

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2026.06.048

联合减张预防张力性切口增生性瘢痕的临床研究进展

李佳坤¹, 潘孙峰²

(1. 浙江中医药大学, 浙江 杭州 310053;

2. 嘉兴市中医医院, 浙江 嘉兴 314000)

[摘要] 伤口愈合包含炎症、增殖与重塑等动态阶段, 各阶段张力的来源与强度存在差异。切口若在愈合过程中长期处于异常牵拉状态, 可导致炎症期延长、胶原沉积失衡, 促使瘢痕增宽隆起甚至挛缩, 进而影响局部功能和外观。由于创缘受力呈现时间依赖性和多因素叠加的特点, 单一减张方法往往难以在时间和力学层面实现全程覆盖, 以联合减张为核心的综合干预理念因而愈发受到重视。本文从机制出发, 对切口设计、术中精细缝合与缝线选择、术后外固定及A型肉毒毒素辅助减轻肌肉牵拉等多种减张措施进行概述, 重点结合躯干部和面部等典型高张力部位的受力特点, 总结围绕切口部位及个体危险因素选择和调整减张强度的联合应用策略, 强调围绕创缘张力在术前、术中及术后实施全程管理, 以期对张力性切口相关病理性瘢痕的预防及综合处理提供临床参考。

[关键词] 机械张力; 张力性切口; 增生性瘢痕; 瘢痕疙瘩; 联合减张

[中图分类号] R619+6

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2026) 06-0191-04

Clinical Research Progress of Combined Tension Reduction in Preventing Hypertrophic Scars of High-tension Incisions

LI Jiakun¹, PAN Sunfeng²

(1. Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, Zhejiang, China;

2. Jiaxing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jiaxing 314000, Zhejiang, China)

[Abstract] Wound healing involves dynamic stages such as inflammation, proliferation and remodeling, with differences in the source and intensity of tension at each stage. If the incision is in a state of abnormal traction for a long time during healing, it can lead to prolonged inflammatory phase, imbalanced collagen deposition, and promote scar widening, elevation or even contracture, thereby affecting local function and appearance. Due to the time-dependent and multi-factor superimposed characteristics of the stress on the wound edge, a single tension reduction method is often difficult to achieve full coverage in terms of time and mechanics. Therefore, the concept of comprehensive intervention centered on combined tension reduction has attracted increasing attention. This paper reviews various tension reduction measures from a mechanism-based perspective, including incision design, precise intraoperative suturing and suture selection, postoperative external fixation, and the auxiliary use of botulinum toxin type A to reduce muscle traction. Focusing on the stress characteristics of typical high-tension areas such as the trunk and face, this paper summarizes the combined application strategies for selecting and adjusting tension reduction intensity based on the incision site and individual risk factors, and emphasizes the full-course management of wound edge tension before, during and after surgery, in order to provide clinical reference for the prevention and comprehensive treatment of pathological scars related to tension incisions.

[Key words] Mechanical tension; High-tension incision; Hypertrophic scar; Keloids; Combined tension reduction

第一作者: 李佳坤 (1998. 7-), 女, 河南安阳人, 硕士, 主要从事烧伤治疗、急慢性创面修复、瘢痕防治、美容整形方面研究

通讯作者: 潘孙峰 (1982. 6-), 男, 浙江嘉兴人, 硕士, 主任医师, 主要从事烧伤治疗、急慢性创面修复、瘢痕防治、美容整形方面研究

伤口愈合 (wound healing) 是一个动态而复杂的修复过程, 一般经历炎症期、增殖期和重塑期等阶段^[1]。在这一过程中, 细胞外基质不断发生合成、降解与重塑, 其中胶原蛋白作为细胞外基质的重要组成部分, 其代谢通常处于动态平衡状态; 当这一平衡失调, 胶原及其他细胞外基质成分异常沉积, 促使组织纤维化, 形成增生性瘢痕和瘢痕疙瘩等病理性瘢痕^[2, 3]。机械牵张力可通过影响炎症反应、纤维化增生及细胞外基质重塑等过程, 进一步促进上述异常修复反应并参与瘢痕形成^[4]。由于切口张力并非恒定不变, 而是受解剖部位、局部活动度及愈合阶段等多种因素共同影响, 其对创缘的作用具有持续性和动态变化特点, 单一方式的干预往往难以覆盖伤口愈合全过程中的力学变化。因此, 围绕切口张力实施贯穿术前、术中及术后的联合减张干预成为预防张力性切口增生性瘢痕的重要方向。本文从机械张力促进瘢痕增生的机制出发, 对术前切口设计、术中减张缝合与缝线选择、术后外固定及A型肉毒毒素 (BoNT-A) 辅助减张等减张方案进行综述, 并结合躯干部和面部等不同高张力部位的特点, 归纳联合减张在不同高张力部位中的应用思路, 以期预防张力性切口瘢痕增生提供了新的临床思路。

1 机械张力促进瘢痕增生的机制

机械张力可通过增强局部纤维化反应促进瘢痕持续增生。持续牵拉作用下, 成纤维细胞增殖活跃, 肌成纤维细胞分化增强, I型和III型胶原及 α -SMA表达上调, 胶原纤维排列趋于紊乱, 提示细胞外基质合成与重塑失衡。这种变化与TGF- β_1 /Smad信号通路激活密切相关, 该通路的持续活化可进一步促进胶原沉积, 并维持肌成纤维细胞的活化状态, 使瘢痕组织处于持续增生状态^[5]。机械应力还可通过延长局部炎症反应参与瘢痕形成。局部持续受力时, IL-6表达升高并伴STAT3信号激活, 提示炎症反应可能由生理性修复转向持续性激活。同时, β -连环蛋白异常表达提示, 机械刺激还可能参与细胞增殖、分化及基质重塑等过程。炎症持续、信号转导异常与纤维化反应相互作用, 促使创面修复偏离正常轨迹, 向增生性瘢痕发展^[6]。机械张力对瘢痕形成的影响还不单纯取决于张力大小, 还与局部应力分布特征有关。不同切口几何形态可导致创缘受力不

均, 应力集中部位更易形成异常力学微环境, 并伴随 α -SMA表达增加和胶原重塑紊乱。局部应力集中可进一步增强肌成纤维细胞活化及细胞外基质异常沉积, 使纤维化信号持续放大, 促进瘢痕增生^[7]。

2 伤口减张治疗的主要策略

基于对上述机制的认识, 临床在处理张力性切口时逐步形成了以减张为核心的综合干预策略, 即通过术前优化切口设计、术中分层减张缝合及术后持续外固定等措施, 尽可能降低或重新分配创缘机械应力, 以减轻纤维化反应并改善瘢痕结局。

2.1 术前切口设计 减张往往从切口设计开始, 切口应尽量沿松弛皮肤张力线 (RSTL) 设计。RSTL是在皮肤处于松弛状态下通过捏提等方式观察皮肤沟回走向所确定的张力线, 反映了静息状态下皮肤的主要受力方向, 顺其走向设计切口可减轻创缘张力集中, 使瘢痕更趋于细窄、平整; 垂直或大角度偏离RSTL的切口, 则更易使瘢痕增宽、凹凸不平甚至挛缩^[8]。术前结合RSTL、局部活动度及既往瘢痕史对切口张力水平和瘢痕增生风险进行评估, 可为后续减张策略选择提供依据。

2.2 术中减张 缝合与缝线选择缝合是减张治疗的关键环节, 原则为深层承担主要张力、表层侧重精细对合。在保证血供与对合的前提下, 临床多通过超减张缝合联合长效可吸收缝线行深层减张, 将筋膜及皮下组织在相对松弛的位置拉拢缝合, 进而将大部分张力转移至深部结构, 表层真皮则以细径缝线在近乎无张力状态下完成精细对合, 有助于减小瘢痕宽度和厚度并降低复发风险^[9]。聚对二氧环酮缝线为可吸收缝线, 吸收时间约6个月, 张力维持时间约2个月, 其较长的减张维持时间有助于对抗切口愈合早期持续存在的局部张力, 从而增强瘢痕抑制效果。与聚乳酸可吸收缝线及聚酯不可吸收缝线相比, 其在术后6个月时瘢痕结局更佳, 提示降解较慢、可维持更长时间减张的线材在瘢痕抑制方面具有一定优势^[10]。采用减张美容缝合替代传统缝合, 在体表肿物切除等手术中可使切口在较低张力下愈合, 临床研究显示^[11], 其相比传统缝合法能够显著提高一期愈合率, 缩短伤口愈合时间和术区水肿持续时间, 并在术后1~3个月明显减小瘢痕宽度, 降低瘢痕评分, 从而改善瘢痕外观与患者主观满意度。

2.3 术后外固定 拆线后瘢痕抗拉强度仍较低,若缺乏支撑易被日常活动牵拉而增宽隆起。减张纸胶带可轻度聚拢两侧皮肤并改善水合状态,尽早使用可改善瘢痕高度、颜色及瘙痒。皮肤减张器可提供更大且可调节的牵拉力,适用于胸部、肩背部及四肢等部位。研究显示^[12],在逐层减张缝合与皮内美容缝合基础上联合使用减张器,可使多数张力性切口获得满意愈合与较平整瘢痕外观,瘢痕疙瘩切除复发率亦下降,提示其在长期减张与预防增生方面具有可行性,且减张器宜持续使用数月以覆盖切口抗张力恢复的关键阶段。

2.4 BoNT-A辅助减张 BoNT-A通过阻断神经肌肉接头处乙酰胆碱释放,造成化学性去神经支配,使局部肌肉活动暂时减弱或麻痹,从而降低肌肉活动对创缘的牵拉^[13]。研究显示^[14],对于额部等局部肌肉活动较明显、易受动态牵拉影响的切口,术后早期局部注射BoNT-A有助于减轻伤口周围肌肉收缩产生的张力,对预防瘢痕增宽及改善瘢痕外观结局具有一定临床价值。因此,BoNT-A可作为联合减张方案中控制肌肉动态牵拉的辅助手段。

3 联合减张策略与分层化临床路径

3.1 躯干部切口的联合减张策略 胸腹部、背部等躯干部长轴切口多位于皮肤张力较高、受呼吸运动和上肢活动影响显著的区域,是病理性瘢痕的好发部位^[15]。此类切口创缘跨度大、周围软组织相对平坦,便于在术后应用减张纸胶带、皮肤减张器等外固定装置持续控制张力。由于其张力来源复杂,既包括膈肌驱动的呼吸运动,又叠加四肢及躯干等多肌群的牵拉,仅靠局部肌肉注射BoNT-A难以覆盖全部应力,因此更适合采用“术中深层减张联合术后持续外固定”的综合策略。术中通过长效可吸收缝线在筋膜、皮下及真皮下层实施多层次缝合,将大部分张力转移至深部结构,表层采用较细缝线精细对合。术后使用减张纸胶带和皮肤减张器,使伤口愈合早期处于较低张力环境。研究显示^[16],胸腹部病理性瘢痕切除的患者,在真皮或真皮下实施超减张缝合并配合术后减张胶带外固定,相较于传统减张缝合,可更有效分散创缘应力,缩小瘢痕宽度并降低瘢痕评分,提示“术中深层超减张联合术后持续外固定”可作为躯干部高张力切口的优选联合方案。

3.2 面部切口的联合减张策略 面部切口受表情肌牵拉常处于局部活动频繁、张力变化较大的环

境中,且该部位解剖结构复杂、表面不平整,靠近发际线的区域还存在毛发,应用减张纸胶带或皮肤减张器往往黏贴困难,还会影响日常工作及外观。同时,面部又是对美观要求极高的暴露部位,对瘢痕增生的预防尤为重要。基于上述特点,在术中充分减张缝合的基础上联合应用BoNT-A,可作为此类高活动部位较为适宜的减张策略,既可避免外固定装置对患者日常生活和外观的影响,又可通过降低局部肌肉活动实现相对持久的张力控制。临床上可在术中或术后早期于相关肌群附近注射低剂量BoNT-A,使局部肌肉在伤口愈合过程中活动减弱,为瘢痕成熟提供相对静息的机械环境。临床资料表明^[17],在面部创伤等张力相关瘢痕中,于美容缝合基础上辅助局部注射BoNT-A,相较单纯美容缝合联合硅凝胶外用可显著提高瘢痕防治总有效率,并降低瘢痕评分。

3.3 联合减张策略的阶梯式应用 联合减张是伤口瘢痕综合管理中的基础环节之一。伤口张力基本受控后,瘢痕的红斑、色素、瘙痒及质地等改变往往仍需长期干预。病理性瘢痕的治疗手段除手术切除外,还包括硅凝胶及硅凝胶贴片、压力治疗、激光治疗、冷冻治疗、放射治疗以及瘢痕内注射糖皮质激素、5-FU等多种非手术方式^[18, 19]。不同方法的适应证与作用机制均存在差异,综合应用通常优于单一治疗,不仅可改善瘢痕高度、色泽和质地,还可降低复发风险并提高患者满意度。对于张力较小且部位隐蔽、无病理性瘢痕史的切口,在常规多层减张缝合基础上,术后短期应用纸胶带或硅凝胶已足够。位于胸腹部、肩背部或轻度受肌肉牵拉的切口,或虽无典型瘢痕史但存在家族史、年轻年龄等单一危险因素者,则应在切口愈合早期持续外固定,并及早联合硅凝胶、保湿敷料或压力治疗,以延长低张力环境暴露时间,减少瘢痕增宽和色泽、质地异常。胸骨前、关节周围、耳廓等张力集中的高危部位,且合并既往增生性瘢痕或瘢痕疙瘩史、家族史阳性或多危险因素叠加者,宜在早期即联合硅凝胶、压力治疗或弹力衣物,必要时加用BoNT-A、激光或瘢痕内注射等微创治疗,分阶段、长期干预,以最大限度降低病理性瘢痕发生风险^[20]。

4 展望与挑战

机械张力贯穿伤口愈合全过程,也是张力性切口病理性瘢痕形成的重要外在因素。随着对



局部受力特征及机械转导机制认识的不断加深,围绕创缘张力控制的防治思路正由单一手段逐步转向术前、术中及术后连续干预的联合模式。然而,现有研究仍存在一定局限,不同研究在病例选择、切口部位、干预时机、减张持续时间及疗效评价指标等方面差异较大,影响了证据之间的比较和推广。同时,不同解剖部位在静态张力、动态牵拉及患者依从性方面存在差异,联合减张策略的分层应用和标准化路径仍有待完善。未来仍需开展设计更严谨、随访更充分的临床研究,以进一步明确不同减张措施的适用范围及协同应用方式。

5 总结

联合减张预防张力性切口增生性瘢痕的理念,是在传统单一缝合和外固定基础上发展而来的全程管理模式。其重点在于围绕切口愈合过程中持续存在的机械张力,对术前、术中及术后各环节进行综合干预。临床上需结合切口部位、张力来源及个体危险因素,统筹不同层次组织的受力特点和愈合阶段变化,合理选择并动态调整减张措施。对于高张力切口,不仅要重视伤口缝合时的即时减张,还应关注愈合早期持续受力及后期瘢痕成熟过程中的张力控制,从而使减张策略更贴合局部受力特点,并兼顾功能恢复与外观需求,以改善瘢痕预后。

[参考文献]

[1]Gurtner GC,Werner S,Barrandon Y,et al.Wound repair and regeneration[J].Nature,2008,453(7193):314-321.
 [2]姚东刚.IV、VI、XII、XIV、XVI型胶原与皮肤创伤修复及瘢痕增生的关系[J].中国美容医学,2014,23(6):507-511.
 [3]孔德祺,金文玉,金哲虎.尼达尼布通过TGF-β₁/Smad信号通路调控人瘢痕疙瘩成纤维细胞的增殖及胶原蛋白的产生[J].中国皮肤性病学杂志,2025,39(3):258-264.
 [4]张文涵,安阳,赵振民.机械牵张力对创面愈合瘢痕形成不同时期影响机制研究进展[J].中华整形外科杂志,2024,40(2):243-248.
 [5]曹鹏,王运帷,官浩,等.机械张力对兔耳增生性瘢痕的形成及转化生长因子β₁/Smad信号通路的影响[J].中华烧伤与创面修复杂志,2022,38(12):1162-1169.

[6]石璐璐,张汝锋,肖虎.白细胞介素6/信号转导及转录激活因子3通路及β连环蛋白在机械应力致小鼠增生性瘢痕形成中的作用[J].中华烧伤杂志,2021,37(7):647-653.
 [7]余小平,付倩倩,吴玉杰,等.切口几何形态对瘢痕形成的影响及其生物力学机制研究[J].中华整形外科杂志,2025,41(12):1279-1290.
 [8]Borges AF.Relaxed skin tension lines (RSTL) versus other skin lines[J].Plast Reconstr Surg,1984,73(1):144-50.
 [9]常延祥,冯鹏,崔桂芳.超原位减张缝合与常规减张缝合治疗病理性瘢痕的临床效果比较[J].中国医疗美容,2025,15(4):74-77.
 [10]朱鑫玺,朱锦媛,乔一帆,等.三种不同吸收速率缝线对减张缝合抑制皮肤瘢痕效果的研究[J].中国美容医学,2025,34(8):55-59.
 [11]雷娜,鲁秀远.减张美容缝合在预防体表肿物切除术后瘢痕增生的效果观察[J].中国医疗美容,2025,15(6):52-55.
 [12]白滨,陈昱静,刘林嶧,等.皮肤减张器在整形外科张力性手术切口中的应用[J].中国美容医学,2021,30(1):35-38.
 [13]Borba A,Matayoshi S,Rodrigues M.Avoiding Complications on the Upper Face Treatment With Botulinum Toxin:A Practical Guide[J].Aesthetic Plastic Surgery,2022,46(1):385-394.
 [14]李少霞,王元元,张幸存,等.额部外伤清创缝合术后即刻注射A型肉毒毒素防治瘢痕的效果[J].中华整形外科杂志,2020,36(2):165-169.
 [15]Fang X,Wang Y,Chen H,et al.Hypertrophic Scarring and Keloids:Epidemiology,Molecular Pathogenesis, and Therapeutic Interventions[J].MedComm,2025,6(10):e70381.
 [16]夏云,张红燕,舒茂国,等.超减张缝合联合减张胶带给在胸腹部增生性瘢痕中的临床应用效果[J].中国美容整形外科杂志,2023,34(11):669-671.
 [17]刘晨阳,任书信.美容缝合术联合A型肉毒毒素预防面部外术后瘢痕的效果及机制分析[J].中国医疗美容,2025,15(7):67-71.
 [18]施小琪,孙泉,任治锦,等.鱼骨式分层缝合联合多维减张在高张力部位瘢痕疙瘩手术治疗中的应用[J].现代医药卫生,2024,40(16):2732-2734,2739.
 [19]李建平,赵磊,田艳伟,等.冷冻联合A型肉毒毒素与单独A型肉毒毒素治疗瘢痕疙瘩的疗效比较:前瞻性随机对照研究[J].安徽医药,2023,27(9):1836-1839.
 [20]中国整形美容协会瘢痕医学分会.瘢痕早期治疗全国专家共识(2020版)[J].中华烧伤杂志,2021,37(2):113-125