

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.07.009

[http://www.crter.org]

田宝祥, 刘凤彬, 杨雄, 蔺海龙, 刘洋, 樊华, 魏纯琳. 扩张皮肤移植后的生物力学变化[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(7):1185-1188.

扩张皮肤移植后的生物力学变化

田宝祥, 刘凤彬, 杨雄, 蔺海龙, 刘洋, 樊华, 魏纯琳

吉化集团公司总医院烧伤整形科(北华大学第二附属医院), 吉林省吉林市 132022

文章亮点:

1 狗的皮肤特性特别是生物力学特性同人类最接近, 所以将狗作为实验模型, 展开了皮肤移植后生物力学改变的研究实验, 更接近临床数据。

2 通过观察皮肤扩张移植后不同时间移植 3 周, 6 周, 3 个月, 6 个月皮肤应力-应变、应力松弛、极限抗拉强度的测试, 结果证明经过扩张后, 皮肤的黏弹性、强度发生明显降低, 黏弹性可在移植后 6 个月恢复, 强度恢复较慢。

关键词:

组织构建; 组织构建与生物力学; 皮肤移植; 生物力学; 皮肤黏弹性; 扩张器; 皮肤应力; 应力松弛; 抗拉强度

摘要

背景: 应用皮肤软组织扩张器植入正常的皮肤软组织下, 通过增加扩张器内的容量, 对皮肤表面软组织产生压力, 使其扩张产生“额外”的皮肤软组织, 已成为皮肤组织工程研究领域的基本技术手段。

目的: 通过狗皮肤扩张移植模型了解扩张皮肤在移植后的近期和远期的变化规律。

方法: 随机抽取 12 只成年狗, 在其背部置入 150 mL 的 4 个扩张器, 其中 2 个不扩张进行对照。测试扩张不同时间后皮肤应力-应变、应力松弛、极限抗拉强度的结果, 并对比分析测定结果。

结果与结论: 经过扩张, 皮肤的黏弹性、强度发生明显降低, 黏弹性可在移植后 6 个月恢复, 强度恢复较慢。在行皮肤移植后, 生物力学的变化仅为暂时现象, 可以恢复至正常, 临床应给予关注。

田宝祥, 男, 吉林省舒兰市人, 汉族, 1992 北华大学医学院毕业, 副主任医师, 主要从事烧伤整形方面的研究。

tianbaoxiang68@163.com

通讯作者: 蔺海龙, 副主任医师, 吉化集团公司总医院(北华大学医学院第二附属医院)烧伤整形科, 吉林省吉林市 132022
linhailong1977@sina.com

中图分类号:R318

文献标识码:B

文章编号:2095-4344

(2013)07-01185-04

收稿日期: 2012-10-16

修回日期: 2013-01-10

(20111216012/D·W)

Biomechanical changes following expanded skin grafting

Tian Bao-xiang, Liu Feng-bin, Yang Xiong, Lin Hai-long, Liu Yang, Fan Hua, Wei Chun-lin

Department of Burn and Plastic Surgery, General Hospital of Jilin Chemical Group Corporation, Second Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin 132022, Jilin Province, China

Abstract

BACKGROUND: A skin soft tissue dilator is implanted into the normal skin, generating pressure to expand the skin soft tissue to produce “extra” skin soft tissues by increasing the capacity within the dilator. This technique has become a basic method in skin tissue engineering.

OBJECTIVE: To establish a dog model of expanded skin grafting and to observe the short-term and long-term regular patterns following skin expansion and grafting.

METHODS: Twelve adult dogs were randomly selected. Four dilators of 150 mL, two of which did not work as controls, were implanted into the back of dogs. Skin stress-strain, stress relaxation, and ultimate tensile strength were detected and compared at different periods after skin expansion.

RESULTS AND CONCLUSION: The skin viscoelasticity and intensity reduced significantly after skin expansion. The viscoelasticity could restore the normal value within 6 months, and the intensity, however, had a slower recovery. As biomechanical changes occur provisionally and can be restored after skin grafting, a more attention should be paid in clinic.

Tian Bao-xiang, Associate chief physician, Department of Burn and Plastic Surgery, General Hospital of Jilin Chemical Group Corporation, Second Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin 132022, Jilin Province, China
tianbaoxiang68@163.com

Corresponding author: Lin Hai-long, Associate chief physician, Department of Burn and Plastic Surgery, General Hospital of Jilin Chemical Group Corporation, Second Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin 132022, Jilin Province, China
linhailong1977@sina.com

Received: 2012-10-16
Accepted: 2013-01-10

Key Words: tissue construction; tissue construction and biomechanics; skin grafting; biomechanics; skin viscoelasticity; dilator; skin stress; stress relaxation; tensile strength

Tian BX, Liu FB, Yang X, Lin HL, Liu Y, Fan H, Wei CL. Biomechanical changes following expanded skin grafting. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2013;17(7): 1185-1188.

0 引言

对于人体而言皮肤是一个相对比较特别的器官, 皮肤的主要作用为屏障、调节体温、感觉、排泄、分泌、维持内环境稳定、参与免疫反应等^[1-2]。目前在临床上皮肤软组织扩张为利用在正常的皮肤组织下对扩张器进行有效埋置, 同时定期展开注水扩张, 从而可以获得多余皮肤组织的一种方法。对新增加的皮肤组织转移覆盖创面予以充分利用的过程被临床视为移植。因软组织扩张术能够对与邻近缺损区色泽、质地和厚度相似的皮肤组织予以提供, 不会轻易出现产新的瘢痕, 目前其为临床整形外科的一项应用十分广泛的修复手段^[3-4]。现阶段有诸多学者对皮肤软组织扩张后的组织学、生理学、物理特性等发生的改变进行了大量的临床研究, 并获得一定的成效^[5]。本次实验对12只成年狗展开了扩张后皮肤生物力学的改变对比研究, 拟对皮肤移植后的生物力学变化进行观察, 为今后的临床研究提供可靠的参考依据。

1 材料和方法

设计: 动物实验, 生物力学分析。

时间及地点: 于2011年9月至2012年10月在北华大学第二附属医院完成。

材料:

实验动物: 纳入健康成年狗12只, 体质量13-17 kg, 平均(15.3±5.8) kg, 雌雄各半, 实验过程中对动物的处置符合医学伦理学标准。

皮肤软组织扩张器: 临床上应用的扩张器主要是由硅橡胶材料制成的可控扩张器, 由扩张囊、注射壶及连接导管3部分组成: ①注射壶直径1.0-2.0 cm, 基底有金属片以防止穿刺过深或穿破, 壶内有特制的单向或双向活瓣, 液体注入后能自行关闭, 不致从针孔外溢。②连接导管直径约3 mm, 长5-15 cm不等。③扩张囊是扩张器的主体, 按形状可分为圆形、椭圆形、肾形、半月形、矩形、圆柱形等, 其大小为10-800 mL的多种不同规格。实验应用150 mL矩形扩张器, 购于余姚市久盛硅橡胶制品厂。

实验方法:

扩张器的植入: 12只成年狗诱导麻醉后, 平行于脊柱背部一侧分别置入150 mL扩张器2个, 同时对侧植入2个不预扩张的进行对照。扩张组扩张器内予以每周注水, 每次注水量在20-30 mL, 8周完成皮肤扩张后将扩张器取出。扩张组: 切取扩张后皮肤标本后形成同基底大小一致的皮瓣原位移植; 对照组: 一侧切取皮肤标本直接缝合, 另一侧则是取出扩张器后进行皮瓣原位缝合, 对以上两组进行远期观察^[6-7]。

分时间点测试: 12只狗随机数字表法均分成4组($n=3$), 分别在皮肤移植后的3周, 6周, 3个月, 6个月时每组取3块大小为1 cm×4 cm的扩张部位皮肤试件进行应力-应变、应力松弛以及极限抗拉强度测定, 而后对比测定结果^[8]。

主要观察指标:

应力-应变关系实验: 在实验机的上下夹头上将长条形皮肤试件进行妥善固定, 并按照一定的速度(20 mm/min)进行拉伸, 得到样品的力-伸长($F-\Delta L$)曲线。而后在所得的曲线上对若干实验点进行选取, 分别对应力($\sigma=F/A$, A 为试件的横截面积)及应变($\epsilon=\Delta L/L_0$, L_0 为试件初始

长度)展开准确计算, 并对应力-应变曲线予以绘制, 而后通过公式 $\sigma = \alpha(\varepsilon - \varepsilon_m)\beta$ 对参数 α 值进行准确的计算^[9]。

应力-松弛特性实验: 以一定速度 (500 mm/min)将扩张试件由原长拉伸到特定的伸长比($\lambda=1.8$)之后保持不变, 坚持20 min, 通过Instron 材料实验机的X-Y记录仪对松弛曲线进行准确绘制。以归一化松弛理论展开后期的分析处理, 最终获得归一化的松弛曲线^[10]。

极限抗拉强实验: 将所得实验试件剪成哑铃状, 在材料实验机上进行妥善的固定, 并在20 mm/min的速度下对其进行拉伸, 直到切断为止, 连接实验机的电脑记录仪能够对试件拉伸破坏曲线予以准确绘出, 而后依照所得曲线对试件的极限抗拉强度进行计算^[9]。

统计学分析: 所得数据采用SPSS 14.0统计学软件进行处理分析, 针对计数资料和组间对比分别进行 t 检验和 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 实验动物数量分析 纳入成年狗12只均进入结果分析。

2.2 应力-应变检测结果 经统计发现, 在扩张之后皮肤试件 α 值相对于对照组发生明显增加($P < 0.05$), 然在移植后, 随着试件的延长, α 值也随之发生降低, 在6个月后, 扩张组和对照组 α 值差异无显著性意义($P > 0.05$), 见表1。

表 1 狗背部扩张皮肤移植后皮肤试件 α 值比较结果

Table 1 α values of skin specimens following skin expansion in dogs

时间	扩张组	对照组	P
扩张后	286.8	160.9	< 0.05
移植3周	257.3	147.8	< 0.05
移植6周	238.8	141.7	< 0.05
移植3个月	130.7	106.1	< 0.05
移植6个月	103.1	99.2	> 0.05

注: 扩张之后皮肤试件 α 值相对对照组明显增加($P < 0.05$), 但随着移植时间的增加, 试件的延长, α 值逐渐降低, 移植 6 个月后, 两组 α 值差异无显著性意义($P < 0.05$)。

2.3 应力-松弛特性测试结果 经对比发现, 扩张组的G(t)曲线较对照组发生明显降低, 这一结果证实同样的松弛时间内扩张组的试件松弛程度比对照组大($P < 0.05$), 相对于对照组松弛更加充分。在移植后, 随着时间的延长, 扩张组松弛程度发生明显的降低, 与对照组之间的差距逐渐变小。在6个月后, 扩张组和对照组之

间差异无显著性意义($P > 0.05$), 见表2。

表 2 狗背部扩张皮肤移植后皮肤试件 20 min 的应力松弛程度占初始应力的百分比

Table 2 Percentage of stress relaxation degree accounting for initial stress within 20 min after skin expansion (%)

时间	扩张组	对照组	P
扩张后	47.5	36.2	< 0.05
移植3周	44.7	31.3	< 0.05
移植6周	44.2	39.4	< 0.05
移植3个月	36.4	29.9	< 0.05
移植6个月	34.3	33.1	> 0.05

注: 扩张组的试件松弛程度大于对照组, 随着时间的延长, 扩张组松弛程度发生明显的降低, 与对照组的差距逐渐变小。在 6 个月后, 扩张组和对照组之间差异无显著性意义($P < 0.05$)。

2.4 极限抗拉强度实验结果 经试验发现, 不同个体皮肤的极限抗拉强度之间存在较大的差异。然而同对照组进行比较发现, 皮肤在扩张后极限抗拉强度发生明显下降($P < 0.05$)。在移植后皮肤强度会随着时间的延长而得到逐渐的增加, 同对照组之间的差异也在逐渐的缩小, 在移植后6个月, 扩张组仍低于对照组, 但两组差异无显著性意义($P > 0.05$), 见表3。

表 3 狗背部扩张皮肤移植后皮肤试件极限抗拉强度对比

Table 3 Comparison of ultimate tensile strength of skin specimens following skin expansion in dogs

时间	扩张组	对照组	P
扩张后	5.66	8.35	< 0.05
移植3周	5.58	7.32	< 0.05
移植6周	5.31	6.59	< 0.05
移植3个月	5.42	6.21	< 0.05
移植6个月	3.28	3.51	> 0.05

注: 与对照组比较发现, 皮肤在扩张后极限抗拉强度发生明显下降($P < 0.05$); 移植后皮肤强度会随着时间的延长而逐渐增加, 两组之间的差异逐渐缩小, 移植后 6 个月, 扩张组仍低于对照组, 但两组差异无显著性意义($P > 0.05$)。

3 讨论

曾有学者对豚鼠、鼠、狗以及猪等动物扩张后皮肤的生物力学、组织学改变等进行了深入的研究, 经过同人的皮肤进行对比之后得知, 狗的皮肤特性特别是生物力学特性同人类最接近^[11]。在本次研究中以此为依据将狗作为实验模型, 展开了皮肤移植后生物力学改变的研究实验。临床上评价皮肤黏弹性的重要指标中以皮肤软组织的应力-应变关系最为显著, 同样的应力下, 发生形

变越大者,则显示出皮肤的黏弹性也就越强。在实验过程中,扩张皮肤应力-应变曲线的 α 值的大小能够反映出同一应力下,形变的程度,以及黏弹性的改变,表现为 α 值越大,皮肤的黏弹性越低。实验中扩张组皮肤黏弹性相对于对照组,则发生明显降低,且在皮肤移植后随着时间的延长,黏弹性逐渐恢复,在6个月后与对照组差异无显著性意义($P > 0.05$),这与相关文献报道结果基本一致^[12]。这一结果也充分说明,扩张皮肤在进行移植后,皮肤的黏弹性会逐渐的恢复,一般在能够6个月后恢复至正常^[13]。

在评价皮肤黏弹性的指标中,皮肤的应力松弛特性同样具有重要地位,在皮肤得到扩张之后便会发生组织形变,面积发生扩增,从而增加了扩张器表面的张力。在移植后皮肤会随着时间的延长而变得越发的松弛,导致应力不断降低^[14]。在本次实验中,通过对比分析发现,20 min后皮肤试件的应力能够得到基本的稳定,因此实验采取20 min作为皮肤的松弛时间^[15]。经统计发现,在皮肤扩张后,应力-松弛曲线相对于对照组发生明显降低,这一结果证实,在同样的松弛时间内扩张皮肤的松弛会较未扩张皮肤更加的充分,且松弛程度也会更大,这一结果也充分证实了皮肤经扩张后会降低黏弹性。然实验还表现出,在移植后,会随着时间的延长,皮肤试件的应力松弛特性会逐渐恢复正常^[16]。实验还证实,皮肤的极限抗拉强度在皮肤扩张后发生明显降低,同样也能够移植后,随着时间的延长而得以恢复,这一点值得临床给予关注。

作者贡献: 第一作者进行实验设计,第二至七作者进行实施,通讯作者进行实验评估,资料收集为第一作者,第一作者成文,通讯作者审校,第一作者对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 实验过程中对动物的处置应符合2009年《Ethical issues in animal experimentation》相关动物伦理学标准的条例。

作者声明: 文章为原创作品,数据准确,内容不涉及泄密,无一稿两投,无抄袭,无内容剽窃,无作者署名争议,无与他人课题以及专利技术的争执,内容真实,文责自负。

4 参考文献

- [1] Yang Q, Li XL, Zhang Y. Guoji Shengwu Yixue Gongcheng Zazhi. 2012,35(5):308-311.
杨青,李秀兰,张扬,等.毛囊干细胞的研究进展[J].国际生物医学工程杂志,2012,35(5):308-311.
- [2] Hu H, Sun G, Zhang Z, et al. Long-term changes after transplantation of expanded skin in dogs. Zhonghua Zheng Xing Wai Ke Za Zhi. 2002;18(3):175-176.
- [3] Bayat M, Chelcheraghi F, Piryaei A, et al. The effect of 30-day pretreatment with pentoxifylline on the survival of a random skin flap in the rat: an ultrastructural and biomechanical evaluation. Med Sci Monit. 2006;12(6):BR201-207.
- [4] Zhao JY, Chai JK, Song HF, et al. Effects of hyaluronic acid on biomechanical performance of porcine acellular dermal matrix plus thin skin autograft after transplantation. Zhonghua Yi Xue Za Zhi. 2012;92(24):1719-1722.
- [5] Han YD, Liu L. Guoji Pifu Xingbingxue Zazhi. 2007,11(23):340-342.
韩跃东,刘玲.组织工程皮肤的临床应用[J].国际皮肤性病学期刊,2007,11(23):340-342.
- [6] Zhang ZW, Sun GC, Yu HY. Zhongguo Meirong Yixue. 2010;9(23):247-250.
张正文,孙广慈,俞海燕.扩张皮肤生物学转归的临床观察[J].中国美容医学,2010,9(23):247-250.
- [7] Zhang ZW, Lu W. Linchuang Yixue. 2010,20(23):1-2.
张正文,卢伟.扩张皮肤移植后的组织学转归[J].临床医学,2010,20(23):1-2.
- [8] Zhang ZW, Zhai HF, Kang SS, et al. Zhongguo Meirong Yixue. 2006,23(03):183-185.
张正文,翟弘峰,康深松,等.扩张皮肤移植后的生物力学变化[J].中国美容医学,2006,23(03):183-185.
- [9] Zhang EP, Li XY, Wang SJ, et al. Hangtian Yixue yu Yixue Gongcheng. 2005;18(4):276-280.
张恩平,李晓阳,王淑杰,等.扩张皮片游离移植后远期生物力学特性的研究[J].航天医学与医学工程,2005,18(4):276-280.
- [10] Zeng YJ, Xu CQ, Yang J, et al. Biomechanical comparison between conventional and rapid expansion of skin. Br J Plast Surg. 2003;56(7):660-666.
- [11] Zhang J, Zeng YJ, Huang K, et al. Zhongguo Shengwu Yixue Gongcheng Xuebao. 2009;21(02):196-197.
章晶,曾衍钧,黄昆,等.扩张皮肤移植后的生物力学特性[J].中国生物医学工程学报,2009,21(02):196-197.
- [12] Bartell TH, Mustoe TA. Animal models of human tissue expansion. Plast Reconstr Surg. 1989;83(4):681-686.
- [13] Zhao R, Zhang GA. Zhonghua Shaoshang Zazhi. 2012;28(4):306-306.
赵冉,张国安.内窥镜辅助下组织扩张器置入术在面颈部烧伤瘢痕重建中的应用[J].中华烧伤杂志,2012,28(4):306-306.
- [14] Ibrahim AE, Debbas CC, Dibo SA, et al. Reverse tissue expansion by liposuction deflation adopted for harvest of large sheet of full-thickness skin graft. Ann Burns Fire Disasters. 2012;25(2):98-101.
- [15] Biedermann T, Böttcher-Haberzeth S, Klar AS, et al. build, restore, reinnervate: do human tissue engineered dermo-epidermal skin analogs attract host nerve fibers for innervation? Pediatr Surg Int. 2013;29(1):71-78.
- [16] Zhu F, Liu Y, Li XJ, et al. Zhongguo Meirong Yixue. 2011;22(08):1091-1093.
朱飞,刘焯,李小静,等.封闭负压引流技术结合邻近皮瓣转移修复难治性组织缺损[J].中国美容医学,2011,22(08):1091-1093.