

·综述·

创伤后早期干预对瘢痕形成的影响研究进展

赵倩楠 周粤闽 马园园 韩花花

河南大学淮河医院整形修复外科, 开封 475000

通信作者: 周粤闽, Email: yueminzhou2@hotmail.com

【摘要】 创伤导致的瘢痕不但影响外形美观、造成功能障碍,还会不同程度地影响患者心理生活质量。随着对创伤后瘢痕形成过程认识的不断加深以及相关干预手段的不断发展,创伤后3个月内的早期干预已被证实能够促进创面愈合、抑制瘢痕增生、干扰瘢痕胶原自然重塑。本文就创伤后瘢痕形成过程、早期干预时机及方式进行归纳总结。

【关键词】 瘢痕; 创伤和损伤; 早期干预; 防治

基金项目: 河南省科技发展计划(172102410005); 河南省医学科技攻关计划(201401014); 河南大学研究生“英才计划”(SYL18060140)

Research advances on the effect of early intervention on post-traumatic scar formation

Zhao Qiannan, Zhou Yuemin, Ma Yuanyuan, Han Huahua
Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Huaihe Hospital, Henan University, Kaifeng 475000, China
Corresponding author: Zhou Yuemin, Email: yueminzhou2@hotmail.com

【Abstract】 Scars caused by trauma will not only affect the appearance and cause dysfunction, but also affect the quality of psychological life of the patients to varying degrees. With the in-depth understanding of the process of scar formation after trauma and the continuous development of related intervention methods, early intervention within 3 months after trauma has been proved to be able to promote wound healing, inhibit scar hyperplasia, and interfere with the natural remodeling of scar collagen. This review summarizes the process of scar formation after trauma, as well as the timing and method of early intervention.

【Key words】 Cicatrix; Wounds and injuries; Early intervention; Prevention and treatment

Fund program: Science and Technology Development Project of Henan Province of China (172102410005); Medical Science and Technology Project for Tackling Key Problems of Henan Province of China (201401014); The Talent Program for

Postgraduates of Henan University (SYL18060140)

瘢痕是各种创伤所引起的正常皮肤组织外观形态和组织病理学改变的统称,是除胎儿外人体创伤自然修复过程中的必然产物^[1]。创伤导致的瘢痕不但影响外观、功能,还会不同程度地影响患者心理生活质量。近年来,众多学者开始关注创伤后早期干预的重要性,但目前还没有瘢痕早期干预时机及干预方式的统一标准。本文通过对创伤后瘢痕形成过程、早期干预时机及方法进行综述,旨在对临床创伤后瘢痕形成的防治提供参考依据。

1 创伤后瘢痕形成过程及早期干预时机

创伤后创面愈合可分为3个在时间和空间上重叠甚至并存的阶段,分别为炎症期、增殖期和重塑期,瘢痕主要在后2个阶段形成^[2]。炎症期(伤后1~3 d),中性粒细胞和巨噬细胞分泌蛋白酶及多种细胞因子杀死局部细菌、降解坏死组织、吞噬细胞碎片^[3-4];增殖期(伤后4~21 d),各种类型的细胞发生增殖和迁移,并与ECM相互作用产生胶原,而胶原是成熟瘢痕的重要组成部分^[5],亚洲患者在创面愈合过程中Fb增殖、胶原纤维产生更旺盛,创伤后更易发生瘢痕增生^[6];重塑期是伤口愈合的最后阶段,在组织损伤后2~3周开始,可持续1~2年^[7]。瘢痕重塑主要通过机械-化学途径:人类皮肤对环境中的机械力特别敏感,能将机械信号转换为促进瘢痕形成的化学信号,通过各种机械转导途径促进细胞增殖、血管生成和上皮化形成^[8-9]。

干扰上述创面愈合的正常生理过程可能延迟复杂创面的愈合、加剧瘢痕增生,在创面愈合的各个阶段进行适当干预可能会减少瘢痕形成^[10]。对创伤后早期干预的研究大多集中在创伤后3个月内,早期干预的目的在于降低瘢痕进一步发展的风险^[11-12]。《中国临床瘢痕防治专家共识》提出,从上皮覆盖创面后瘢痕组织开始形成时即介入并采取一定的控制措施,能有效预防瘢痕形成^[13-14]。近来研究表明,在创面愈合的炎症期进行干预也能减少瘢痕形成^[11,15-16]。TGF- β_1 能刺激Fb异常增殖和胶原纤维过量合成与沉积,从而促进瘢痕形成,Smad家族是TGF- β_1 影响目的基因转录的主要下游信号转导蛋白之一,在创伤后1 h内即可观察到TGF- β_1 被激活并表达,在伤后1~3 d即出现Smad家族蛋白高表达,这与炎症期的时间一致^[15]。而外源性添加TGF- β_1 中和抗体可有效阻断TGF- β_1 /Smad3信号转导通路,从而减少ECM沉积^[15]。Karmisholt等^[11]分析了在不同时期

DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200315-00169

本文引用格式: 赵倩楠,周粤闽,马园园,等. 创伤后早期干预对瘢痕形成的影响研究进展[J]. 中华烧伤杂志, 2021, 37(7): 697-701. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200315-00169.

Zhao QN, Zhou YM, Ma YY, et al. Research advances on the effect of early intervention on post-traumatic scar formation[J]. Chin J Burns, 2021, 37(7): 697-701. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200315-00169.

应用激光进行早期干预的 25 项临床研究,显示在炎症期干预的 4 项研究中有 3 项瘢痕显著改善,而在增殖期干预的 16 项及在重塑期干预的 5 项研究中分别有 6 项和 2 项瘢痕显著改善,因此提出在创面愈合的炎症期开始启动早期干预措施似乎是最有效的干预时机。有学者在外伤清创缝合手术中通过改变缝合口方向、降低张力,也达到了抑制瘢痕生成的效果^[16]。本课题组在外伤清创缝合临床实践中,从创伤发生的即刻至瘢痕重塑的全过程,根据不同时期采取个体化干预措施,继而减少了瘢痕形成(另文发表)。

2 创伤后急诊处理方式对瘢痕形成的影响

瘢痕形成的预防措施包括瘢痕形成前的预防和瘢痕形成期(防止瘢痕进一步加重)的预防,瘢痕形成前的预防主要为优化创面处理和精细手术操作^[14]。炎症反应会诱导增生性瘢痕形成^[17],优化创面处理的重点在于预防和控制感染,为创面愈合创造良好的条件,应尽早封闭创面,争取达到瘢痕最小化甚至无瘢痕创面愈合。创伤修复应遵循无菌原则、无(微)创技术、无张力、无异物、不遗留无效腔、手术时机合适及手术方法得当^[13],须做到严格无菌操作、彻底清除污物,反复冲洗,仔细清除可疑的异物,去除严重污染、无生机的组织^[18]。由于与皮肤表面呈 90°垂直的手术切口有利于创面的整齐对合,愈合后瘢痕较小,故除头部、眉部等有毛发的部位外,在处理身体其余部位的创缘时应尽量将其修整垂直^[19]。

创伤修复应尽量依照解剖结构复位、分层细致缝合。对于口唇、眉部、眼睑等特殊部位的创伤,可先将唇缘、眉缘、眼睑等对位缝合,达到精确的解剖复位,以免出现术后畸形。对伴有软组织缺损的创面,根据情况选择皮瓣转移或皮片移植修复。由于皮片移植会发生收缩或色素改变而影响外观,所以在面部创伤修复中尽量选择局部皮瓣,以达到更好的美学修复效果^[20]。

有研究表明,当手术切口与松弛皮肤张力线(RSTL)平行时,张力较小,瘢痕发生率较低;与 RSTL 垂直的切口,所受张力较大,瘢痕发生率较高^[19]。通过切口设计改变伤口方向也许能降低创面愈合过程中的机械力,从而抑制瘢痕生长。近来,Min 等^[16]将与 RSTL 夹角 >30°的伤口进行“W”成形术设计,结果表明该种疗法短期和长期随访的瘢痕外观均显著优于直接缝合。黄娜等^[21]利用来源相同或近似的美学单位及亚单位局部皮瓣进行面部软组织损伤修复,使切口尽量顺 RSTL 方向,结果显示瘢痕较隐蔽,且对周围组织器官无明显影响。本课题组在面部创伤急诊处理中设计伤口缝合方向使其尽量与 RSTL 方向一致或夹角 <30°,从而降低伤口张力,使瘢痕隐藏为正常面部线条的一部分,亦获得很好的美学和功能效果(另文发表)。

在闭合创面材料的选择方面需要考虑几个因素,包括创面的位置、创缘的张力以及患者自身因素(如年龄、营养状况等)。材料应牢固,避免创口开裂,但也应可适当地拉伸来适应创面水肿。一项荟萃分析表明,缝线能在最大限度上减少伤口裂开,并且效果明显优于组织黏合剂^[22]。在缝线类型的

选择上,一项荟萃分析表明,在术后并发症发生率和美容效果方面,可吸收缝线和非可吸收缝线之间无显著差异^[23]。然而,一项类似的研究表明,使用非可吸收缝线降低了胸骨正中切口术后瘢痕增生的风险^[24]。就缝线材料而言,单丝手术缝合线因引发的炎症反应较少,可能优于编织缝合线^[25]。

创伤处理的黄金时期为伤后 6~8 h,而颜面部因血供丰富,抗感染和愈合能力较强,24 h 内清创修复一般均可良好愈合^[26]。于普通急诊完成初次清创、粗糙缝合的患者,尽早至整形外科行二次整形缝合,亦可获得良好的手术效果^[27]。

3 创伤后激光早期干预

以往的研究已证实,多种类型的激光均可改善增生性瘢痕^[28];近来的研究表明,通过激光干预主动调节创面早期愈合过程,可减轻瘢痕形成^[11,28]。据美国激光治疗瘢痕共识报道,无论何时均可对创伤性瘢痕进行激光治疗,且提倡早期干预以减少并发症的发生:对于撕裂伤等较小的创伤,近 70% 的学者主张在伤后 1 周内开始激光治疗,超过 90% 的学者主张在伤后 1 个月内开始激光治疗;对于烧伤等较大的创伤,76% 的学者主张在伤后 2 个月内开始激光治疗,90% 以上的学者主张在伤后 4 个月内开始激光治疗^[28]。在激光的选择方面,目前的临床研究报道多集中于抑制瘢痕内血管增生的脉冲染料激光(PDL),促使胶原组织重塑的二氧化碳点阵激光及非剥脱性点阵激光(NAFL)^[28]。

3.1 PDL

595 nm 和 585 nm 的 PDL 通过选择性光热作用,直接作用于毛细血管内的血红蛋白,在特定的剂量范围内,对瘢痕微血管造成热损伤,显著降低结缔组织生长因子 mRNA 和蛋白的表达,抑制血管内 EGF 和炎症渗出因子等表达,最终减少瘢痕内胶原的生成^[29-30]。对于 PDL 的干预时机,有学者主张在拆线后 2~4 周开始治疗缝合口可减少瘢痕内异常增生的血管,从而抑制瘢痕形成^[31]。Conologue 和 Norwood^[32]报道了在拆线当天使用 PDL 干预缝合口,也能有效改善瘢痕外观。对于 PDL 在瘢痕早期干预中的应用参数尚存争议,有 68% 的学者主张使用 6 J/cm² 或更低的能量密度,68% 的学者主张使用 1.5 ms 或更小的脉宽,多数学者主张以轻度紫癜作为临床治疗终点^[28]。关于脉宽,尽管理论上长脉宽引起的不良反应较少,但 Nouri 等^[33]比较了术后拆线当天开始应用 0.45 ms 和 1.5 ms 脉宽的 PDL 进行干预,结果短脉宽和长脉宽 PDL 均可安全有效地改善 Fitzpatrick I~IV 型皮肤类型术后瘢痕的质地和外观。

3.2 二氧化碳点阵激光

以往的大多数研究推荐使用二氧化碳点阵激光治疗瘢痕的时间在术后 2 个月以后^[34],但最近的研究强调了早期干预的重要性^[35]。二氧化碳点阵激光作为一种剥脱性点阵激光(AFL),对瘢痕早期干预的可能机制如下:在一定的能量密度下,点阵激光产生阵列样排列的微小光束作用于皮肤组织中的水分,形成多个柱形结构的微小热损伤区(MTZ),这种热损伤启动机体程序化的创伤愈合过程,继而引起一连串

的皮肤生物化学反应,使表皮和真皮的皮肤全层发生重塑。此外,二氧化碳点阵激光刺激创面愈合反应和皮肤表面再生,可能促进创面快速愈合^[36]。在干预时机方面,Tan 等^[35]根据伤后首次 AFL 治疗的时间,将患者分为伤后 1 个月内、伤后 1~3 个月、伤后 3~6 个月、伤后 6~12 个月和伤后 12 个月后 5 组,结果表明所有患者接受 AFL 治疗后温哥华瘢痕量表评分均显著降低,伤后 1 个月内开始 AFL 治疗效果最佳。研究表明,在拆线当天对一半切口用二氧化碳点阵激光行单次治疗,患者对激光治疗区外观的自我评价更高^[12]。

3.3 NAFL

最常见的 NAFL 为 1 540 nm 和 1 550 nm 钕玻璃点阵激光,其能在保持表皮完整的同时产生深度约为 1.5 mm 的 MTZ,通过诱导生成热休克蛋白、增加Ⅲ型胶原等以改善瘢痕外观^[28]。此外,NAFL 可保留较为完整的角质层,具有创伤小、愈合快、并发症少等优点^[37]。最近一项研究表明,在手术前、拆线时和手术后 6 周使用 1 540 nm NAFL,均能轻微改善瘢痕^[38]。国内也有报道在外伤伤口拆线 2 周后行 1 540 nm NAFL 治疗,使用 50~55 mJ/s 较低能量参数和 15 ms 脉宽,疗效显著,安全性高,不良反应少^[39]。此外,Tierney 等^[40]应用 NAFL 或 PDL 随机治疗 12 例患者 15 处莫氏手术术后 2 个月瘢痕的一侧,观察到 NAFL 治疗一侧在总体瘢痕外观评分上优于 PDL。

4 创伤后早期干预辅助措施

创伤后早期干预辅助措施包括减张固定、应用硅酮类制剂以及 A 型肉毒毒素等。减张固定中,纸胶带可任意剪裁长度,性价比高,临床应用于创伤后瘢痕早期干预应至少持续 3 个月。近年来,皮肤减张器因减张效果显著,操作简单,已被应用于瘢痕早期干预,可改善瘢痕外观和减少创面闭合时间^[41]。硅酮类制剂在瘢痕早期干预中的疗效确切,常作为家庭预防瘢痕的普遍方案^[6]。硅酮凝胶片需根据创面大小进行剪裁并粘贴固定,每天应至少使用 12~24 h,至少持续 2~3 个月才能达到相应疗效^[42]。近期有研究表明,在预防亚洲患者增生性瘢痕形成方面,硅酮凝胶与硅凝胶片疗效相同,且较硅凝胶片更方便使用,患者依从性更高^[6]。A 型肉毒毒素通过抑制神经肌肉接头处乙酰胆碱的释放来缓解创面周围张力,抑制 Fb 增殖和促进 Fb 凋亡,减少 TGF- β 的表达,从而抑制瘢痕增生^[43-45]。

在口服药物方面,杜丽平等^[46]报道了早期口服曲尼司特联合硅凝胶片能有效防治外伤瘢痕增生。对于瘢痕内药物注射,早期预防性地在手术切口周围注射糖皮质激素,能够有效预防病理性瘢痕的复发^[47]。在外用药物方面,洋葱提取物制剂是瘢痕早期干预的有效方法,可改善瘢痕症状及外观,且耐受性良好^[48]。中药制剂的应用对于减少瘢痕形成同样有效,如 Men 等^[49]报道三七总皂苷可促进皮肤创面愈合并抑制瘢痕早期形成。此外,据报道,创面愈合早期应用压力疗法可减轻增生性瘢痕的形成^[28,50]。张玫等^[51]建议对 14~21 d 愈合的创面进行预防性持续加压治疗,压力大小维持在 24~30 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa),时间持续 6~12 个月。研

究显示,单独或联合使用硅胶产品、压力疗法和外用制剂是早期干预瘢痕形成的有效方法,具有良好的耐受性^[14]。

5 创伤后早期心理干预

心理状态可能是皮肤病理性瘢痕形成的系统性危险因素,心理压力可能通过神经免疫内分泌系统改变炎症代谢活动,加剧病理性瘢痕的症状和体征^[52]。据调查,85% 的患者对可见区域的瘢痕非常在意,即使面部有轻微的瘢痕,也可能出现严重的焦虑和自我意识障碍^[53]。金巧萍和胡维君^[54]报道,对外伤患者可应用结构式心理干预,综合运用各种心理干预方法,以心理支持为基础,耐心鼓励患者,帮助患者克服恐惧等不良心理因素,将健康教育、应激处理与应对技巧有机地整合在一起,从而降低患者焦虑状态,尽力保证患者心理状态稳定,并提高患者对治疗效果的满意度,可能有助于减轻术后瘢痕。

6 小结与展望

创伤后早期干预对减少瘢痕形成是极其重要的,只有将以往观念中对成熟瘢痕的治疗,转换为在创面愈合过程中,对可能形成的瘢痕进行早期预防性干预,促进创面快速愈合,尽快度过瘢痕增殖期,干扰瘢痕胶原的自然重塑,才能最大限度减少瘢痕形成。瘢痕的防治除早期干预外,还需遵循联合治疗、充分治疗的原则^[14]。临床工作也证实,从创伤发生即刻开始的个体化综合干预对减少瘢痕形成是有效的。未来还需要更多关于对瘢痕形成早期干预开始时机、具体干预手段的临床研究,以及激发机体皮肤组织自我再生修复能力的组织工程学研究,以期达到瘢痕最小化创面愈合。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 马林泉,鲍济洪,陈斌. 瘢痕:评估、防治、早期干预方法的研究与进展[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(20): 3253-3257. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2015.20.026.
- [2] Barnes LA, Marshall CD, Leavitt T, et al. Mechanical forces in cutaneous wound healing: emerging therapies to minimize scar formation[J]. Adv Wound Care(New Rochelle), 2018, 7(2): 47-56. DOI:10.1089/wound.2016.0709.
- [3] Martin P, Leibovich SJ. Inflammatory cells during wound repair: the good, the bad and the ugly[J]. Trends Cell Biol, 2005, 15(11): 599-607. DOI:10.1016/j.tcb.2005.09.002.
- [4] Profyris C, Tziotziou C, Do Vale I. Cutaneous scarring: pathophysiology, molecular mechanisms, and scar reduction therapeutics Part I. The molecular basis of scar formation[J]. J Am Acad Dermatol, 2012, 66(1): 1-10; quiz 11-12. DOI:10.1016/j.jaad.2011.05.055.
- [5] Werner S, Krieg T, Smola H. Keratinocyte-fibroblast interactions in wound healing[J]. J Invest Dermatol, 2007, 127(5): 998-1008. DOI:10.1038/sj.jid.5700786.
- [6] Kim S, Choi TH, Liu W, et al. Update on scar management: guidelines for treating Asian patients[J]. Plast Reconstr Surg, 2013, 132(6): 1580-1589. DOI:10.1097/PRS.0b013e3182a8070c.
- [7] Gurtner GC, Werner S, Barrandon Y, et al. Wound repair and regeneration[J]. Nature, 2008, 453(7193): 314-321. DOI: 10.1038/

- nature07039.
- [8] Ogawa R. Mechanobiology of scarring[J]. *Wound Repair Regen*, 2011,19 Suppl 1:S2-9. DOI:10.1111/j.1524-475X.2011.00707.x.
- [9] Gurtner GC, Dauskardt RH, Wong VW, et al. Improving cutaneous scar formation by controlling the mechanical environment: large animal and phase I studies[J]. *Ann Surg*, 2011,254(2):217-225. DOI:10.1097/SLA.0b013e318220b159.
- [10] Baron JM, Glatz M, Proksch E. Optimal support of wound healing: new insights[J]. *Dermatology*, 2020,236(6):593-600. DOI:10.1159/000505291.
- [11] Karmisholt KE, Haerskjold A, Karlsmark T, et al. Early laser intervention to reduce scar formation - a systematic review[J]. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 2018, 32(7): 1099-1110. DOI: 10.1111/jdv.14856.
- [12] Sobanko JF, Vachiramon V, Rattanaumpawan P, et al. Early postoperative single treatment ablative fractional lasing of Mohs micrographic surgery facial scars: a split-scar, evaluator-blinded study[J]. *Lasers Surg Med*, 2015, 47(1): 1-5. DOI: 10.1002/lsm.22314.
- [13] 中国临床瘢痕防治专家共识制定小组. 中国临床瘢痕防治专家共识[J/CD]. *中华损伤与修复杂志: 电子版*, 2017,12(6): 401-406. DOI:10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2017.06.001.
- [14] Lv KY, Xia ZF. Chinese consensus panel on the prevention and treatment of scars. Chinese expert consensus on clinical prevention and treatment of scar[J/OL]. *Burns Trauma*, 2018,6:27[2020-03-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30263894/>. DOI: 10.1186/s41038-018-0129-9.
- [15] 于蓉,岑瑛. TGF- β 1/Smad3 信号转导通路 with 创伤后瘢痕形成[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2012,26(3):330-335.
- [16] Min JH, Park KH, Choi HL, et al. Usefulness of direct W-plasty application to wound debridement for minimizing scar formation in the ED[J]. *Am J Emerg Med*, 2017, 35(12): 1804-1809. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.05.055.
- [17] Wang JF, Hori K, Ding J, et al. Toll-like receptors expressed by dermal fibroblasts contribute to hypertrophic scarring[J]. *J Cell Physiol*, 2011,226(5):1265-1273. DOI:10.1002/jcp.22454.
- [18] 孙一凡,路玮,孙亚凡,等. 整形外科缝合技术及瘢痕康复技术对面面部外伤的综合治疗[J/CD]. *中华损伤与修复杂志: 电子版*, 2012, 7(3): 292-294. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2012.03.018.
- [19] 蔡景龙. 瘢痕整形美容外科学[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2015.
- [20] 周涛,林茂辉,陈晶晶,等. 美容缝合及抗疤痕治疗在面部外伤中的应用[J]. *西南军医*, 2015, 17(4): 392-393. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7193.2015.04.012.
- [21] 黄娜,文辉才,付建华,等. 局部皮瓣在面部软组织缺损美容修复中的应用[J]. *中国美容整形外科杂志*, 2019,30(4):233-235. DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2019.04.012.
- [22] Dumville JC, Coulthard P, Worthington HV, et al. Tissue adhesives for closure of surgical incisions[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014(11):CD004287. DOI:10.1002/14651858.CD004287.pub4.
- [23] Gillanders SL, Anderson S, Mellon L, et al. A systematic review and meta-analysis: do absorbable or non-absorbable suture materials differ in cosmetic outcomes in patients requiring primary closure of facial wounds? [J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2018,71(12):1682-1692. DOI:10.1016/j.bjps.2018.08.027.
- [24] Durkaya S, Kaptanoglu M, Nadir A, et al. Do absorbable sutures exacerbate presternal scarring? [J]. *Tex Heart Inst J*, 2005,32(4): 544-548.
- [25] Niessen FB, Spauwen PH, Kon M. The role of suture material in hypertrophic scar formation: Monocryl vs. Vicryl-rapide[J]. *Ann Plast Surg*, 1997,39(3):254-260. DOI:10.1097/00000637-199709000-00006.
- [26] 杨静,姜会庆,汪军. 面部软组织外伤急症的整形外科修复[J]. *中国美容整形外科杂志*, 2008,19(5):373-375. DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2008.05.016.
- [27] 张文超,俞楠泽,刘志飞,等. 面部外伤二次清创缝合中整形外科技术应用研究[J]. *医学研究杂志*, 2019,48(9):41-44. DOI: 10.11969/j.issn.1673-548X.2019.09.010.
- [28] Seago M, Shumaker PR, Spring LK, et al. Laser treatment of traumatic scars and contractures: 2020 international consensus recommendations[J]. *Lasers Surg Med*, 2020, 52(2): 96-116. DOI: 10.1002/lsm.23201.
- [29] Fu XJ, Dong JY, Wang S, et al. Advances in the treatment of traumatic scars with laser, intense pulsed light, radiofrequency, and ultrasound[J/OL]. *Burns Trauma*, 2019, 7: 1[2020-03-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30723753/>. DOI: 10.1186/s41038-018-0141-0.
- [30] Brewin MP, Lister TS. Prevention or treatment of hypertrophic burn scarring: a review of when and how to treat with the pulsed dye laser[J]. *Burns*, 2014, 40(5): 797-804. DOI: 10.1016/j.burns.2013.12.017.
- [31] Oliaei S, Nelson JS, Fitzpatrick R, et al. Laser treatment of scars[J]. *Facial Plast Surg*, 2012, 28(5): 518-524. DOI: 10.1055/s-0032-1325646.
- [32] Conologue TD, Norwood C. Treatment of surgical scars with the cryogen-cooled 595 nm pulsed dye laser starting on the day of suture removal[J]. *Dermatol Surg*, 2006,32(1):13-20. DOI:10.1111/1524-4725.2006.32002.
- [33] Nouri K, Elsaie ML, Vejjabhinanta V, et al. Comparison of the effects of short- and long-pulse durations when using a 585-nm pulsed dye laser in the treatment of new surgical scars[J]. *Lasers Med Sci*, 2010,25(1):121-126. DOI:10.1007/s10103-009-0710-3.
- [34] Anderson RR, Donelan MB, Hivnor C, et al. Laser treatment of traumatic scars with an emphasis on ablative fractional laser resurfacing: consensus report[J]. *JAMA Dermatol*, 2014, 150(2): 187-193. DOI:10.1001/jamadermatol.2013.7761.
- [35] Tan JL, Zhou JY, Huang L, et al. Hypertrophic scar improvement by early intervention with ablative fractional carbon dioxide laser treatment[J]. *Lasers Surg Med*, 2021,53(4):450-457. DOI:10.1002/lsm.23301.
- [36] Capon A, Mordon S. Can thermal lasers promote skin wound healing? [J]. *Am J Clin Dermatol*, 2003, 4(1): 1-12. DOI: 10.2165/00128071-200304010-00001.
- [37] 夏君,胡蝶,曾维惠. 非剥脱性点阵激光在皮肤科的应用和展望[J]. *中国美容医学*, 2015,24(20):73-77.
- [38] Karmisholt KE, Banzhaf CA, Glud M, et al. Laser treatments in early wound healing improve scar appearance: a randomized split-wound trial with nonablative fractional laser exposures vs. untreated controls[J]. *Br J Dermatol*, 2018, 179(6):1307-1314. DOI: 10.1111/bjd.17076.
- [39] 陈容容,夏学颖,孙赛,等. 非剥脱性点阵激光在早期外伤性切口瘢痕的临床应用[J]. *中国医药科学*, 2017,7(11):183-186.
- [40] Tierney E, Mahmoud BH, Srivastava D, et al. Treatment of surgical scars with nonablative fractional laser versus pulsed dye laser: a randomized controlled trial[J]. *Dermatol Surg*, 2009, 35(8): 1172-1180. DOI:10.1111/j.1524-4725.2009.01085.x.
- [41] Tanaka Y, Miyamoto T, Naito Y, et al. Randomized study of a new noninvasive skin closure device for use after congenital heart operations[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 102(4): 1368-1374. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.03.072.
- [42] Berman B, Perez OA, Konda S, et al. A review of the biologic

- effects, clinical efficacy, and safety of silicone elastomer sheeting for hypertrophic and keloid scar treatment and management[J]. *Dermatol Surg*, 2007, 33(11): 1291-1302; discussion 1302-1303. DOI:10.1111/j.1524-4725.2007.33280.x.
- [43] Xiao ZB, Zhang MB. Botulinum toxin type A affects cell cycle distribution of fibroblasts derived from hypertrophic scar[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2008, 61(9): 1128-1129. DOI: 10.1016/j.bjps.2008.05.003.
- [44] Xiao ZB, Zhang FM, Lin WB, et al. Effect of botulinum toxin type A on transforming growth factor beta1 in fibroblasts derived from hypertrophic scar: a preliminary report[J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2010, 34(4): 424-427. DOI: 10.1007/s00266-009-9423-z.
- [45] Bae DS, Koo DH, Kim JE, et al. Effect of botulinum toxin A on scar healing after thyroidectomy: a prospective double-blind randomized controlled trial[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(3): 868. DOI: 10.3390/jcm9030868.
- [46] 杜丽平, 傅荣, 张家建, 等. 硅凝胶膜联合早期口服曲尼司特防治外伤瘢痕增生的疗效观察[J]. *四川医学*, 2016, 37(3): 271-273. DOI: 10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2016.03.011.
- [47] 丁健科, 马显杰. 瘢痕的预防与治疗进展[J/CD]. *中华损伤与修复杂志: 电子版*, 2017, 12(2): 94-98. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2017.02.004.
- [48] Khansa I, Harrison B, Janis JE. Evidence-based scar management: how to improve results with technique and technology[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2016, 138(3 Suppl): S165-178. DOI: 10.1097/PRS.0000000000002647.
- [49] Men SY, Huo QL, Shi L, et al. Panax notoginseng saponins promotes cutaneous wound healing and suppresses scar formation in mice[J]. *J Cosmet Dermatol*, 2020, 19(2): 529-534. DOI: 10.1111/jocd.13042.
- [50] 田凌云, 李映兰, 吴英, 等. 压力疗法治疗增生性瘢痕患者有效性的荟萃分析[J]. *中华烧伤杂志*, 2019, 35(9): 668-675. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.09.005.
- [51] 张玫, 李辉正, 程行健, 等. 预防增生性瘢痕的研究进展[J]. *中国美容整形外科杂志*, 2017, 28(6): 341-343. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7040.2017.06.007.
- [52] Huang CY, Ogawa R. Systemic factors that shape cutaneous pathological scarring[J]. *FASEB J*, 2020, 34(10): 13171-13184. DOI: 10.1096/fj.202001157R.
- [53] Young VL, Hutchison J. Insights into patient and clinician concerns about scar appearance: semiquantitative structured surveys[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2009, 124(1): 256-265. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181a80747.
- [54] 金巧萍, 胡维君. 结构式心理干预在急诊面部创伤 I 期整形美容修复术中的应用[J]. *中国医药导报*, 2015, 12(8): 127-130. (收稿日期: 2020-03-15)

· 科技快讯 ·

基于有监督的机器学习算法的下肢动脉损伤患者血运重建效果预测模型的开发及效果测试

本文引用格式: Perkins ZB, Yet B, Sharrock A, et al. Predicting the outcome of limb revascularization in patients with lower-extremity arterial trauma: development and external validation of a supervised machine-learning algorithm to support surgical decisions[J]. *Ann Surg*, 2020, 272(4): 564-572. DOI: 10.1097/SLA.0000000000004132.

下肢动脉损伤患者血管重建手术能否成功是保肢或截肢的关键。然而,术前评估血管重建能否成功往往十分困难,且缺乏准确可靠的评判标准。该研究的目的是开发一个血管再通预测模型并进行效果测试,以期量化特定患者的血管重建失败的风险。作者采用 2003 年 3 月—2012 年 2 月在伊拉克和阿富汗战争服役期间发生下肢动脉损伤的美国军人的数据建立贝叶斯网络预测模型,同时用来自英国军方的数据做外部验证,比较了贝叶斯网络算法与肢体损伤严重程度评分预测效果的优点和不足。结果显示,来自美国(样本数为 508)和英国(样本数为 51)的数据中,截肢的比例分别为 12.2% 和 19.6%。结合相关知识及文献分析,作者建立了一个基于 10 个预测因子(损伤机制、动脉损伤部位、是否多部位动脉受损、胫动脉损伤的数量、软组织损伤程度、是否伴有同部位骨折或脱位、休克情况、缺血时间、是否存在骨筋膜室综合征、动脉修复方法)的贝叶斯网络预测模型来预测血运重建效果。该模型受试者操作特征曲线下面积为 0.95、标定斜率为 1.96、Brier 评分为 0.05 分、Brier 技能评分为 0.50 分。该预测模型在外部验证时也保持了良好的性能,受试者操作特征曲线下面积为 0.97、标定斜率为 1.72、Brier 评分为 0.08 分、Brier 技能评分为 0.58 分。在预测截肢方面,该预测模型的性能显著优于肢体损伤严重程度评分,二者受试者操作特征曲线下面积分别为 0.95 (95% 置信区间=0.92~0.98)、0.74 (95% 置信区间=0.67~0.80), $P < 0.001$ 。因此,作者提出采用贝叶斯网络预测模型可以准确预测肢体血运重建的结果,认为这些客观证据可以用来辅助临床判断,制订个体化的医疗决策并建立合理的治疗预期。

何志友, 编译自《Annals of Surgery》, 2020, 272(4): 564-572; 张丕红, 审校