗效明显高于传统手术,但对于重度非对称性及非典型性漏斗胸的治疗仍需改进技术。同样,Nuss 手术治疗漏斗胸的适应证、对心肺功能的影响、中远期疗效以及研制具备同样矫形效果的可吸收材料代替钢板等一系列问题,仍需进一步探索与研究。

参考文献

- Huddleston CB. Pectus excavatum[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2004, 16(3): 225-232. DOI: 10. 1053/j. semtcvs. 2004. 08. 003.
- Daniel PC, Robert EK, Miehle J, et al. Experience and modification up-date for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients [J]. J Pediatr Surg, 2002, 37: 437-445. DOI: 10. 1053/jpsu. 2002. 30851.
- Fonkalsrud EW. Open repair of pectus excavatum with minimal cartilage resection [J]. Ann Surg, 2004, 240(3): 231-235. DOI: 10. 1097/01. sla. 0000133116. 16484. bb.
- Park HJ, Lee SY, Lee CS, et al. The Nuss procedure for pectus excavatum: evolution of techniques and early results on 322 patients [J]. Ann Thorac Surg, 2004, 77(1): 289-295. DOI: 10. 1016/S0003-4975(03)01330-4.
- Nuss D, Kelly RE Jr, Crotitoru, et al. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum [J]. J Pediatr Surg, 1998, 33: 545-552.
- 曾骥, 彭芸, 贺延儒, 等. Nuss 手术治疗小儿漏斗胸(附 60 例报告) [J]. 中华胸心血管外科杂志, 2004, 20(4): 223-224. DOI: 10. 3760/cma. jissn. 1001-4497. 2004. 04. 012.
- Zeng Q, Peng Y, He YR, et al. Nuss procedure for the correction of pectus excavatum-review of 60 cases [J]. Chin J Thoracic & Cardiovasc Surg, 2004, 20(4): 223-224. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2004. 04. 012.
- Pilegaard HK, Licht PB. Early results following the Nuss operation for pectus excavatum a single institution experience of 383 patients [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2008, 7(1): 54-57. DOI: 10. 1510/icvts. 2007. 160937.
- Kim HK, Choi YH, Cho YH, et al. A comparative study of pericostal and submuscular bar fixation technique in the Nuss procedure [J]. Korean Med Sci, 2007, 22(3): 254-257. DOI: 10. 3346/jkms. 2007. 22. 2. 254.
- 刘文英. 关于漏斗胸手术治疗的若干问题 [J]. 临床小儿外科杂志, 2016, 15(2): 110-113. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2016. 02. 003.
- Liu WY. Several issues regarding surgical treatment of pectus excavatum [J]. J Clin Ped Sur, 2016, 15(2): 110-113. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2016. 02. 003.
- Donald N, Kelly RE. Indications and technique of Nuss procedure for pectus excavatum [J]. Thorac Surg Clin, 2010, 20(4): 583-597. DOI: 10. 1016/j. thorsurg. 2010. 07. 002.
- Udholm S, Maagaard M, Pilegaard H, et al. Cardiac function in adults following minimally invasive repair of pectus excavatum [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2016, 22(5): 525-529. DOI: 10. 1093/icvts/ivw007.
- Hyung JP, Sook WS, Jae KP, et al. How early can we repair pectus excavatum: the early the better [J]. Eur J Cardio Thoracic Surg, 2012, 42(4): 667-672. DOI: 10. 1093/ejcts/ezs130.
- Koichi O, Tetsuro N, Takashi A, et al. Modification of the Nuss procedure for pectus excavatum to prevent cardiac perforation [J]. J Pediatr Surg, 2009, 44(12): 2426-2430. DOI: 10. 1016/j. jpedsurg. 2009. 09. 006.
- Liu JF, Zhu SH, Xu B. Early results of 18 adults, following a modified Nuss operation for recurrent petus excavatum [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2013, 43(2): 279-282. DOI: 10. 1093/ejcts/ezs282.
- 汤绍涛, 王勇, 毛永忠, 等. 胸腔镜下手术治疗小儿漏斗胸 38 例报告 [J]. 中国微创外科杂志, 2006, 6(9): 683-685. DOI: 10. 3969/j. issn. 1009-6604. 2006. 09. 018.
- Tang ST, Wang Y, Mao YZ, et al. Thoracoscopic Nuss procedure for the correction of pectus excavatum in 38 children [J]. Chin J Min Inv Surg, 2006, 6(9): 683-685. DOI: 10. 3969/j. issn. 1009-6604. 2006. 09. 018.
- Coln E, Carrasco J, Coln D. Demonstrating relief of cardiac compression with the Nuss minimally invasive repair for pectus excavatum [J]. J Pediatr Surg, 2006, 41(4): 683-686. DOI: 10. 1016/j. jpedsurg. 2005. 12. 009.
- Potaezek T, Duda S. Comparison of postoperative period in patients with pectus excavatum treated with Nuss technique

- and ravitch technique[J]. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2015, 17(6):577-686. DOI:10.5604/15093492.1193010.
- 18 Klaus S, Andreas KS, Gregori D, et al. Submuscular bar, multiple pericostal bar fixation, bilateral thoracoscopy: a modified Nuss repair in adolescents[J]. *J Pediatr Surg*, 2002, 37(9):1276-1280. DOI:10.1053/jpsu.2002.34982.
 - 19 Kelly RE, Goretsky MJ, Obermeyer R, et al. Twenty-one years of experience with minimally invasive repair of pectus excavatum by the Nuss procedure in 1215 patients[J]. *Ann Surg*, 2010, 252(6):1218-1222. DOI:10.1097/SLA.0b013e3181effdce.
 - 20 Pilegaard HK. Nuss technique in pectus excavatum: a mono-institutional experience[J]. *J Thorac Dis*, 2015, 7(Suppl 2):S172-S176. DOI:10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.07.
 - 21 Casamassima MG, Goldstein SD, Salazar JH, et al. Perioperative strategies and technical modifications to the Nuss repair for pectus excavatum in pediatric patients: a large volume, single institution experience[J]. *J Pediatr Surg*, 2014, 49(4):575-582. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2013.11.058.
 - 22 Sigalet DL, Montgomery DL, Harden J. Cardiopulmonary effects of closed repair of pectus excavatum[J]. *J Pediatr Surg*, 2003, 38(3):380-385. DOI:10.1053/jpsu.2003.50112.
 - 23 Aronson DC, Bosgraaf RP, Merz EM, et al. Lung function after the minimal invasive pectus excavatum repair (Nuss procedure)[J]. *World J Surg*, 2007, 31(7):1518-1522. DOI:10.1007/s00268-007-9081-8.
 - 24 Chen Z, Amos EB, Luo H, et al. Comparative pulmonary functional recovery after Nuss and Ravitch procedures for pectus excavatum repair: a meta-analysis[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2012, 7:101. DOI:10.1186/1749-8090-7-101.
 - 25 Balci AE, Eren S, Ozyurtkan MO. Symmetrical excessive pectus excavatum in children[J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2013, 21(6):683-688. DOI:10.1177/0218492312467538.
 - 26 Fallon SC, Slater BJ, Nuchtern JG, et al. Complications related to the Nuss procedure: minimizing risk with operative technique[J]. *J Pediatr Surg*, 2013, 48(5):1044-1048. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2013.02.025.
 - 27 Ravenni G, Actis Dato GM, Zingarelli E, et al. Nuss procedure in adult pectus excavatum: a simple artifice to reduce sternal tension[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2013, 17(1):23-25. DOI:10.1093/icvts/ivt136.
 - 28 Del Frari B, Schwabegger AH. Clinical results and patient satisfaction after pectus excavatum repair using the MIRPE and MOVARPE technique in adults: 10-year experience[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2013, 132(6):1591-1602. DOI:10.1097/PRS.0b013e3182a97dc1.
 - 29 吴茂军, 宋波, 侯龙龙, 等. 改良 Nuss 手术矫治先天性心脏病后继发性漏斗胸的初步经验[J]. *临床小儿外科杂志*, 2017, 16(3):259-261. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.03.014.
 - Wu MJ, Song B, Hong LL, et al. Preliminary experiences of modified Nuss procedure for acquired pectus excavatum after congenital heart disease surgery[J]. *J Clin Ped Sur*, 2017, 16(3):259-261. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.03.014.
 - 30 钟斌, 刘辉, 吴金华, 等. 单切口胸腔镜辅助 Nuss 手术治疗 26 例儿童漏斗胸的疗效分析[J]. *临床小儿外科杂志*, 2017, 16(5):506-509. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.05.021.
 - Zhong B, Liu H, Wu JH, et al. Modified single-incision thoracoscopic Nuss procedure for pectus excavatum: a report of 26 cases[J]. *J Clin Ped Sur*, 2017, 16(5):506-509. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.05.021.
 - 31 宁金波, 谢义民, 陈强. 比较不同手术方式治疗小儿漏斗胸的临床疗效[J]. *临床小儿外科杂志*, 2017, 16(3):262-265. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.03.15.
 - Ning JB, Xie YM, Chen Q. Efficacies of single-incision Nuss procedures for pectus excavatum[J]. *J Clin Ped Sur*, 2017, 16(3):262-265. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.03.15.
 - 32 阳广贤, 易立文, 王敬华, 等. 双钢板 Nuss 手术矫治大龄儿童极重度漏斗胸[J]. *临床小儿外科杂志*, 2017, 16(3):242-243. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.03.010.
 - Yang GX, Yi LW, Wang JH, et al. Nuss procedure for correcting extremely severe pectus excavatum by double braces in elder children[J]. *J Clin Ped Sur*, 2017, 16(3):242-243. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.03.010.
 - 33 王会, 汪风华, 梁建华, 等. 重度漏斗胸伴先天性肺囊性病变同期手术治疗 5 例[J]. *临床小儿外科杂志*, 2016, 15(2):129-131. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2016.02.008.
 - Wang H, Wang FH, Liang JH, et al. One-stage operation for pectus excavatum concomitant congenital cystic lung lesion[J]. *J Clin Ped Sur*, 2016, 15(2):129-131. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2016.02.008.

(收稿日期:2018-07-03)

本文引用格式: 吴娜, 谢义民, 陈思远, 等. 微创 Nuss 手术治疗儿童漏斗胸的研究进展[J]. *临床小儿外科杂志*, 2020, 19(2):176-180. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.017.

Citing this article as: Wu N, Xie YM, Chen SY, et al. Research advances of mini-invasive Nuss operation in the treatment of pectus excavatum in children[J]. *J Clin Ped Sur*, 2020, 19(2):176-180. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.017.