

## · 专题 · 儿童胸壁畸形的诊治 ·

基于胸壁压力值的鸡胸微创胸骨沉降术  
支架固定方式的初步探讨

全文二维码

于洁 曾骐 陈诚豪 张娜 吴宇嘉

国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院胸外科, 北京 100045

通信作者: 曾骐, Email: zengqi-1@163.com

**【摘要】 目的** 通过胸肋骨压力器测量鸡胸患儿前胸壁下压至正常所需压力值, 探讨三种固定方式在鸡胸微创胸骨沉降术中的应用效果。 **方法** 本研究为回顾性研究, 以 2012 年 7 月至 2016 年 7 月于首都医科大学附属北京儿童医院胸外科行鸡胸微创胸骨沉降术的 144 例患儿为研究对象, 于手术前行胸壁测压, 根据压力值及鸡胸形态分型拟定支架固定方式: A 为双侧钢丝固定; B 为双侧固定片固定; C 为一侧钢丝一侧固定片固定。对于对称型鸡胸中压力值  $< 10$  kg 者采取 A 固定,  $> 10$  kg 者采取 C 固定; 对于不对称型鸡胸中压力值  $< 7.5$  kg 者采取 A 固定,  $7.5 \sim 10$  kg 者采取 B 固定,  $> 10$  kg 者采取 C 固定; 总结并分析不同固定方式患儿的一般资料、手术效果及并发症情况。 **结果** 144 例患儿均顺利完成手术, 无一例出现术中并发症。术后并发症包括气胸和钢丝断裂, 其中气胸 4 例, 均自行吸收; 钢丝断裂共 53 例 (53/144, 36.81%), 以 A 固定方式钢丝断裂发生率最高, 占 50.00% (40/80), B 及 C 固定方式分别为 13.64% (3/22) 和 23.81% (10/42)。由于胸壁外观均未受影响, 断裂钢丝均于取支架时同期取出, 无一例钢丝残留。取出支架后评估手术效果, 三种固定方式优良率均为 100%, 无一例复发。

**结论** 基于胸壁压力值制定鸡胸微创胸骨沉降术固定方式, 可简化手术操作, 减少术中胸壁的操作性损伤, 手术切口更小, 外型更美观, 值得临床推广。

**【关键词】** 鸡胸; 矫形外科手术; 最小侵入性外科手术; 矫形外科固定装置; 儿童

**基金项目:** 国家呼吸系统疾病临床医学研究中心呼吸专项 (HXZX-20210501); 北京市科学技术委员会首都临床诊疗技术研究及转化应用项目 (Z211100002921034)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202303001-002

### Preliminary investigation of bar fixation for mini-invasive sternotomy for pectus carinatum based upon measurements of chest wall pressure

Yu Jie, Zeng Qi, Chen Chenghao, Zhang Nan, Wu Yujia

Department of Thoracic Surgery, Affiliated Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China

Corresponding author: Zeng Qi, Email: zengqi-1@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the outcomes of three different fixation methods during mini-invasive sternotomy for pectus carinatum (PC) based upon sternal manometric measurements of pressure value after depressing anterior chest wall to normal in PC patients. **Methods** Chest wall pressure values were measured preoperatively in 144 children undergoing mini-invasive sternotomy from July 2012 to July 2016. The selection criteria for bar fixation were formulated according to pressure values and morphological typing of sternotomy. According to specific fixation methods, they were divided into three types of A (bilateral wire), B (bilateral stabilizer) and C (unilateral wire plus unilateral stabilizer). In symmetric type, fixation was performed when pressure value fell under 10 kg; C fixation when it surpassed 10 kg; in asymmetric type, fixation when pressure value dropped below 7.5 kg; B fixation when it was  $> 7.5$  kg and yet  $< 10$  kg; C fixation when it rose above 10 kg. General profiles, therapeutic outcomes and complications of three groups were summarized. **Results** All of them completed operations successfully without intraoperative complications. Postoperative complications included pneumothorax ( $n=4$ ) and wire fracture ( $n=53$ ). Four cases of minimal pneumothorax were self-absorbed. There were 53 cases of wire fracture (36.81%). The rate of wire fracture at 50% was the highest in A fixation

method. Since the appearance of chest wall was not affected, fractured wire was removed at the same time during stent removal. The surgical outcomes were evaluated after bar removal. The excellent rate was 100% without recurrence. **Conclusion** Formulating preliminary selection criteria for fixation method of mini-invasive sternotomy based upon measurements of chest wall pressure may simplify surgical operations, minimize intraoperative chest wall injury and yield smaller and more aesthetic wounds. Clinical popularization is worthwhile.

**【Key words】** Pectus Carinatum; Orthopedic Procedures; Minimally Invasive Surgical Procedures; Orthopedic Fixation Devices; Child

**Fund program:** National Clinical Research Center for Respiratory Diseases (HXZX-20210501); Capital Science & Technology Project of Beijing Municipal Science & Technology Commission (Z211100002921034)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202303001-002

鸡胸是发病率仅次于漏斗胸的一种胸壁畸形,男性发病率明显高于女性,病因尚不明确<sup>[1]</sup>。与漏斗胸不同,鸡胸患儿由于前胸突起,无法通过穿着衣物遮盖,因而影响美观,常导致患儿自卑,影响其身心发育<sup>[2]</sup>。鸡胸的外科治疗包括支具治疗和手术矫形。首都医科大学附属北京儿童医院胸外科自 2008 年开展鸡胸微创胸骨沉降术以来,不断改进手术方式及支架固定方式,以达到更好的治疗效果。现总结微创胸骨沉降术前行胸壁测压的鸡胸病例资料,将根据压力值及鸡胸的形态分型选择不同支架固定方式的经验介绍如下。

## 资料与方法

### 一、临床资料

回顾性分析 2012 年 7 月至 2016 年 7 月于首都医科大学附属北京儿童医院胸外科行鸡胸微创胸骨沉降术的 144 例患儿临床资料,其中男 129 例、女 15 例,年龄 8.0~17.9 岁, Haller 指数 1.55~2.45, 身体质量指数 (body mass index, BMI) 12.46~22.96。术前除常规血液检查外,均行胸壁 CT 重建、脊柱 X 线平片、心电图、心脏超声和肺功能检查。患儿手术前均行胸壁测压,该操作需要在麻醉下应用胸肋骨压力器完成 (胸肋骨压力器专利号: ZL201110005325.5, 测量压力值范围 0~30 kg)。本研究经首都医科大学附属北京儿童医院伦理委员会审核批准 (2014-89), 患儿家属均知情同意并签署知情同意书。

根据鸡胸的外观形态,将患儿分为对称型和不对称型。按照不同固定方式将患儿分为三组: A 为双侧钢丝固定组; B 为凸起侧固定片对侧钢丝固定组; C 为双侧固定片固定组 (图 1)。根据笔者临床经验,结合胸壁压力值,以胸壁压力值 7.5 kg 和 10 kg 为界,对于对称型鸡胸中压力值 < 10 kg 者采取 A 固定, > 10 kg 者采取 C 固定; 对于不对称型鸡

胸中压力值 < 7.5 kg 者采取 A 固定, 7.5~10 kg 者采取 B 固定, > 10 kg 者采取 C 固定。



注 A: 双侧钢丝固定; B: 凸起侧固定片对侧钢丝固定; C: 双侧固定片固定

图 1 鸡胸微创胸骨沉降术三种固定方式示意图

Fig. 1 Diagrams of three different fixation modes of mini-invasive sternal sedimentation

## 二、胸壁测压及手术固定方法

### (一) 胸壁测压

患儿全身麻醉后取仰卧、双上肢水平外展位, 将胸肋骨压力器固定于手术床, 压力表沿横梁滑动至胸骨突起最高点上方, 旋转施压手轮使压力器下压板缓慢下降至胸骨平坦理想的高度, 读取压力表上压力值 (kg) 并记录 (图 2)。测压的目的在于: ① 测量胸骨下压至理想位置所需要的力; ② 定位支架放置的最佳水平位置, 拟定手术方式。



图 2 鸡胸患儿胸肋骨压力器胸壁测压

Fig. 2 Measuring chest wall pressures with a compressor

### (二) 微创胸骨沉降术

标记胸骨凸起最高点, 在该平面标记双侧腋中线位置, 定为固定架放置位置。测量该平面双侧腋中线之间体表长度, 减去皮下脂肪厚度, 作为选用固定架的长度。助手下压胸骨至理想水平, 使用折

弯钳将固定架弯成弧形,并且需与下压后的胸壁外观贴合,于双侧腋中线各取一个 1~1.5 cm 横行切口。电刀分离侧胸壁肌肉,暴露钢板两端固定处肋骨,一般为第 5 和第 6 肋骨,游离固定区域两根肋骨上下缘骨膜,并将 6 号钢丝套在两根肋骨上备用。如需使用固定器,则将固定器放置于肌肉下,将钢丝套入固定器侧孔备用。用长弯剪自两侧切口建立肌肉下隧道,一侧切口自隧道伸入卵圆钳至胸骨最高点处,自一侧切口伸入 22Fr 带针胸腔闭式引流管,卵圆钳和带针胸腔闭式引流管在胸骨最高点处交接,取出胸腔闭式引流管的针芯,卵圆钳夹住胸腔闭式引流管自卵圆钳侧切口将胸腔闭式引流管引出,将塑形好的固定架固定于胸腔闭式引流管的一端,引导固定架自隧道拖出对侧切口,翻转固定架。助手下压胸骨至理想位置,将两侧肋骨处所备钢丝或固定器与支架两端固定,拧紧钢丝。逐层缝合关闭切口,关闭肌肉前嘱麻醉医师膨肺,防止钢丝套肋骨时穿破胸膜造成气胸。

### (三) 支架固定方式

1. 钢丝固定法:分别将 3 根钢丝(美国强生钢丝,6 号)套在预计支架的两根肋骨上备用,1 根钢丝捆绑钢板小齿与相应肋骨,另外 2 根钢丝捆绑钢板小孔与相应肋骨以固定(图 3)。

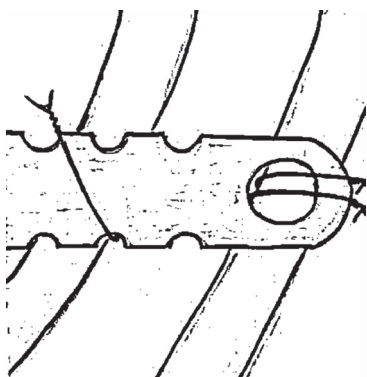


图 3 鸡胸微创胸骨沉降术钢丝固定示意图

Fig. 3 Diagram of wire fixation during mini-invasive sternal sedimentation

2. 固定片固定法:分别将 4 根 6 号钢丝套在预计固定器位置的两根肋骨上备用,将固定器放置于肌肉下,将钢丝套入固定器侧孔备用,待支架放入后将固定器侧孔处钢丝拧紧,下压支架至理想水平,将支架与固定器用 6 号钢丝捆绑(图 4)。

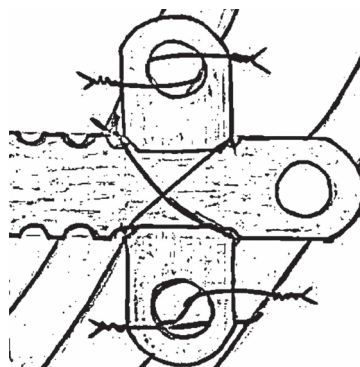


图 4 鸡胸微创胸骨沉降术固定片固定示意图

Fig. 4 Diagram of stabilizer fixation during mini-invasive sternal sedimentation

### 三、统计学处理

采用 SPSS 26.0 进行统计学分析。计量数据(年龄、Haller 指数、BMI 值)以  $\bar{x} \pm s$  表示,分类数据(男女比例)以频数(%)表示。对于计量数据采用方差分析法进行三组间差异的比较,同时采用 Bonferroni 多种均数法进行组间两两比较。对于分类数据,采用 Fisher 精确检验法进行三组间差异比较。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

144 例患儿均顺利完成手术,手术时间( $75.55 \pm 27.13$ ) min (30~120 min),出血量 2~5 mL。A、B、C 三组在年龄方面存在组间差异,A 组年龄小于 C 组,而 B 组和 A 组及 C 组间均不存在差异。A、B、C 三组的 Haller 指数和 BMI 均不存在差异,三组间的性别比例差异无统计学意义(表 1)。

144 例患儿中无一例发生术中并发症。术后并

表 1 三组鸡胸微创胸骨沉降术患儿年龄、Haller 指数及 BMI 比较

Table 1 Comparison of measurement data (age, Haller index & BMI) among groups during mini-invasive sternal sedimentation

组别	例数	年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	性别 [n(%)]		Haller 指数 ( $\bar{x} \pm s$ )	BMI ( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )
			男	女		
A 组	80	13.07 $\pm$ 1.63	72 (90.0)	8 (10.0)	2.11 $\pm$ 0.18	17.15 $\pm$ 1.87
B 组	22	14.03 $\pm$ 1.94	20 (90.9)	2 (9.1)	2.09 $\pm$ 0.14	17.25 $\pm$ 1.78
C 组	42	13.86 $\pm$ 1.79	37 (88.1)	5 (11.9)	2.03 $\pm$ 0.19	17.67 $\pm$ 2.15
统计值		$F = 4.402$	$\chi^2 = 0.242$		$F = 2.351$	$F = 1.014$
P 值		0.014	0.930		0.099	0.368

注 BMI: 身体质量指数



发症包括气胸和钢丝断裂。其中早期气胸 4 例,均为住院期间复查胸片发现,未予处理自行吸收;钢丝断裂共 53 例,均为术后 6 个月门诊复查时胸片检查发现,占 36.81% (53/144),其中 A 组(钢丝固定组)发生率最高,达 50.00% (40/80),B 组及 C 组分别为 13.64% (3/22) 和 23.81% (10/42),由于胸壁外观均未受影响,断裂钢丝在取支架手术时同期取出,无一例钢丝残留。支架取出后评估手术效果,评估指标包括胸廓外观效果,患者及家属满意度,胸部 X 线片胸廓改变和胸廓的饱满程度、伸展性和弹性。评价标准:4 项符合为优,3 项符合为良,2 项符合为中,无符合或 1 项符合为差<sup>[2]</sup>。三组术后效果优良率均为 100%,于取支架手术后 6 个月、1 年、3 年定期复查,随访 6~10 年,无一例复发。

## 讨 论

鸡胸是第二常见的胸壁畸形<sup>[1]</sup>。2005 年, Abramson<sup>[3]</sup>报道了一种应用漏斗胸 Nuss 手术原理来矫正鸡胸的微创手术方式,即将内植入支架置于前胸壁皮下或肌肉下骨性胸廓外,通过下压并固定支架两端,继而对隆起胸廓产生持续压力完成胸廓塑形的办法。与漏斗胸 Nuss 手术一样,该术式无需截骨,不限制胸廓容积,前胸无手术切口,手术时间较短。因而与传统开放截骨手术相比,具有明显的优势,开创了鸡胸微创矫正新纪元<sup>[4]</sup>。

首都医科大学附属北京儿童医院胸外科最早于 2008 年采用 Nuss 手术治疗漏斗胸的原理进行鸡胸微创手术。在胸肋骨压力器发明之前,我们通过用手按压胸骨凸起处至理想水平,感受胸壁弹性,同时根据加压时胸壁效果进行手术规划。在临床实践中我们发现,由于患儿年龄、BMI 以及鸡胸严重程度不同,胸壁的压力也不尽相同。胸肋骨压力器的发明和应用,将上述因素通过压力器测量获得具体压力值,这有助于选择不同的固定方式<sup>[5]</sup>。目前关于鸡胸微创手术支架固定方式的报道尚不多,文献中 Yuksel 等<sup>[6]</sup>和 Abramson<sup>[3]</sup>报道使用固定片固定,Cohee<sup>[7]</sup>报道使用钢缆固定, Lee 等<sup>[8]</sup>报道使用钢丝固定。本院在开展微创手术初期,选择支架固定方式与 Abramson<sup>[3]</sup>的报道相似,我们将固定片先与肋骨捆绑,再将支架与固定片捆绑。这种固定方式操作繁琐,需要剥离两根肋骨膜,且由于需要分别在两侧伤口内放置固定片及 5 根钢丝,使得伤口长度往往达 2~3 cm。为了探讨更简洁的支架固定方

式实现同样的矫形效果,我们根据漏斗胸 Nuss 手术中支架多点固定原理及前期开展手动胸壁压力试验的经验,尝试对胸骨压力器测量压力值 <7.5 kg 的鸡胸用钢丝将支架与肋骨三点固定,随访结果显示术后短期内未出现钢丝断裂、钢板移位情况,远期随访虽然出现钢丝断裂情况,但胸壁矫形效果满意;对于胸肋骨压力器测量压力值 >10 kg 的患儿,为防止钢丝断裂、钢板移位,仍然采用双侧固定片固定支架<sup>[9]</sup>。

既往文献报道鸡胸微创手术后常见并发症包括钢丝断裂、皮肤色素沉着、血肿、伤口感染、金属过敏、持续疼痛、气胸和术后漏斗胸等<sup>[10]</sup>。本组病例术后并发症的发生率很低,无一例皮肤色素沉着、血肿、伤口感染、金属过敏和持续疼痛发生,分析原因可能与钢丝固定支架的操作对胸壁肌肉、血管、神经及肋骨的损伤较使用固定片小有关。4 例术后出现少量气胸可能与术中固定支架的钢丝环绕肋骨时刺破胸膜、且手术结束时膨肺不完全有关。远期并发症中最常见的是钢丝断裂, Lee 等<sup>[8]</sup>曾对 15 例鸡胸患儿实行微创胸骨沉降术,支架均采用钢丝固定,随访发现术后 9 个月内患儿均出现钢丝断裂,但胸壁外观未受影响,分析原因可能与支架与肋骨间发生粘连,能够防止支架翻转移位有关。本组患儿发生钢丝断裂的例数约占总病例数的 1/3,其中 A 组(钢丝固定组)发生率最高,达 50.00%,B 组及 C 组分别为 13.64% 和 23.81%,与 Lee 等<sup>[8]</sup>报道的情况相同。各组钢丝断裂患儿支架均没有明显移位,未对胸壁矫形效果造成影响,因此,我们并没有因为钢丝断裂而将分组压力值进行上调或下调,断裂的钢丝于取支架手术时同期取出。本组术后无一例明显漏斗胸改变,分析原因与本组患儿支架固定方式大部分为钢丝固定有关,因为这种固定方式对胸廓的限制较固定片固定小,患儿进入生长发育高峰期后,胸廓的生长力量大,虽然钢丝可能会发生部分或完全断裂,但不至于造成术后漏斗胸改变。

虽然本研究中基于胸壁压力值的固定方式选择是根据既往临床医师的经验制定,缺乏循证依据,存在一定缺陷,但该方法可以简化手术操作,减少对胸壁的操作性损伤,并且使鸡胸微创手术伤口更小,外型美观,可作临床推广。随着生物力学研究的进展,在后续研究中,我们将通过鸡胸有限元模型的建立及力学分析,进一步为鸡胸矫形力学机制研究提供新的思路<sup>[11]</sup>。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 于洁、曾骐、陈诚豪、张娜负责研究的设计、实施和起草文章；吴宇嘉负责病例数据收集及分析；曾骐负责研究实施，并对文章知识性内容进行审阅

## 参 考 文 献

- [1] Robicsek F, Watts LT. Pectus carinatum[J]. Thorac Surg Clin, 2010, 20(4): 563-574. DOI: 10. 1016/j. thorsurg. 2010. 07. 007.
- [2] 曾骐, 贺延儒, 李士惠. 小儿鸡胸的分型及外科治疗[J]. 中华胸心血管外科杂志, 1999, 15(4): 225-227. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 1999. 04. 011.  
Zeng Q, He YR, Li SH. Types and surgical corrections of pectus carinatum in children[J]. Chin J Thorac Cardiovasc Surg, 1999, 15(4): 225-227. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 1999. 04. 011.
- [3] Abramson H. A minimally invasive technique to repair pectus carinatum. Preliminary report[J]. Arch Bronconeumol, 2005, 41(6): 349-351. DOI: 10. 1016/S1579-2129(06)60235-8.
- [4] 刘青, 吴晔明. 鸡胸的治疗进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2013, 12(1): 64-66, 75. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2013. 01. 020.  
Liu Q, Wu YM. Therapeutic advances of chicken breasts[J]. J Clin Ped Sur, 2013, 12(1): 64-66, 75. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2013. 01. 020.
- [5] Chen CH, Zeng Q, Li ZZ, et al. Force required for correcting the deformity of pectus carinatum and related multivariate analysis[J]. J Pediatr Surg, 2018, 53(9): 1855-1857. DOI: 10. 1016/j. jpedsurg. 2017. 12. 013.
- [6] Yuksel M, Lacin T, Ermerak NO, et al. Minimally invasive repair of pectus carinatum[J]. Ann Thorac Surg, 2018, 105(3): 915-923. DOI: 10. 1016/j. athoracsur. 2017. 10. 003.
- [7] Cohee AS, Lin JR, Frantz FW, et al. Staged management of pectus carinatum[J]. J Pediatr Surg, 2013, 48(2): 315-320. DOI: 10. 1016/j. jpedsurg. 2012. 11. 008.
- [8] Lee SY, Song IH, Lee SJ. Minimal invasive extrathoracic prester-nal compression using a metal bar for correction of pectus carina-tum[J]. Pediatr Surg Int, 2014, 30(1): 25-30. DOI: 10. 1007/s00383-013-3419-0.
- [9] 曾骐, 段贤伦, 张娜, 等. 大龄组漏斗胸的微创 Nuss 手术[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2007, 23(3): 193-195. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2007. 03. 019.  
Zeng Q, Duan XL, Zhang N, et al. Nuss procedure for correcting pectus excavatum in elder group[J]. Chin J Thorac Cardiovasc Surg, 2007, 23(3): 193-195. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2007. 03. 019.
- [10] Del Frari B, Sigl S, Schwabegger AH. Complications related to pectus carinatum correction; lessons learned from 15 years' experience. Management and literature review[J]. Plast Reconstr Surg, 2016, 138(2): 317e-329e. DOI: 10. 1097/PRS. 00000000000002414.
- [11] 陈诚豪, 王君臣, 张娜, 等. 鸡胸胸廓有限元模型的建立与验证[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2018, 34(3): 129-135. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2018. 03. 001.  
Chen CH, Wang JC, Zhang N, et al. Establishment and verification of pectus carinatum model by finite element methods[J]. Chin J Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 34(3): 129-135. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-4497. 2018. 03. 001.

(收稿日期: 2023-03-01)

**本文引用格式:** 于洁, 曾骐, 陈诚豪, 等. 基于胸壁压力值的鸡胸微创胸骨沉降术支架固定方式的初步探讨[J]. 临床小儿外科杂志, 2023, 22(6): 506-510. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202303001-002.

**Citing this article as:** Yu J, Zeng Q, Chen CH, et al. Preliminary investigation of bar fixation for mini-invasive sternotomy for pectus carinatum based upon measurements of chest wall pressure[J]. J Clin Ped Sur, 2023, 22(6): 506-510. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202303001-002.

## · 编读往来 ·

### 本刊报道范围

1. 对小儿外科疾病诊疗策略、研究方向、技术方法及存在问题, 或对小儿外科基础理论研究现状、目标的见解、建议和发展思路, 小儿外科疾病诊疗指南、专家共识、指南解读。

2. 小儿外科临床诊疗实践、手术技术、手术运用以及相关基础与临床研究成果报告。

3. 微创技术、腔镜内镜技术及机器人手术的临床应用, 各类新技术、新器械、新方法、新术式的介绍与探讨。

4. 小儿外科疾病的流行病学调查、随访评价、预后评估以及康复经验, 复杂疑难罕见病例、多学科会诊诊治案例的分享与析评。

5. 针对小儿外科理论与实践意义重大或分歧较多问题开展的学术争鸣与讨论, 针对学术文献中的概念、观点、方法或者存在问题的思考与评价, 小儿外科相关专业的研究进展与研究成果。