

·综述·

从加速外科康复看心脏外科术后胸骨保护措施的研究进展

周慕姣<sup>1</sup> 喻鹏铭<sup>1,2</sup> 王 玲<sup>1,2</sup> 杨永红<sup>1,2,3</sup>

随着医疗技术和手术方式的改进,微创介入手术在心脏外科中的应用比例逐渐上升<sup>[1]</sup>,但是正中胸骨切开术(median sternotomy, MS)仍是最常用心脏外科手术方式<sup>[2]</sup>。接受MS后发生胸骨相关并发症的概率在0.4%—8%<sup>[3]</sup>,通常会导致患者住院时间延长、医疗费用增加以及生活质量降低<sup>[4]</sup>。为了预防MS术后的相关并发症,需要在临床中采取基于循证的个体化的胸骨保护(sternal precaution, SP)策略。传统胸骨保护的内容通常包括减少患者的肩关节活动和上肢运动,以及限制上肢负重的重量<sup>[5]</sup>。然而,传统心脏外科术后胸骨保护优先考虑的是胸骨的稳定性而非患者的活动能力,这恰恰与现在加速外科康复(enhanced recovery after surgery, ERAS)的理念相反<sup>[6]</sup>。ERAS鼓励患者术后尽早开始活动,这一被医学专家接受的观点对传统的胸骨保护发起了挑战<sup>[7]</sup>。本文旨在通过查阅国内外胸骨保护的相关循证证据,通过回顾心脏外科术后胸骨保护的基础理论、新旧胸骨保护策略差异和最新SP理念内涵,为临床的心脏外科术后胸骨保护的标准应用提供依据,以供读者优化MS术后胸骨保护策略。

1 MS术后胸骨相关并发症的危险因素

接受MS术后的心脏病患者通常会住院5—7天,其中部分患者需要长达3个月的时间才能从手术中完全恢复<sup>[4]</sup>。MS术后胸骨并发症的发生率为0.4%到8%<sup>[3]</sup>,包括胸骨不稳、伤口感染和愈合不良<sup>[5,8-10]</sup>。①胸骨不稳的定义是指胸骨骨折或钢丝断裂后的胸骨非生理性或异常的活动。②胸骨伤口感染可分为两大类,即浅层感染和深层感染。浅层感染的范围包括皮肤、皮下组织和胸肌筋膜;深层感染的范围包括皮下组织下更深层的结构(如骨骼和纵隔,即胸骨骨髓炎和纵膈炎)<sup>[11-13]</sup>。③MS术后患者被切开的胸骨未在3个月内完全愈合,则这种情况被定义为胸骨愈合不良<sup>[10]</sup>。

随着对MS术后胸骨并发症研究的深入,其相关的危险因素也得到研究和报道(表1)。因此,可以通过基于循证、个体化的胸骨保护,将MS术后胸骨相关并发症转化为早期可预防、可治疗的干预方案。术后早期活动不是MS术后胸骨并发症的重要危险因素,相反,过度限制患者的上肢运动可能会导致胸骨愈合不良<sup>[4]</sup>。

表1 MS术后胸骨并发症的相关危险因素

| MS术后胸骨并发症 | 相关危险因素                                                                                                                         |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 胸骨不稳      | 高龄、女性、糖尿病、慢性肾功能不全、胸骨厚度较低、骨质疏松、皮质类固醇治疗和通气时间延长 <sup>[14]</sup> 、胸骨旁正中胸骨切开术(paramedian sternotomy)、咳嗽、上肢和躯干双侧发力不对称 <sup>[3]</sup> |
| 胸骨伤口感染    | 高龄 <sup>[15]</sup> 、女性、糖尿病、肥胖、双侧乳内动脉移植以及二次手术 <sup>[3]</sup>                                                                    |
| 胸骨愈合不良    | 高龄、糖尿病和肾功能不全 <sup>[16]</sup> 、上肢运动的过度限制 <sup>[4]</sup>                                                                         |

2 传统SP干预理念和ERAS术后SP干预理念的矛盾:早期限制vs早期活动

传统SP干预理念在MS术后早期对患者的许多功能性活动进行了限制,但相关研究已经证实了它的基础理论证据不足<sup>[17]</sup>。而且过于严格的传统胸骨保护也给患者的日常活动带来了许多不便和不良的影响。相反基于ERAS干预理念在MS术后早期对患者的许多功能性活动并不加以限制,同时强调有条件的早期进行功能性活动<sup>[19]</sup>。

2.1 传统理念下的SP策略:早期限制

相关研究表明,临床实践中所执行的SP均是从历史实

践、间接证据、尸体研究、专家意见以及骨折愈合研究(例如桡骨骨折的愈合历程)中得出的推论<sup>[17-19]</sup>。传统SP对肩部及上肢活动进行了限制,是因为在这些推论中认为SP可以通过最小化胸骨边缘之间的应力和微运动量来促进骨合成和骨愈合<sup>[17]</sup>,然而这个机制是否属实仍需要进行检验。Balachandran等<sup>[21]</sup>进行了一项前瞻性观察研究(证据等级Ⅱb),使用超声设备专有软件,在三个时间点(3—5天,6周和3个月),测量了受试者分别在休息状态和在进行传统SP限制活动时(深吸气,咳嗽,单侧和双侧上肢抬高,从坐到站)的胸骨微平面运动。该研究结果表明休息时和执行除咳嗽外的

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.09.027

1 四川大学华西医院康复医学中心,四川省成都市,610041; 2 康复医学四川省重点实验室; 3 通讯作者  
第一作者简介:周慕姣,女,硕士研究生; 收稿日期:2021-11-18

活动时的胸骨活动无明显差异,说明传统SP对于早期活动的限制过于严格。Wei等<sup>[21]</sup>对肩部运动和上肢活动期间的胸骨皮肤应力进行了研究(证据等级Ia),使用3D电磁跟踪系统,测量了受试者做不同动作时的胸骨皮肤应力。该研究结果显示仅肩部外展90°和180°时的胸骨皮肤应力的差异有显著性意义-可能与肩胛节律有关。但由于该研究无法直接测量胸骨负荷,是通过皮肤变形间接推测,所以尚不能认为其他活动的不同状态对胸骨的作用是没有差异的,还需要不断测量应力,以确定最大的皮肤变形和位置。然而,由于附着在皮肤上的电磁传感器的重量可能会改变皮肤的生物力学状态,Ge等<sup>[9]</sup>(证据等级Ia)在之后的研究中使用了一种非接触方法,使用标记法使皮肤变形量转化为生物力学应力,得到的结果同样不支持MS术后对于大多数肩部运动和上肢活动的限制。

不同的医院以及康复中心遵循的观点不一致,由此导致了执行的临床策略的差异也很大,有时甚至是矛盾的<sup>[4]</sup>。一项研究证实了这一点<sup>[18]</sup>,该研究对美国处于同一州的3家医疗保健机构在SP干预策略方面进行了调查,最后发现3家医疗保健机构对于SP的肩部和上肢活动方面都没有达成共识(表2)。而临床医生和康复团队在SP的执行内容上也存在

差异(表3)<sup>[18]</sup>,导致患者在接受SP时得到的信息十分混乱。虽然各个中心采取的措施不同,但共同存在的问题是对于MS术后患者SP执行过程中的过于严格的限制,从而导致许多活动在现实生活中无法执行。一项研究设置了一些日常活动,并测量了参与者在较慢速度和各自习惯的速度下执行时产生的力的大小(表4)<sup>[23]</sup>。传统SP限制上肢负重不超过10 lb,而其中患者在日常生活中执行的许多活动都超过了该限制。由于过于严格地实施了SP性措施,患者往往需要护理人员、物理治疗师或家庭成员的协助,才能完成基本的床上移动和其它日常生活活动。这不仅会使患者的躯体功能受损,也会在心理和社会等多个层面对患者造成负面影响。由于这些SP策略使患者的身体无法承受工作需要他们承受的负荷,他们可能延迟或无法重返工作,这也会对他们的家人造成负面影响<sup>[19]</sup>。

## 2.2 ERAS理念下的SP策略:早期活动

近年来,ERAS的理念逐渐形成,在全球得到了迅速的普及和应用<sup>[7,24-26]</sup>。ERAS是一种多模式、多学科、基于循证的手术患者管理方案<sup>[24]</sup>。其理念核心为减少围手术期的创伤和应激反应<sup>[27]</sup>。ERAS通过外科、护理、麻醉、康复、营养等多学科协作,对围手术期综合管理的临床路径予以优化,从

表2 不同机构间相互矛盾的SP策略

| 活动          | OhioHealth           | The Ohio State Medical Center | Cleveland Clinic     |
|-------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| 肩关节活动:后伸    | 限制患者向后伸臂             | 限制患者向后伸臂                      | 没有提及                 |
| 肩关节活动:前屈、外展 | 限制在90°以内,即手臂不能伸到头顶以上 | 在疼痛允许的范围内可以自由活动               | 没有限制                 |
| 上肢负重重量      | 不举起超过10lb的物品(术后4周内)  | 不举起超过10lb的物品(术后6周内)           | 不举起超过20lb的物品(术后6—8周) |

表3 心脏外科医生和物理治疗师对SP要求的差异

| TOP5:心脏外科医生对SP的要求 | TOP5:物理治疗师对SP的要求 |
|-------------------|------------------|
| ①双侧提举重物不超过10lb    | ①双侧提举重物不超过10lb   |
| ②单侧提举重物不超过10lb    | ②双侧肩关节活动屈曲不超过90° |
| ③双侧体育运动限制         | ③双侧肩关节活动外展不超过90° |
| ④禁止驾车             | ④禁止驾车            |
| ⑤单侧体育活动限制         | ⑤双侧手不要超过头部活动     |

表4 在不同的日常活动中产生的峰值应力

| 活动                                        | 在较慢速度下产生的力(lb) | 在参与者习惯速度下产生的力(lb) |
|-------------------------------------------|----------------|-------------------|
| 搬运10lb重的物品—参考值(从地板上抱起,站直,双肘夹于躯干两侧)        | 12.0           | 14.1              |
| 搬运杂货(总重6.6kg的布袋)                          | 16.7           | 18.5              |
| 拉动/推动光滑地板上的椅子(餐式椅子,背部高度=83.8cm,重量=8.5kg)  | 7.6/8.6        | 9.2/9.3           |
| 拉出/推进抽屉(卧式抽屉柜,高度=126.0cm,内装物重量=27.3kg)    | 3.6/6.6        | 6.9/10.0          |
| 侧卧位到坐位(用手臂从床上推起来)                         | 17.5           | 22.2              |
| 从冰箱中取出一加仑牛奶(高度=60.0cm,重量=4.2kg)           | 10.7           | 11.9              |
| 拉开/关上冰箱门(门的重量=5.7kg)                      | 9.8/2.1        | 12.9/5.3          |
| 拉开/关上汽车车门                                 | 10.2/14.4      | 14.1/15.9         |
| 拉开/关上商业建筑外门(玻璃和金属组成,高度=86.4cm,宽度=223.5cm) | 21.2/21.9      | 26.8/31.0         |
| 拉开/推开商业楼的室内门(木构成,高度=211.5cm,宽度=98.0cm)    | 12.6/13.4      | 22.5/20.9         |
| 冲厕所                                       | 5.6            | 11.0              |

而减少应激反应和术后并发症,促进患者的恢复,缩短住院时间,降低再入院率和成本<sup>[7,25]</sup>。

ERAS 相关的研究表明,坚持早期和渐进性活动是帮助患者恢复功能的重要因素<sup>[28]</sup>。接受心脏手术进行 MS 术后的患者,包括骨在内的结缔组织的愈合和重塑都需要适当的负荷,以促进理想的结构生长,从而恢复相关组织的抗拉强度和延展性。然而,由于传统 SP 过度限制身体活动,胸骨的最佳愈合可能会因为胸壁连接组织结构的应力不足而受到限制<sup>[18]</sup>。并且长时间的制动可能导致关节痉挛,而关节活动度范围的缩小很难通过之后短短几周的活动锻炼来逆转<sup>[29]</sup>。此外,限制功能性任务和运动可能会阻碍最佳的生理功能的恢复,从而导致生理性废用性萎缩以及与之相关的许多不良后果,如疼痛、肺和胸壁功能受损<sup>[14]</sup>。因此,ERAS 要求患者手术后在早期进行循证的、个性化的活动锻炼,以促进各方面功能的恢复。目前也没有对于 MS 术后患者早期活动的危险事件的临床研究报道。

3 ERAS 理念下对 MS 术后 SP 的推荐

在 ERAS 的理念下,对于 MS 术后 SP 的相关临床研究逐渐增多和逐渐深入,并对新的 SP 策略的安全性和潜在的益处进行了验证。Adams 等推荐了新的 SP—“保持你的活动在管内”<sup>®</sup>(Keep Your Move in the Tube<sup>®</sup>)<sup>[19]</sup>,并应用于美国德克萨斯州中的 4 个康复中心。Katijjahbe 等<sup>[17,29]</sup>也提出了新的 SP 推荐—“聪明法则”<sup>®</sup>(S.M.A.R.T Tips<sup>®</sup>),并在澳大利亚全国得到了广泛的推广。与传统 SP 的限制性措施相比,新的 SP 要求患者更早、更积极地参与功能性任务,与 ERAS 术后干预理念相符<sup>[5]</sup>。

3.1 新策略—“保持你的活动在管内”<sup>®</sup>(Keep Your Move in the Tube<sup>®</sup>)

这种新的 SP 策略是对传统 SP 策略的一种挑战以及改进,它适用于 MS 术后的所有患者<sup>[19—20]</sup>。“保持你的活动在管内”基于人体工程学,缩短上臂活动的长度(减少杠杆臂),使患者能够进行被先前限制的运动(图 1)。“管”是指将上臂与躯干假设套在一个管内,即 MS 术后患者在进行日常生活活动时,大部分情况下的肩部活动为 0°。例如在下床时,通过这种策略转移到床边改变成侧卧位,再用手臂将自己从床上推起来(上臂紧贴胸壁),此时小腿放到床下,然后再变为坐位。然而,对于非承重活动,如个人卫生,患者可以“出管”活动(手举过头顶,肩关节活动向外或后伸)。执行该 SP 应遵循的步骤如下:首先,为患者解释胸骨在 MS 术后发生了什么样的变化;再次,为患者解释解剖相关的知识;最后,为患者解释活动的技巧。该策略使患者能够使用他们的手臂,去进行独立的床上转移活动,这可能增加他们出院到回家独立生活的可能性。它也使患者恢复了正常的负重活动,让他们

以自己习惯的速度在无痛的范围内完成更多的日常生活活动。“保持你的活动在管内”是一种更易被患者理解的 SP,并且已经在美国许多医疗机构得到了应用。

3.2 新策略—“聪明法则”<sup>®</sup>(S.M.A.R.T Tips<sup>®</sup>)

在术后 4—6 周内,MS 术后患者可按如下措施执行日常生活活动(感到疼痛则应该立刻停止)。避免用一只手臂推或拉;在抬举物品过程中保持两只手臂贴紧胸壁;避免同时向后伸展两只手臂;咳嗽时,用靠垫支撑胸骨,或手臂以自我拥抱的姿势支撑胸骨;下床时,滚到床边,将腿放下床沿,小心地用手臂将自己从侧躺着的位置推起来到坐位<sup>[17,30]</sup>。见图 2。

4 小结

随着 ERAS 在全球的推进及广泛应用,术后早期活动的理念也得到了广泛的传播和接受。然而,传统 SP 过于看重 MS 术后胸骨的稳定性,忽略了患者的活动能力,与 EARS 理念相矛盾。传统 SP 的理论基础也受到了许多质疑,相关研

图 1 “保持你的活动在管内”  
(根据 Keep Your Move in the Tube<sup>®</sup>绘制)

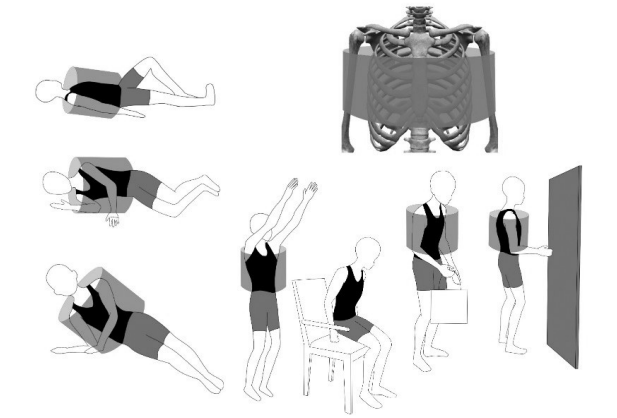
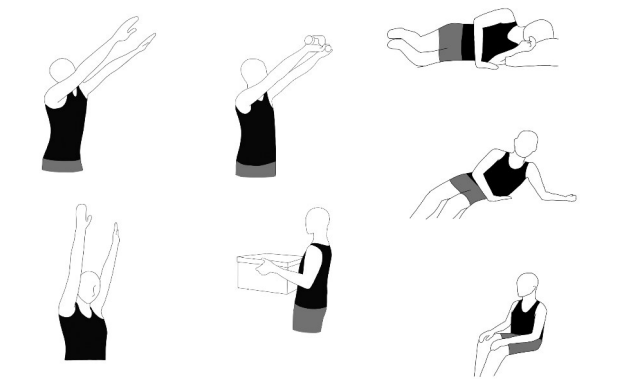


图 2 “聪明法则”  
(根据 S.M.A.R.T Tips<sup>®</sup>绘制)



究也证明,过于严格的限制策略往往没有意义。所以,推荐在临床上应用新的SP策略:“保持你的活动在管内<sup>®</sup>”和“聪明法则<sup>®</sup>”,以促进患者生理、心理及社会功能的恢复,缩短住院时间,提高患者的生活质量。

## 参考文献

- [1] Zubair MH, Smith JM. Updates in minimally invasive cardiac surgery for general surgeons[J]. Surg Clin North Am, 2017, 97(4):889—898.
- [2] Pengelly J, Pengelly M, Lin KY, et al. Resistance training following median sternotomy: A systematic review and meta-analysis[J]. Heart Lung Circ, 2019, 28(10):1549—1559.
- [3] Balachandran S, Lee A, Denehy L, et al. Risk factors for sternal complications after cardiac operations: a systematic review[J]. Ann Thorac Surg, 2016, 102(6):2109—2117.
- [4] Belyea L. Sternal Precautions: Is it Necessary to Restrict Our Patients?[D]. University of Massachusetts Boston, 2015: 9—33.
- [5] El-Ansary D, LaPier TK, Adams J, et al. An evidence-based perspective on movement and activity following median sternotomy[J]. Phys Ther, 2019, 99(12):1587—1601.
- [6] Gerdisch MW, Allen KB, Naka Y, et al. Orthopedic principles to facilitate enhanced recovery after cardiac surgery[J]. Crit Care Clin, 2020, 36(4):617—630.
- [7] Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC, et al. Enhanced recovery after surgery: A review[J]. JAMA Surg, 2017, 152(3): 292—298.
- [8] Kaul P. Sternal reconstruction after post-sternotomy mediastinitis[J]. J Cardiothoracic Surg, 2017, 12(1):94.
- [9] Ge W, Hians B, Sfara A. Noncontact measurement of the deformation of sternal skin during shoulder movements and upper extremity activities restricted by sternal precautions[J]. Phys Ther, 2018, 98(11):911—917.
- [10] Vestergaard RF, Nielsen PH, Terp KA, et al. Effect of hemostatic material on sternal healing after cardiac surgery[J]. Ann Thorac Surg, 2014, 97(1):153—160.
- [11] Sharif M, Wong CHM, Harky A, et al. Sternal wound infections, risk factors and management - how far are we? A literature review[J]. Heart Lung Circ, 2019, 28(6):835—843.
- [12] Dubert M, Pourbaix A, Alkhoder S, et al. Sternal wound infection after cardiac surgery: management and outcome[J]. Plos One, 2015, 10(9):e0139122.
- [13] Vos RJ, Van Putte BP, Kloppenburg GTL. Prevention of deep sternal wound infection in cardiac surgery: a literature review[J]. J Hosp Infect, 2018, 100(4):411—420.
- [14] 刘磊, 姚建民. 心脏外科术后深部胸骨切口感染的原因分析及治疗对策[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2014, 6(6): 788—790.
- [15] Luciani N, Anselmi A, Gandolfo F, et al. Polydioxanone sternal sutures for prevention of sternal dehiscence[J]. J Card Surg, 2006, 21(6):580—584.
- [16] Wang B, He D, Wang M, et al. Analysis of sternal healing after median sternotomy in low risk patients at mid-term follow-up: retrospective cohort study from two centres[J]. J Cardiothorac Surg, 2019, 14(1):193—200.
- [17] Katijjahbe MA, Granger CL, Denehy L, et al. Standard restrictive sternal precautions and modified sternal precautions had similar effects in people after cardiac surgery via median sternotomy ('SMART' Trial): a randomised trial[J]. J Physiother, 2018, 64(2):97—106.
- [18] Cahalin LP, Lapier TK, Shaw DK. Sternal precautions: is it time for change? precautions versus restrictions: a review of literature and recommendations for revision[J]. Cardiopulm Phys Ther J, 2011, 22(1):5—15.
- [19] Adams J, Lotshaw A, Exum E, et al. An alternative approach to prescribing sternal precautions after median sternotomy, "Keep Your Move in the Tube"[J]. Proc (Bayl Univ Med Cent), 2016, 29(1):97—100.
- [20] Gach R, Triano R, Ogola G, et al. "Keep Your Move in the Tube" safely increases discharge home following cardiac surgery[J]. PM&R, 2015, 24: S117.
- [21] Balachandran S, Denehy L, Lee A, et al. Sternal micro-motion during upper limb movements: Is it time for a change to sternal precautions following cardiac surgery via a median sternotomy? [J]. Heart Lung & Circulation, 2015, 24:S117—S117.
- [22] Ge W, Sfara A, Hians B. Skin deformation during shoulder movements and upper extremity activities[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2017, 47:1—6.
- [23] Swanson LB, Lapier TK. Upper extremity forces generated during activities of daily living: implications for patients following sternotomy[J]. Journal of Acute Care Physical Therapy, 2014, 5(2):70—76.
- [24] 郭佳宝, 陈炳霖, 朱昭锦, 等. 加速康复外科从recovery到rehabilitation[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(5):88—92.
- [25] 陈凛, 陈亚进, 董海龙, 等. 加速康复外科中国专家共识及路径管理指南(2018版)[J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38(1): 1—20.
- [26] Low DE, Allum W, De Manzoni G, et al. Guidelines for perioperative care in esophagectomy: enhanced recovery after surgery (ERAS<sup>®</sup>) society recommendations[J]. World Surg, 2019, 43(2):299—330.
- [27] 张铁铮, 武翔. 加速康复心脏外科的回顾与展望[J]. 临床麻醉学杂志, 2020, 36(10):10—13.
- [28] Brown JK, Singh K, Dumitru R, et al. The benefits of enhanced recovery after surgery programs and their application in cardiothoracic surgery[J]. Methodist Debaque Cardiovasc J, 2018, 14(2):77—88.
- [29] Piwnica-Worms W, Azoury SC, Kozak G, et al. Flap reconstruction for deep sternal wound infections: factors influencing morbidity and mortality[J]. Ann Thorac Surg, 2020, 109(5):1584—1590.
- [30] Katijjahbe MA, Denehy L, Granger CL, et al. The sternal management accelerated recovery trial (S.M.A.R.T.)-standard restrictive versus an intervention of modified sternal precautions following cardiac surgery via median sternotomy: study protocol for a randomised controlled trial[J]. Trials, 2017, 18(1):290—304.