

# 皮肤牵张器的发展及应用

贾赤宇<sup>1</sup> 周克强<sup>2</sup>



**专家介绍:** 贾赤宇, 主任医师、教授、博士研究生导师。曾任空军军医大学西京医院烧伤科主任、解放军总医院第一附属医院烧伤整形科副主任、解放军第三〇九医院烧伤整形科主任、解放军第三〇九医院外科教研室主任, 现任厦门大学附属翔安医院烧伤整形科主任。担任中国研究型医院学会美容医学专业委员会主任委员, 中国医师协会烧伤科医师分会首任会长、名誉会长、常务委员, 中国医师协会美容与整形医师分会瘢痕分会副主任委员, 中华医学会烧伤外科学分会常务委员, 中华医学会烧伤外科学分会康复与护理学组副主任委员等。获得解放军医疗成果奖一等奖、第二届黎鳌烧伤医学基金奖励、陕西省科学技术进步奖二等奖等。担任《中华烧伤杂志》《中华创伤杂志》《中华外科杂志》《中国修复重建外科杂志》《中华损伤与修复杂志(电子版)》等常务编委。

**【摘要】** 皮肤牵张器从最早的理论基础到目前已有42年历史, 在此过程中关于皮肤伸展的基础理论研究已经相当广泛和深入, 在理论研究的基础上涌现出了许多种皮肤牵张的方式、方法以及各式自行设计的牵张器, 并对所设计器材使用的有效性进行了研究和总结, 不同专业的医师已经使用皮肤牵张器解决了自己领域的问题, 以及在使用过程中会遇到的一些问题, 本文对以上内容进行了综述。

**【关键词】** 皮肤; 治疗应用; 皮肤牵张器; 发展; 应用

**Development and application of skin distractor** Jia Chiyu<sup>1</sup>, Zhou Keqiang<sup>2</sup>. <sup>1</sup>Department of Burns and Plastic Surgery, Xiang'an Hospital of Xiamen University, Xiamen 361000, China; <sup>2</sup>Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

Corresponding author: Jia Chiyu, Email: jiachiyu@qq.com

**【Abstract】** Skin distractor has a history of 41 years from the earliest theoretical foundation, the basic theory of skin distractor has been studied extensively and deeply during this process. On the basis of theoretical research, there are many kinds of skin distractor methods and various self-designed distractor, the effectiveness of the designed equipment was studied and summarized, doctors of different specialties have used skin distractors to solve problems in their fields, as well as some problems that may be encountered during the use of skin distractor. This paper summarizes the above contents.

**【Key words】** Skin; Therapeutic uses; Skin distractor; Development; Application

皮肤牵张器不同于皮肤扩张器。前者是通过线性牵拉皮肤组织达到闭合创面的外扩张方法, 常用于急性损伤后快速修复组织缺损和遮盖创面; 后者是将扩张球囊在术前预置于皮下, 须经过一段时间术前扩张的内扩张方法, 往往用于择期手术。在临床工作中经常需要解决组织创面亟需覆盖以及局

部皮肤组织不足的问题, 例如伴有皮肤组织缺损的急性外伤、根据术中情况临时决定扩大清创或扩大切除、骨-筋膜室综合征时需要及时切开、减压等, 张力较小时常采用减张缝合的方法闭合创面, 创面较大时需要对抗更强的组织张力才能达到闭合创面的目的。传统使用皮瓣、植皮覆盖创面的方法存在一定的弊端, 如外形较臃肿需要二次手术调整厚度, 受区皮肤的感觉、色泽较周围正常组织有差异, 对供区造成了新的损伤并遗留新的皮肤损伤问题。由于皮肤具有良好的伸展性并在受到外力牵拉时可以发生蠕变, 这为解决上述问题提供了理论基础, 皮肤牵张器应运而生。

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2018.06.006

基金项目: 北京市科技计划“首都特色”专项(Z151100004015199); 国家自然科学基金面上资助项目(81372051)

作者单位: 361000 厦门大学附属翔安医院烧伤整形科<sup>1</sup>; 030001 太原, 山西医科大学<sup>2</sup>

通信作者: 贾赤宇, Email: jiachiyu@qq.com

### 一、皮肤牵张器的理论基础

关于牵张的作用与组织细胞的生长、分裂方面已经进行了广泛的研究。Johnson 等<sup>[1]</sup>认为真皮组织经过扩张会发生相应的改变,随着时间推移,改变的结构渐渐恢复正常,最终可通过自身修复成为正常组织。Austad 等<sup>[2]</sup>研究认为扩张产生的皮肤为正常的皮肤组织,该观点已被广泛认同。Pavletic<sup>[3]</sup>总结了4种皮肤特有的生长特性,即固有弹性、机械伸展性、生物伸展性、化学伸展性。范志宏等<sup>[4]</sup>经过为期1年对犬类皮肤扩张前后动态观察对比认为,扩张后皮肤组织的修复过程是介于组织再生修复和瘢痕修复之间的一种中间状态,一段时间内虽然组织结构基本恢复正常但胶原纤维仍有排列紊乱现象,扩张后的软组织短期内仍具有瘢痕挛缩样特性,故牵张时间应持续到伤口愈合为止。舒茂国和郭树忠<sup>[5]</sup>对于国外的研究理论分别从牵张作用对细胞外基质、细胞骨架、相关基因表达以及在调整细胞形态和功能方面做了总结。在扩张后皮肤的收缩方面,扩张后组织的收缩率较正常组织明显增加,即时收缩增强的主要部位是扩张后的真皮和纤维包膜部分<sup>[6]</sup>。因皮肤牵张法不形成纤维包膜,其即时收缩强度较内扩张法明显降低,皮肤愈合过程中仍需持续牵张来减少瘢痕形成。孙志刚等<sup>[7-8]</sup>的研究证实,皮肤伸展术能刺激皮肤基底细胞和成纤维细胞的增殖、分裂,促进胶原纤维合成,并使血管组织增生,为牵张后皮缘的愈合提供了理论依据。

### 二、皮肤牵张器的演变过程

利用皮肤伸展技术关闭皮肤伤口的方法最早于1976年由Barrer等<sup>[9]</sup>报道。1987年,Bashir<sup>[10]</sup>用2枚克氏针穿过较大皮肤缺损的皮缘,通过银丝将2枚克氏针不断地拉拢逐渐使皮缘闭合。1996年,Stahl等<sup>[11]</sup>利用2枚hook针穿过皮肤和真皮,通过拧紧螺钉使伤口闭合。同年,Blomqvist<sup>[12]</sup>设计了皮肤牵张带,并将它用于修复皮肤软组织缺损,效果满意。

下面罗列一些不同皮肤牵张器的样式供读者参考。

1996年,周黎安等<sup>[13]</sup>研制的牵张器,为长针贯穿于皮缘下方固定皮缘(图1),牵张器下方不等数量的钉爪垂直插入皮肤,长针外缘处提供动力传动,两处皮缘由螺旋横杆链接,通过旋转横杆的方式提供张力,该装置为较早的牵张器设计样式,其缺点为较笨重,使用不方便。

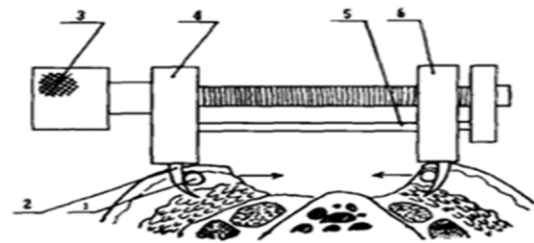


图1 长针贯穿于皮缘下方固定皮缘的牵张器。1:长针;2:小钩;3:手柄;4:近端垂直臂;5:柱形导轨;6:远端垂直臂

2002年,张德等<sup>[14]</sup>仿肋骨合拢器制作皮肤伸展装置(图2),该伸展装置由螺杆和皮肤爪构成,用克氏针于皮缘处皮下穿过固定皮肤,12例骨-筋膜室综合征减压患者切口均闭合(图3)。该装置相对小巧,但较长的牵引臂给患者活动带来很大不便。



图2 仿肋骨合拢器制作皮肤伸展装置



图3 仿肋骨合拢器制作皮肤伸展装置用于骨-筋膜室综合征减压患者

2002年,王森林等<sup>[15]</sup>利用克氏针固定皮缘钢丝提供张力的方法,行简易皮肤伸展(图4)。42例软组织缺损患者中即刻应用该方法,均无不良反应发生,伤口愈合呈线状瘢痕,需要注意的是:克氏针从皮下浅层通过以保证牵张效果,防止皮缘坏死。该装置设计简单、取材方便、成本低廉,适合基层医院开展。

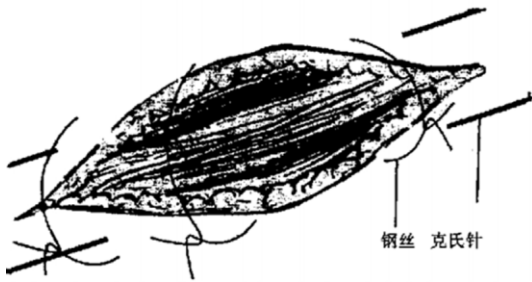


图4 利用克氏针固定皮缘钢丝提供张力的方法进行简易皮肤伸展手术示意图

2003年,李江等<sup>[16]</sup>研制了体积小、重量轻的微型皮肤牵张器(图5),由齿条、牵张头、皮下牵引针3部分构成,在局部肿胀麻醉下操作时,用外径25mm、尖端为三棱刃的皮肤开孔器开孔,并进行了144例皮肤缺损患者的临床验证。该装置简单小巧,适合肢体不宜暴露处使用。

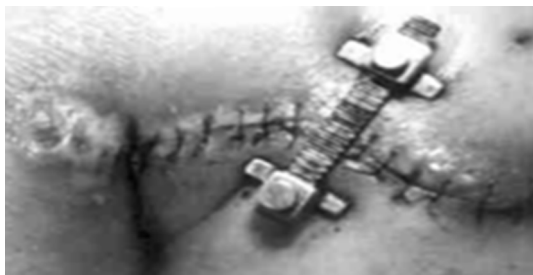


图5 体积小、重量轻的微型皮肤牵张器用于皮肤缺损创面

2004年,王春萍和翟明玉<sup>[17]</sup>利用一次性输液管、一次性导尿管及回形针自制了皮肤牵张带(图6),用于骨-筋膜室综合征减张口,该方法用一次性输液管穿过创口两侧皮肤提供牵引动力,一次性导尿管作阻挡器(中间刺小口以便输液管穿过),拉紧后回形针固定防止阻挡器回缩。该装置所用材料在各临床科室中广泛存在。

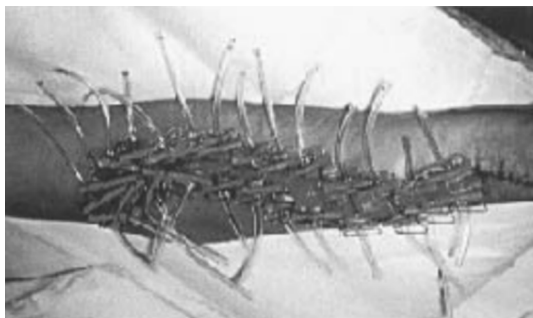


图6 用一次性输液管、一次性导尿管及回形针自制皮肤牵张带

2006年,王振威等<sup>[18]</sup>采用瑞典高科技医用产品皮肤牵张带(图7)治疗骨-筋膜室综合征减张皮肤缺损伤口8例,均一期愈合,效果满意。用减张缝合的方法将牵张带置入,不同于减张缝合之处是该装置可以根据需要不断缩短减张带长度而提供持续牵引力。该减张带与上文提及的自制减张带相比较更简洁、美观,使用更方便,但价格也更为昂贵。

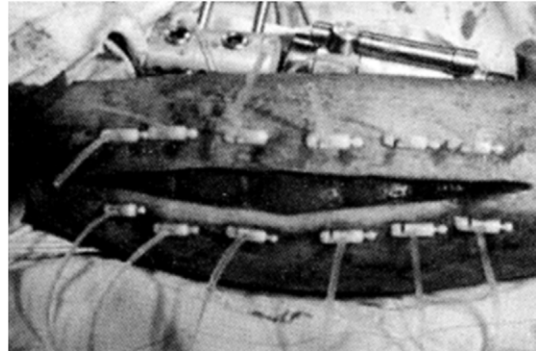


图7 瑞典高科技医用产品皮肤牵张带

2006年,Barnea等<sup>[19]</sup>介绍了一种牵张装置,结构分别为金属针、安全钩、旋转旋钮(图8)。该装置增加了张力反馈控制机制,可以控制张力在一个合适的范围,最大化地保护了皮缘组织。

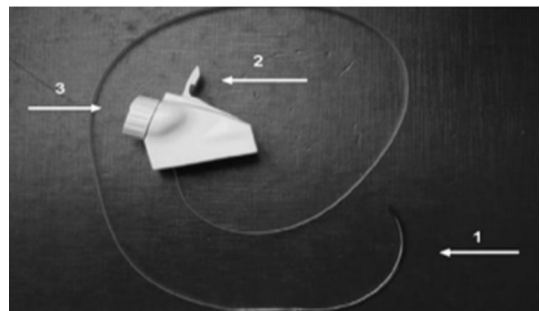


图8 一种牵张装置。1:金属针;2:安全钩;3:旋转旋钮

2008年,Medina等<sup>[20]</sup>报道了使用一种子弹型的不锈钢伤口闭合工具(图9)在骨-筋膜室综合征中的使用经验,该装置通过缝线将皮缘链接,通过旋转装置内筒牵拉缝线使皮缘向中间聚拢。



图9 一种子弹型的不锈钢伤口闭合工具

2012年,Topaz等<sup>[21]</sup>研制了TopClosure® 3S系统(图10),该装置与皮肤的固定方式可以选择有创或无创,分别使用胶黏剂、订书钉和手术缝线,可在术前或术后使用。此装置的主要特点是提供张力部位远离皮缘,有效避免了皮缘在牵拉过程中造成的缺血、坏死等并发症的发生。

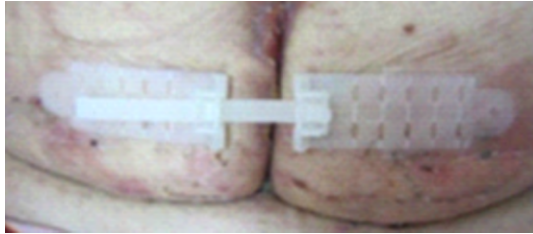


图10 TopClosure® 3S系统

2013年,郭永成等<sup>[22]</sup>设计了儿童并指牵张器(图11),用来解决儿童并指手术中皮肤不足的问题。通过克氏针将指骨和类圆规装置固定,通过调节装置逐渐使装置成角扩大,扩大三角皮瓣,直到生成足够的皮肤。该牵张装置设计时并非用于伤口闭合,而是用于皮肤扩张,但其设计思路可用于隐蔽部位组织缺损的牵张处理,因其牵张装置可紧贴皮肤完全置于伤口一侧,对操作空间要求较小。

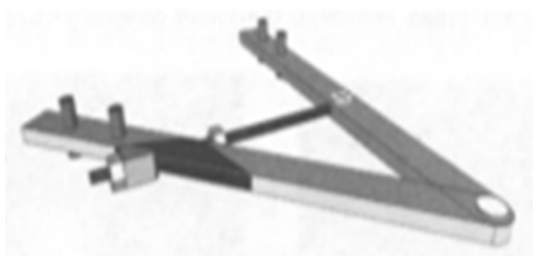


图11 儿童并指牵张器

2013年,马志军等<sup>[23]</sup>自主研制了皮肤牵张器(图12)并进行了实验研究,该装置可直观地观察创面和周围组织的变化,因牵张装置与创面之间有充足的空间,进行一些类似换药操作时不需要解除牵张装置,保证了在牵张过程中存在持续牵引,避免中断牵引后再次牵引所造成的困难。



图12 可直观地观察创面和周围组织变化的皮肤牵张器

2015年,党正杰等<sup>[24]</sup>设计了一款皮肤牵拉器(图13),该装置不需要穿钢针,通过将固定板的排针插入皮肤传导力的作用,但其拉力不容易掌握,与穿引克氏针提供拉力传导的牵张装置相比较,此装置的细小排针与皮肤接触时容易因拉力不当而造成皮肤撕裂,其优势为使用简单、方便。

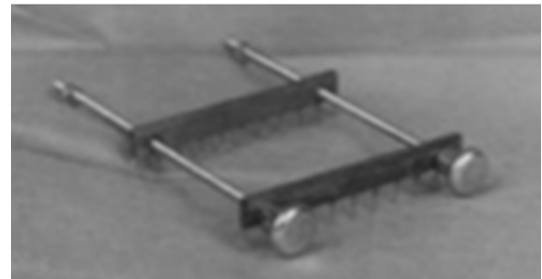


图13 利用皮肤弹性牵张法治疗足跟后皮肤缺损

2015年,倪国骅等<sup>[25]</sup>报道了利用皮肤弹性牵张法治疗足跟后皮肤缺损(图14),该方法简便、易行,与其他牵张装置不同的地方是由硅橡胶引流管提供张力,此牵张力为弹性张力,不同于其他金属装置提供的机械张力,使局部组织有更好的适应过程,也更符合生物力学特征,更有利于创面愈合。



图14 利用皮肤弹性牵张法治疗足跟后皮肤缺损

2016年,王叶武等<sup>[26]</sup>应用自制硅胶线牵张技术(图15),在治疗四肢较大的皮肤软组织缺损方面获得了满意的效果。该方法利用无菌手套边的橡皮筋,以系鞋带的方式穿过提前在创缘打好的皮肤孔,形成弹性的橡皮筋网,进行创缘持续牵引的报道,也起到了很好的牵引效果。

2017年,Song等<sup>[27]</sup>报道了新型拉杆式皮肤牵张器(图16)。(1)钩子模块:三钩针单元可以通过一个连接销插入针的顶端孔进行组装;(2)持针器:这些持针器可以通过凹槽接合针;(3)弹簧模块:为了显示在伤口边缘的张力,有3个音阶分别代表低、

中、高张力;(4)针杆:当设备显示张力较小时,伤口可以安全地关闭针杆,沿杆推动弹簧模块和针夹,针可以接近在一起。



图15 自制硅胶线牵张技术治疗四肢较大的皮肤软组织缺损

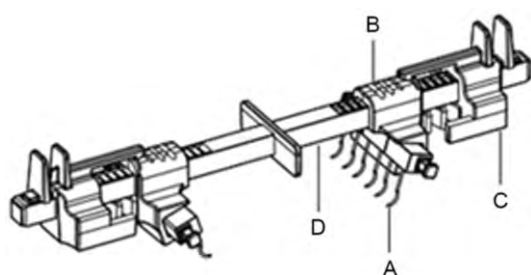


图16 新型拉杆式皮肤牵张器。A:钩子模块;B:持针器;C:弹簧模块;D:针杆

随着临床工作者对皮肤牵张器的需求和企业对产品研发的不断投入,目前已有商业化的产品进入市场,并在文献中报道了其在临床使用过程中的有效性,如以色列 Topaz 等<sup>[21]</sup>发明的 TopClosure® 3S 系统和 Song 等<sup>[27]</sup>报道的拉杆式皮肤牵张器。

### 三、皮肤牵张器在各专业的应用情况

皮肤牵张器在火器伤中的应用研究认为,因伤后组织水肿等问题存在,清创后2d内牵张易引起牵张处皮缘豁裂,清创后2~3d为牵张最佳时间,时间延迟则感染风险加大<sup>[28]</sup>。在儿童并指手术方面,使用皮肤牵张器可以解决并指手术中皮肤不足的困扰,能够避免皮肤移植和植皮的并发症如皮瓣坏死、神经和血管损伤、二处创伤等发生,明显缩短手术及患者住院时间<sup>[22]</sup>。在四肢骨折合并皮肤软组织缺损方面,经皮肤牵张器治疗愈合的伤口经1~2年随访,患肢感觉、功能、外观恢复良好,四肢活动自如,无肌肉挛缩现象。在骨-筋膜室综合征减压切口治疗方面,皮肤牵张法早已得到应用,经回顾性分析4年间16例患者使用克氏针间断穿入使皮缘固定硅胶管提供张力的方法,使患者均得到了良好的救治<sup>[29]</sup>。在保留肢体残端关节的研究中,截肢后自身关节的保留使得关节或关节近端肌肉附着点得到保留,可以让安装假肢获得更多的功能<sup>[30]</sup>。对

于压疮患者,传统的皮瓣技术存在术后易感染、局部血运差、经常更换体位或持续负重等易造成皮瓣缺血或松动而导致手术失败等情况,经彻底清创后使用皮肤牵张闭合器可以避免以上风险并达到满意的愈合效果<sup>[31]</sup>。在足跟后皮肤缺损治疗方面,既往使用皮瓣的方法虽能满足缺损创面覆盖问题,但有时皮瓣臃肿需要行二次手术修整,使用皮肤弹性牵张法可以达到1次愈合目的<sup>[25]</sup>。

### 四、在治疗过程中与负压封闭引流技术的联合使用

在创面治疗的研究中证实<sup>[32]</sup>,皮肤牵张器与负压封闭引流技术两种方法联合使用在缩小创面面积方面有叠加作用;相对于单用负压封闭引流技术而言,联合使用皮肤牵张器并未减弱负压封闭引流技术防治创面感染的作用。有报道显示,使用橡皮筋持续牵张结合负压封闭引流技术治疗皮肤软组织缺损,优点为橡皮筋可以适用于创缘不整齐的创口,术后无需每天调整牵张压力,创面处于全封闭状态,既可冲洗又可引流,创面不易感染<sup>[33]</sup>。

### 五、使用皮肤牵张器的益处

操作方法简便、快捷,使患者病程缩短,费用相对较低。避免了内扩张器置入及二次手术所造成的风险,在无张力下直接缝合,快速关闭创面。避免皮片或皮瓣移植术后遗留多处瘢痕,不需要考虑供皮区的创面处理问题。愈合后形成线状瘢痕,局部皮肤质量好,对美观影响小。最新研究显示,在4kg安全拉力下皮缘愈合情况受皮缘血运影响更大而非皮缘张力,故皮肤牵张器既可降低张力又可保护皮缘完整的血供<sup>[24]</sup>。皮肤牵张器对传统植皮和游离皮瓣移植技术有完全取代趋势,游离皮瓣软组织缺损大,需要吻合血管,供皮瓣区需要做植皮术,手术后需要使用功能性敷料以及活血抗凝解痉药物,使用皮肤牵张器可以减轻患者的经济和医疗负担。

### 六、使用皮肤牵张器的禁忌证和不足

1. 禁忌证:软组织挫伤严重,局部血运差;局部组织处于急性炎症期,肿胀明显,组织较脆者;皮肤条件差,如皮肤萎缩等;活动性出血伤口,未彻底止血者;患有可影响伤口正常愈合的全身性疾病,如糖尿病等;创面原致病因素未彻底去除,如压疮患者无法解除局部受压状态;局部存在新的影响创面愈合的因素,如处于放疗照射部位又无法终止放疗时。

2. 不足:皮肤牵张器尤其适用于躯干和四肢,在某些情况下使用会受到一定的限制,如由于对美观的要求,颜面部因过度牵拉会产生形变;局部组织坚韧,不易被牵拉或对机械牵拉代偿较弱的部位,如头皮帽状腱膜、足跟等;创面缺损过大对创面覆盖有时

间限制,要求即刻完成创面覆盖,无法等待皮肤牵张器逐渐闭合创面的过程;特殊部位由于过度牵拉可能会压迫血管神经;较隐蔽和狭窄的部位无法满足放置牵张器所需要的空间。

#### 七、使用皮肤牵张器可能遇到的问题

对不规则伤口,首先确定创面长轴,将不规则伤口修剪为规则伤口,或采用多个牵张器分别进行牵张。据研究报道,皮肤受牵张影响长度延伸在牵张后24 h最明显,面积增加在牵张后72 h最明显,前者主要来源于皮下组织移位,后者为真正意义的皮肤延伸,可以根据不同创面大小及周围组织活动度采取不等的牵张时间<sup>[30]</sup>。研究报道,在牵引力大小选择方面,在充分保证皮缘血运的情况下不会导致纤维断裂,增加的皮肤面积主要以机械蠕变为主而非生物蠕变,因此,牵引力大小以皮缘血运情况及疼痛耐受度为标准<sup>[14]</sup>。注意观察创面皮缘,若发现较严重的皮肤颜色改变时要延缓牵张或及时减轻张力,牵张张力以不引起皮缘苍白为宜。四肢使用皮肤牵张器时,若张力过大会造成患肢肿胀,此时可以适当使用消肿药物,严重时会影响四肢远端血液循环,必须减小牵张张力以保证血运。使用皮肤牵张器时往往会造成创面换药不便,一定要注意无菌操作,根据伤口情况决定抗生素应用时间。目前也有自行设计的皮肤牵张器报道,可以克服其给换药及观察伤口带来的不便<sup>[34]</sup>。研究证实,伸展术后3周左右皮肤增生最明显,通过测定被扩张皮肤的血液循环情况判定皮肤质量是否下降;是否延迟拆线主要根据皮缘具体愈合情况而定,与皮肤是否被扩张没有直接关系<sup>[35]</sup>。

#### 八、关于皮肤牵张器发展的期望

在目前各医疗领域都在追求微创操作的大背景下,虽然皮肤牵张器主要用于较大面积的皮肤软组织缺损,满足了组织缺损覆盖的要求,而且术后微小的瘢痕将是人们追求的另一个目标。首先要避免牵张装置对皮肤造成的二次损害如皮肤撕裂,因此安装牵张装置时应减少有创性操作。目前已存在无创性牵张装置,但其主要是依靠胶黏剂将装置固定于皮肤,此种胶黏剂能承受的拉力有限,若一味地增加胶的黏力可能同样会损伤皮肤,当然可能有部分患者会对接触皮肤的胶黏剂过敏。在提供牵张力方面,以往的装置往往是通过操作者对装置拉力的调节和对皮肤的观察来调整牵引装置的松紧,能否有一装置提供恒定的拉力供使用,不需要去调节其松紧,也不会因为组织松弛后降低牵张效果。装置的小型化也将是发展趋势,这样就不会影响部分患者的日常生活。

#### 参 考 文 献

- [1] Johnson PE, Kernahan DA, Bauer BS. Dermal and epidermal response to soft-tissue expansion in the pig [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1988, 81(3): 390-397.
- [2] Austad ED, Pasyk KA, McClatchey KD, et al. Histomorphologic evaluation of guinea pig skin and soft tissue after controlled tissue expansion [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1982, 70(6): 704-710.
- [3] Pavletic MM. Use of an external skin-stretching device for wound closure in dogs and cats [J]. *J Am Vet Med Assoc*, 2000, 217(3): 350-354, 339.
- [4] 范志宏,崔磊,钱云良,等. 扩张后皮肤组织自身修复过程动态观察的实验研究 [J]. *中华医学美容杂志*, 1998, 4(2): 22-24.
- [5] 舒茂国,郭树忠. 机械牵拉细胞培养方法与机械应力对培养细胞影响的研究进展 [J]. *中国美容医学*, 2001, 10(5): 443-446.
- [6] 李江,鲁开化,艾玉峰,等. 扩张后皮肤软组织收缩机理的实验研究 [J]. *中华整形外科杂志*, 2002, 18(3): 173-174.
- [7] 孙志刚,郭树忠,鲁开化,等. 皮肤伸展术后皮肤组织形态学变化 [J]. *中国美容医学杂志*, 2000, 9(2): 91-93.
- [8] 孙志刚,郭树忠,鲁开化. 皮肤伸展术后皮肤超微结构的变化 [J]. *创伤外科杂志*, 2004, 6(2): 94-96.
- [9] Barrer S, Pavlides CA, Matsumoto T. Ideal laparotomy closure: comparison of retention sutures with new retention bridging devices [J]. *Am Surg*, 1976, 42(8): 582-584.
- [10] Bashir AH. Wound closure by skin traction: an application of tissue expansion [J]. *Br J Plast Surg*, 1987, 40(6): 582-587.
- [11] Stahl S, Har-Shai Y, Hirshowitz B. Closure of wounds in the upper extremity using a skin stretching device [J]. *J Hand Surg Br*, 1996, 21(4): 534-537.
- [12] Blomqvist G. [ETE (External Tissue Expansion): a new method for external tissue extension] [J]. *Ann Chir Plast Esthet*, 1996, 41(5): 577-581.
- [13] 周黎安,桂斌,查元坤,等. 皮肤伸展器的研制及临床应用 [J]. *中华整形烧伤外科杂志*, 1996, 12(3): 193-195.
- [14] 张德,丘宏伟,黄耀斌,等. 皮肤伸展术在修复肢体创伤性皮肤缺损中的应用 [J]. *中华创伤杂志*, 2002, 18(3): 152-154.
- [15] 王森林,郑季南,徐新华,等. 简易皮肤伸展术即刻修复四肢软组织缺损 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2002, 16(6): 391-392.
- [16] 李江,王标,陈明福,等. 微型皮肤牵张器的研制及临床应用 [J]. *中华整形外科杂志*, 2003, 19(2): 150.
- [17] 王春萍,翟明玉. 自制皮肤牵张带在关闭骨筋膜室减压中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2004, 12(12): 947-948.
- [18] 王振威,徐建高,张敏健. 皮肤牵张带治疗骨筋膜室减压皮肤缺损伤口 [J]. *生物骨科材料与临床研究*, 2006, 3(1): 30-31.
- [19] Barnea Y, Gur E, Amir A, et al. Delayed primary closure of fasciotomy wounds with Wisebands, a skin-and soft tissue-stretch device [J]. *Injury*, 2006, 37(6): 561-566.
- [20] Medina C, Spears J, Mitra A. The use of an innovative device for wound closure after upper extremity fasciotomy [J]. *Hand (N Y)*, 2008, 3(2): 146-151.
- [21] Topaz M, Carmel NN, Silberman A, et al. The TopClosure® 3S System, for skin stretching and a secure wound closure [J]. *Eur*

- J Plast Surg, 2012, 35(7): 533-543.
- [22] 郭永成, 陆亚东, 贺盼盼, 等. 儿童并指皮肤牵张器在临床的应用[J]. 河南外科学杂志, 2013, 19(2): 17-19.
- [23] 马志军, 毕龙, 杨涛, 等. 新型持续皮肤牵张器促进皮肤创面愈合的实验研究[J]. 现代生物医学进展, 2013, 13(29): 5649-5652.
- [24] 党正杰, 张宝泉, 王守峰, 等. 实用新型皮肤牵拉器的临床应用[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(43): 7047-7052.
- [25] 倪国骅, 吴学健, 张德洪, 等. 皮肤弹性牵张法治疗足跟后皮肤缺损[J]. 中华整形外科杂志, 2015, 31(5): 375-376.
- [26] 王叶武, 金玉梅, 张勇, 等. 自制硅胶线皮肤牵张技术在皮肤软组织缺损中的临床效果[J]. 实用骨科杂志, 2016, 22(11): 1048-1051.
- [27] Song M, Zhang Z, Liu T, et al. EASApprox<sup>®</sup> skin-stretching system: A secure and effective method to achieve wound closure [J]. Exp Ther Med, 2017, 14(1): 531-538.
- [28] 孙志刚, 郭树忠, 鲁开化, 等. 皮肤伸展术在火器伤中应用时机的研究[J]. 华北国防医药, 2003, 15(3): 156-158.
- [29] 倪国骅, 吴学建, 张德洪, 等. 皮肤弹性牵张法闭合小腿骨筋膜室高压减压切口[J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24(4): 382-384.
- [30] 郭庆山, 沈岳, 宗兆文, 等. 皮肤牵张术保留肢体残端关节的临床研究[J]. 重庆医学, 2010, 39(9): 1066-1068.
- [31] 罗志勇. 皮肤牵张闭合器在治疗褥疮创面中的体会[J]. 中国现代药物应用, 2013, 7(19): 51-52.
- [32] 李军, 欧阳军, 夏晶晶. 负压伤口治疗技术联合皮肤牵张器在皮肤软组织缺损中的应用[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2016, 30(5): 483-485.
- [33] 鲁开化, 马显杰. 进一步提高皮肤扩张术的修复质量[J]. 实用美容整形外科杂志, 2001, 12(6): 281-282.
- [34] 马志军, 毕龙, 杨涛, 等. 新型持续皮肤牵张器促进皮肤创面愈合的实验研究[J]. 现代生物医学进展, 2013, 13(29): 5649-5652.
- [35] 王大为, 张明利, 屈志刚, 等. 皮肤外扩张后血循环监测的实验研究[J]. 第二军医大学学报, 1996, 17(2): 170-173.

(收稿日期: 2018-11-03)

(本文编辑: 蒋妍妍)

贾赤宇, 周克强. 皮肤牵张器的发展及应用[J/CD]. 中华损伤与修复杂志(电子版), 2018, 13(6): 425-431.