

摘 要

目的:

利用激光散斑对比成像(LSCI)技术观测创面的血流灌注情况,探讨人工真皮血管化程度对创面疗效的影响。

方法:

收集 2022 年 01 月至 2023 年 04 月南昌大学第一附属医院符合筛选条件的 27 例烧创伤患者临床资料,并行回顾性队列研究。根据 LSCI 测量的创面血流灌注值,9 例患者纳入低显像组[男 8 例、女 1 例,年龄(47.56±20.58)岁,人工真皮覆盖创面面积 60(45, 90) cm²]; 10 例患者纳入中显像组[男 5 例、女 5 例,年龄(41.80±14.74)岁,人工真皮覆盖创面面积 50(40, 92.5) cm²]; 8 例患者纳入高显像组[男 7 例、女 1 例,年龄(44.25±7.59)岁,人工真皮覆盖创面面积 40(22.5, 112.5) cm²]。比较三组患者植皮前 24h 内 ROI_{目标}值、人工真皮血管化时间、植皮后 7 天皮片成活率、住院时间、住院费用、术后 3 个月植皮区瘢痕 VSS 评分。定量数据:行正态性分布检验,正态分布数据以均数±标准差($\bar{x}\pm S$)表示,偏态分布或方差不齐数据以中位数和四分位数间距 M(P₂₅, P₇₅)表示。定性资料:用例(n)表示,进行多组率和构成比比较。利用 SPSS 27.0 软件分析数据。

结果:

1)植皮前 24h 内 ROI_{目标}值:低显像组为 120.53(103.68, 120.61)%、中显像组为 199.72(162.84, 251.40)%、高显像组为 352.10(346.98, 363.98)%; ROI_{目标}值(高显像组) > ROI_{目标}值(中显像组) > ROI_{目标}值(低显像组),差异具有统计学意义(P < 0.05)。

2)人工真皮血管化时间:低显像组为(16.0±6.7)天,中显像组为(15.6±3.02)天,高显像组为(23.25±6.45)天;中显像组与低显像组人工真皮血管化时间均短于高显像组,差异具有统计学意义(P < 0.05)。

3)植皮后 7 天皮片成活率:低显像组为(89.89±3.551)%、中显像组为(94.80±3.393)%、高显像组为(94.00±4.342)%;中显像组与高显像组植皮后 7 天

皮片成活率均高于低显像组，差异具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。

4)住院时间：低显像组为（ 55.11 ± 17.113 ）天，中显像组为（ 36.20 ± 7.239 ）天，高显像组为（ 42.38 ± 8.434 ）天。中显像组与高显像组住院时间均短于低显像组，差异具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。

5)住院费用：低显像组为（ 14.08 ± 9.08 ）万元，中显像组为（ 11.39 ± 7.75 ）万元，高显像组为（ 13.08 ± 11.18 ）万元；三组患者住院费用总体上接近，差异无统计学差异（ $F = 0.203$ ， $P = 0.817$ ）。

6)术后三个月瘢痕 VSS 评分：低显像组为 5（4.0，5.5）分，中显像组为 3（2.75，3.0），高显像组为 3.5（3.0，4.75）；中显像组植皮区 VSS 评分低于低显像组，差异具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。

结论：

LSCI 技术可能是有效评估人工真皮血管化程度的方法之一，有利于减少不必要的等待时间，指导人工真皮血管化完成后自体皮片移植的时机，并提升创面的愈合质量，具有良好的临床应用前景。

关键词：激光散斑对比成像技术；人工真皮；创面修复；血管化

ABSTRACT

Objective:

To observe blood perfusion on wounds by laser scatter contrast imaging (LSCI) technology, and exploring the effect of vascular degree on wound efficacy in burn wounds of artificial dermal.

Methods:

The clinical information of 27 burn trauma victims who qualified for screening were collected from the First Affiliated Hospital of Nanchang University from 01, 2022 to 04, 2023, in parallel with a retrospective cohort study. According to the trauma bloodstream perfusion scores measured by LSCI instrument, 9 patients were included in the low-visualization group [8 males and 1 female, age (47.56 ± 20.58) years, artificial dermal coverage trauma area 60 (45, 90) cm^2]; 10 patients were included in the middle-visualization group [5 males and 5 females, age (41.80 ± 14.74) years, artificial dermal coverage trauma area 50 (40, (92.5) cm^2]; 8 patients were included in the high-visualization group [7 males and 1 female, age (44.25 ± 7.59) years, artificial dermal coverage of 40 (22.5, 112.5) cm^2]. All patients of the three groups were compared in terms of the ROI_{gola} ratio within 24 hours before split skin grafting, the artificial dermis vascular period, the survival rate on 7th day after split skin grafting, the length of hospital stays, the hospitalization costs and the VSS scores for goal area within three months after the split skin grafting surgery. Quantitative data: Normality distribution tests were performed, with normally distributed data expressed as means \pm standard deviations ($\bar{x} \pm S$) and skewed or variance-deficient data expressed as median and interquartile spacing M (P25, P75). Qualitative data: expressed as cases (n), multiple group rates and composition ratios were compared. The SPSS 27.0 software was used to analyse the data.

Results:

1) The ROI_{gola} ratio within 24 hours before skin grafting: 120.53 (103.68, 120.61) % in the low-visualization group, 199.72 (162.84, 251.40) % in an middle-visualization group, and 352.10 (346.98, 363.98) % in the high-visualization group. The ROI_{goal} ratio (high-visualization group) > the ROI_{goal} ratio (the middle-visualization group) > the

ROI_{goal} ratio (low-visualization group), the difference was statistically meaningful($P < 0.05$).

2)The artificial dermis vascular period: (16.0±6.7) days in the low-visualization group, (15.6±3.02) days in the middle-visualization group and (23.25±6.45) days in the high-visualization group; the artificial dermis vascularization period in both the middle-visualization group and low-visualization group were shorter than in the high-visualization group, and the difference was statistically significant($P < 0.05$).

3) The survival rate on 7th day after split skin grafting: (89.89±3.551)% in the low-visualization group, (94.80±3.393)% in the middle-visualization group and (94.00±4.342)% in the high-visualization group; the survival rate on 7th day after split skin grafting in both the middle-visualization group and high-visualization group were higher than in the low-visualization group, and the difference was statistically significant($P < 0.05$).

4)The length of hospital stays: (55.11±17.113) days in the low-visualization group, (36.20±7.239) days in the middle-visualization group and (42.38±8.434) days in the high-visualization group. The length of hospital stays in both the middle-visualization group and the high- visualization group were shorter than in the low-visualization group, and the difference was statistically significant($P < 0.05$).

5)The hospitalization costs: (14.08±9.08),000 yuan in the low-visualization group, (113.9±7.75),000 yuan in the observation group and (130.8±11.18),000 yuan in the high-visualization group; the hospitalization costs were generally approaching among the three groups and not obviously different in statistics($F=0.203$, $P=0.817$).

6)The VSS scores for goal area within three months after the split skin grafting surgery: 5(4.0, 5.5) in the low-visualization group, 3(2.75, 3.0) in the middle-visualization group and 3.5(3.0, 4.75) in the high-visualization group;the VSS scores in the middle-visualization group was lower than that in the low-visualization group, and the difference was statistically meaningful($P < 0.05$).

Conclusion:

The using of LSCI technique to observe the degree of artificial dermal vascularization may be one of the methods assessing the degree of artificial dermal vascularization, which is beneficial to reduce unnecessary waiting time and guiding the

timing of autologous skin grafting after the completion of artificial dermal vascularization, and improving the healing quality of wounds, and involving favourable application perspectives.

Keywords: laser scatter contrast imaging; artificial dermis; wound repair; vascularization

目 录

第1章 前言	1
第2章 资料与方法	4
2.1 关键材料	4
2.2 筛选标准	4
2.2.1 纳入标准	4
2.2.2 排除标准	4
2.3 资料与方法	5
2.3.1 病人资料	5
2.3.2 分组标准	6
2.3.3 治疗方法	7
2.3.4 术后随访	8
2.4 观察指标	9
2.5 数据处理	10
第3章 结果	11
3.1 植皮前 24h 内 ROI _{目标值}	11
3.2 血管化时间	11
3.3 植皮后 7 天皮片成活率	12
3.4 住院时间	13
3.5 住院费用	13
3.6 术后 3 个月瘢痕 VSS 评分	14
3.7 典型病例	15
3.7.1 病例 1（低显像组）	15
3.7.2 病例 2（中显像组）	16
3.7.3 病例 3（中显像组）	17
3.7.4 病例 4（高显像组）	18
3.7.5 病例 5（未植皮创面 I 期术后上皮化）	19
第4章 讨论	20
第5章 结论	24
致谢	25
参考文献	26
综述	28

中英文缩略词表

中英文缩略词表

缩写	英文全称	中文
EGF	Epidermal Growth Factor	表皮生长因子
bFGF	Basic fibroblast Growth Factor	碱性成纤维细胞生长因子
LDI	Laser Doppler Imaging	激光多普勒成像
LSCI	Laser Speckle Contrast Imaging	激光散斑对比成像
NIR	Near Infrared	近红外
NPWT	Negative Pressure Wound Therapy	负压创面治疗
PDGF	Platelet Derived Growth Factor	血小板衍生生长因子
ROI	Region Of Interest	目标区域
TOI	Time Of Interest	目标区间
TBSA	Total Body Surface Area	全身体表面积
TGF- β	Transforming Growth Factor Beta	转化生长因子 β
VAC	Vacuum-Assisted Closure	真空辅助闭合技术
VEGF	Vascular Endothelial Growth Factor	血管内皮生长因子
VSD	Vacuum Sealing Drainage	负压封闭引流技术
VSS	Vancouver Scar Score	温哥华瘢痕评分

第 1 章 前言

组织工程皮肤是通过模拟正常皮肤结构，培养功能细胞，并联合细胞外基质、支架材料制备成具有生物活性的人工皮肤替代品，旨在恢复皮肤的正常生理结构与功能^[1,2]。组织工程皮肤主要分为三种类型：表皮替代品、真皮替代品、表皮真皮替代品。其中，真皮替代品在创面修复中占据重要地位。人工真皮作为真皮替代品之一，在创面修复领域已有 40 多年的研究与应用，在组织工程皮肤领域具有重要潜能。

人工真皮是一种修复创面的新型生物材料，其仿生正常皮肤组织的细胞外基质，可募集创面炎性细胞、血管内皮细胞、成纤维细胞等，进而促进创基血管化，为损伤的皮肤组织提供支持、空间、营养和生物信号，并诱导新生毛细血管有序长入支架孔隙形成类真皮组织，影响支架内细胞的形态、表型以及生命周期。根据 Yannas 等^[3]的描述，创面的收缩过程与皮肤再生过程是相斥的。在伤口愈合过程中，主导收缩作用的是成纤维细胞，人工真皮可分隔肌成纤维细胞的生长，并通过其支架内整合素 $\alpha_1\beta_2$ 和 $\alpha_2\beta_1$ 的存在影响创面的收缩过程，形成类真皮组织，进而诱导皮肤和神经再生。

目前，有关深度创面的治疗方案中，早期切除和自体皮肤移植仍是修复深度创面的金标准^[4]。但就人工真皮血管化完成的标准尚未形成共识。在临床中仅凭经验性观察评估人工真皮血管化程度固然取得一定疗效，但同时，在诸多研究中发现也会伴随皮片坏死、瘢痕明显增生的创面。因此，我们希望通过一种科学、精准、有效而非侵入性的技术为人工真皮修复深度创面提供指导。

血流灌注量是反映组织活性的重要指标之一。LSCI 是一种非接触式的血流灌注成像技术，对创面血流灌注具有良好的显像作用。LSCI 作用原理是激光对目标血管进行照射时，产生反向散射光形成散斑图案；而血管内红细胞处于流动状态，其与邻近组织的反向散射光会形成随时间变化的散斑图样，通过计算机 PIMSoft 系统软件分析由红细胞运动引起的空间模糊程度，获得可视化的血流密度分布，以对微血管管径和流速值进行测量^[5]，是一种使组织血流灌注实现实时可视化的新兴技术。LSCI 皮肤穿透深度约为 300 μm (0.3mm)，其接收的信号是

基于红细胞的平均速度和浓度所获得的，其结果是创面比正常皮肤的相对血流灌注量^[6,7]（成年人皮肤表皮厚度约 0.04-1.6mm，真皮厚度约 0.4-2.4mm）。

LSCI 作为一种客观评估血流灌注情况的检测手段，已逐步在临床工作中得以应用^[8]。LSCI 在创面修复中主要应用于烧伤创面的深度诊断、预测儿童烧伤创面愈合时间、预测皮瓣坏死趋向、糖尿病足微循环监测等，另在皮肤病、风湿免疫病、神经病学及眼科学等领域也相关临床应用^[9]。

目前国内应用的 LSCI 仪器主要是瑞典 Perimed AB 公司所研发，帕瑞医学科技（北京）有限公司代理生产的 PeriCamPSI 仪器。我科应用的 PeriCam PSI System 使用不可见的近红外(NIR)激光(785nm)进行血流灌注测量，使用可见红色激光(650nm)来指示在特定测量距离下的最大测量区域。灌注测量单位为任意定义的灌注单位（PU）。光线照亮的区域大小取决于头部中的激光孔与测量对象之间的距离。照亮区域中的散斑图案使用 2448x2048 像素的 CCD 相机进行监控，该相机可以最高 120 帧/s 速度拍摄图像。通过计算机 PIMSoft 软件分析散斑图案的变化而计算出血流灌注成像值。在记录之前、期间和之后，记录者可自定义目标区域（ROI），从而能够在记录的同时进行实时数据分析，并即时更新数据、图形和图像。

夏萍等^[10]对 20 名接受 585nm 脉冲激光治疗的瘢痕疙瘩患者长期随访中，应用 LSCI 测定其疤痕血流灌注情况，发现患者在治疗后其疤痕的减轻程度与 LSCI 的血流灌注成像结果相一致，可作为 VSS 瘢痕评分的另一客观检测手段。Yang 等^[11]利用 LSCI 对瘢痕疙瘩和增生性瘢痕患者测定血流灌注，发现瘢痕疙瘩与不同时期的增生性瘢痕在图像上血流灌注的差异，进而证实 LSCI 在鉴别瘢痕疙瘩与增生性瘢痕的临床价值。彭士恒^[12]在一项动物压疮模型的实验中，通过 LSCI 仪器对血流恢复过程中的时间来判断早期压疮的严重情况，为压疮早期诊断提供了一种新思路。Robin Mirdell 等^[13]对 32 名烧烫伤患者伤后应用 LSCI 于 0-2 天内进行 85 次测量，3-5 天内进行 102 次测量，数字成像显示分析可判断组织的血流灌注变化情况，从而判断患者是否需要手术治疗。但由于这方面的研究偏少，仍需进行多中心的前瞻性研究来验证 LSCI 在烧烫伤创面检测的有效性。在 LSCI 技术的协助下，早期烧伤诊疗的准确性得以明显提升。有研究指出^[14]，烫伤创面经 LSCI 测量的低显像值表明局部组织存在血液循环障碍，组织受损程度更严重，愈合周期与之延长。这提示可通过早期手术治疗及其他干预措施加速创面愈合，减轻患者痛苦。

LSCI 经过多年的临床实践，已逐步发展成熟，应用前景广泛。根据其测定原理可初步了解创面愈合过程中血管生成的密集程度，结合创面变化的大体过程，进一步研究其对创面愈合的血管化程度的测量数据，以期达到量化血管化程度并设立创面植皮血管化的标准血流灌注范围，为临床工作提供指导与帮助。

在临床中，判断人工真皮血管化完成的方法通常是“三看一压”，即①一看色：人工真皮硅胶膜下呈红色或红黄相间；②二看皱：硅胶膜褶皱，与胶原层分离；③三看贴：硅胶膜紧密贴附于创面；④一压：轻压人工真皮颜色变白，松开后颜色恢复。但其操作及观察标准偏主观，未能体现创面血管化程度的客观标准。在本研究中，我们选取 LSCI 仪器作为创面血流灌注的测量工具，通过血流灌注量分析创面经人工真皮覆盖后，在不同程度的血管化情况下创面移植自体刃厚皮片的疗效，包括创面植皮成活率、瘢痕评估、功能恢复及血管化时间等的区别。本研究中，我们以临床经验性人工真皮血管化时间 14 天作为对照，探究人工真皮修复烧创伤创面过程中血管化程度对创面愈合的影响，包括人工真皮血管化时间是否可以提前、恰当或推迟植皮？人工真皮血管化时间提前和推后是否影响创面愈合效果？

第2章 资料与方法

2.1 关键材料

LSCI 仪器: PeriCam PSI System (瑞典 Perimed AB 公司)

人工真皮: Pelnac 加强型 (日本株式会社, 中文名: 皮耐克)

2.2 筛选标准

2.2.1 纳入标准

- ① III度烧伤、皮肤撕脱伤、挤压伤、瘢痕切除等全层皮肤损伤创面患者;
- ② 人工真皮覆盖创面面积 $\leq 300\text{cm}^2$;
- ③ 烧伤患者 TBSA $\leq 30\%$ 且III度烧伤 TBSA $\leq 10\%$;
- ④ 18岁 \leq 年龄 ≤ 60 岁;

2.2.2 排除标准

- ① 严重骨外露感染和慢性骨髓炎患者;
- ② 各类慢性创面包括静脉溃疡、糖尿病足、癌性创面或放疗创面;
- ③ 难以耐受手术的患者;
- ④ 伴有意识、精神障碍等;
- ⑤ 血糖控制不佳糖尿病患者;
- ⑥ 无法停用免疫抑制剂、激素及生长激素类患者;
- ⑦ 治疗过程中断、资料不全的患者;

2.3 资料与方法

2.3.1 病人资料

所有纳入患者均为急性烧创伤患者，并经过植皮手术修复创面。

从2022年01月至2023年04月，我科共收治四肢皮肤与软组织烧创伤患者36例，除治疗过程中创面逐渐上皮化得以愈合的8例，拒绝手术植皮的1例，共纳入27例纳入本研究，其中男性20例，女性7例，平均年龄(44.44±15.07)岁；创面深度：Ⅲ度烧伤、软组织损伤等；深部组织暴露情况：骨外露4例，肌腱外露7例，骨、肌腱均外露4例；损伤原因包括：8例为挤压伤所致，6例为热体(液)烫伤所致，6例为火焰烧伤所致，5例为电击伤所致、1例为电弧烧伤所致，1例为化学(黄磷)烧伤所致；损伤部位：上肢15例，下肢11例，胸部1例；人工真皮平均覆盖面积为(63.70±33.30) cm²。

对27名患者住院资料行回顾性分析，分低显像组、中显像组、高显像组三组。三组患者在性别、年龄、人工真皮覆盖面积、创面类型、创面部位等方面以及入院时血常规、血生化检验(红细胞、血红蛋白、中性粒细胞、白蛋白、血糖等)比较， $P>0.05$ ，差异无统计学意义，三组患者具有可比性(见表2.1)。

表 2.1 三组病人治疗前一般资料比较

观察参数	低显像组	中显像组	高显像组	P 值
例数 (n,%) ^a	9 (33.33)	10 (37.03)	8 (29.63)	-
性别 (n,%) ^a				
男	8 (88.9)	5 (50.0)	7 (87.5)	0.152
女	1 (11.1)	5 (30.0)	1 (12.5)	
年龄 (岁) ^b	47.56±20.58	41.80±14.74	44.25±7.59	0.723
创面类型 (n,%) ^a				
烧伤	7 (77.78)	9 (90.0)	7 (87.5)	0.815
创伤	2 (22.22)	1 (10.0)	1 (12.5)	
创面部位 (n,%) ^a				
上肢	5 (55.56)	5 (50.0)	4 (50.0)	1.000
下肢	4 (44.44)	4 (40.0)	4 (50.0)	
躯干	0	1 (10.0)	0	
人工真皮覆盖创面面积 (c m ²) ^c	60 (45, 90)	50 (40, 92.5)	40 (22.5, 112.5)	0.493
RBC (×10 ¹² /L) ^b	4.19±0.74	4.60±0.75	4.60±0.58	0.370
Hb (g/L) ^b	121.89±22.86	122.30±24.56	138.63±23.78	0.343
白蛋白 (g/L) ^b	36.52±5.56	40.25±4.53	41.42±5.52	0.141
N (%)	4.02 (3.36, 12.98)	7.53 (4.00, 11.30)	5.16 (3.79, 6.91)	0.611
血糖 (mmol/L) ^c	5.50 (4.31, 6.44)	4.85 (4.31, 6.06)	5.12 (4.94, 6.72)	0.522

注：a 用[例，百分比 (n, %)]表示；b 用 ($\bar{x}\pm S$) 表示、用 F 检验；c 用 M (P₂₅, P₇₅) 表示，用秩和检验；“-”表示无该项目。

2.3.2 分组标准

根据 LSCI 仪器在创面采集的数字成像，筛选出灌注成像波形图中相对稳定的目标区间 (TOI)，并在创面血流灌注图像中手动勾勒出 ROI-1、ROI-2。

ROI-1: 创周 2cm 正常皮肤单位面积内的皮肤血流灌注量。

ROI-2: 创面目标区域单位面积内皮肤血流灌注量。

通过计算机软件得出相应的 ROI_{目标}值，并记录相应创面愈合的图像。创面

植皮前 24h 内数字成像的目标 ROI 值定义为 ROI_{目标}值，其公式为：

$$ROI_{\text{目标值}} = \frac{ROI-2}{ROI-1}$$

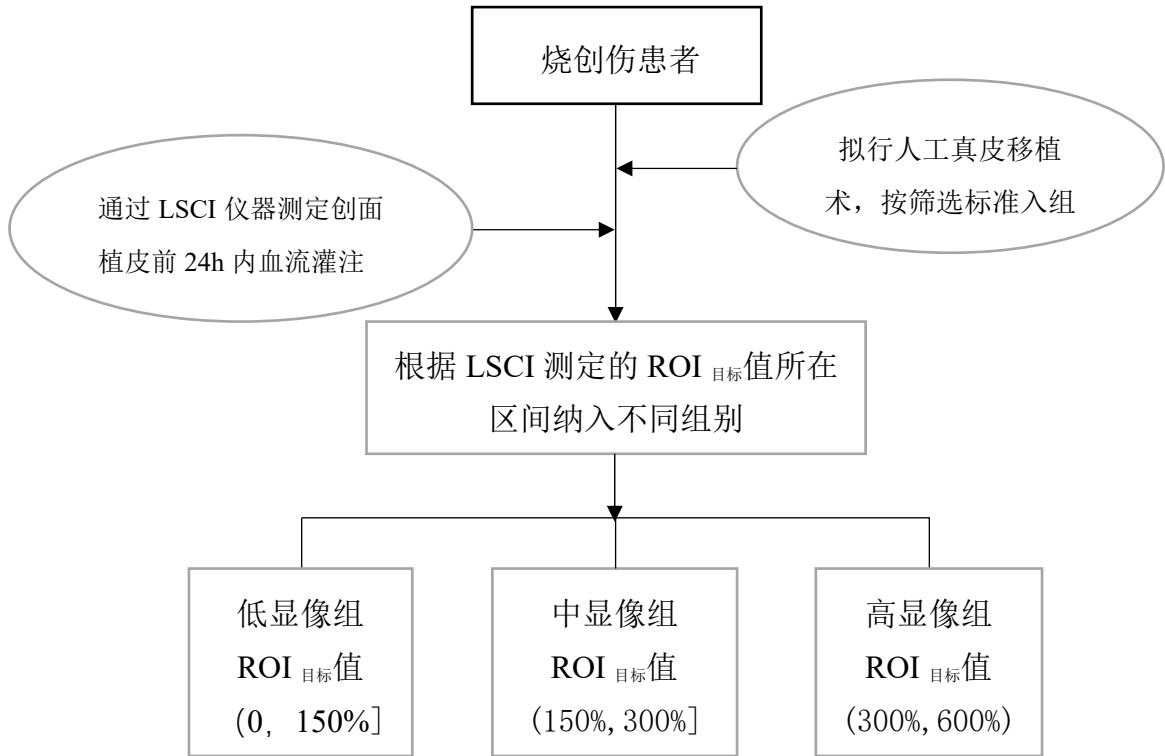


图 2.1 分组标准技术路线图

2.3.3 治疗方法

患者入院后依据创面情况进行冲洗换药、焦痂切开减张等处理，完善创面细菌培养、血常规、血生化及其他检验检查等。同时评估患者全身情况，适当予预防性抗生素、补液、镇痛等处理，制定初步诊疗方案。创面早期行换药处理（1-2 次/天），尽可能清除创面已失活组织，做好术前准备。

对所有纳入患者采用标准的分期手术，即 I 期手术植入人工真皮，经临床评估人工真皮血管化程度后 II 期行自体刃厚皮移植术。

I 期手术：人工真皮移植术。应用电刀、手术刀、组织剪等切除创面坏死组织，清创过程务必彻底；针对伴有小面积（ $<10\text{cm}^2$ ）骨质外露创面，需对骨面进行打磨 2mm 左右至渗血，以利于人工真皮与骨质间建立血运。使用电凝充分止血后，0.5%碘伏等抗菌液体、生理盐水冲洗创面，随即用湿纱布覆盖创面等待

真皮支架植入。取创面适当大小的人工真皮(皮耐克)材料,使用刀片将人工真皮硅胶膜打洞以利于引流分泌物,裁剪成近似伤口形状贴附在伤口表面,尽量减轻其张力,不遗留死腔,并以丝线固定于创周。对于 NPWT 治疗的创面,术中清创后将 VAC 海绵材料剪裁成与创面大小基本一致,覆盖创面后以贴膜封闭,连接负压(-75 ~ -100mmHg)吸引装置,根据伤口深浅、位置、渗液量调节抽吸力,避免压力过大损伤真皮支架胶原层。约 5-7 天后移除 VAC,若创面新鲜度仍较差,则行二次人工真皮和(或)NPWT 手术。

II期手术:自体刃厚皮片移植。根据伤口床的真皮样组织的形成和血管化程度等,移植自体刃厚皮片。在自体皮移植术前 24h 内利用 LSCI 仪器测定患者静息状态下 ROI_{目标}值,记录 1min 左右期间内创面动态血流灌注波动情况及图像。术中取大腿前外侧自体刃厚皮片(厚度为 0.2-0.4mm,大张皮片需打孔引流渗液)浸泡于生理盐水中 10 min 左右,随即将皮片平铺于凡士林纱布以防止皮片褶皱、损伤,待植皮。将皮片覆盖于清创后的创面上,以丝线固定于创周,网眼纱布覆盖在皮片上防止皮片移位,继之外敷料、生长因子纱布覆盖,绷带固定(若渗出较多考虑加用 VAC)。嘱患者尽量避免下肢活动,以防下肢血管压力增加导致血肿形成。

2.3.4 术后随访

患者出院后,分别于术后 1 个月、3 个月进行常规门诊复查,未能到门诊复查的患者进行线上复查。每次复查随访,我们观察评估的指标为:移植皮片的成活情况、疤痕质量以及潜在的并发症等。

温哥华疤痕量表(VSS)用以评估疤痕情况,该评分量表包括 6 个部分:色素沉着、血管化、柔韧度、疤痕高度、疼痛及瘙痒等,得分越高提示疤痕越严重(见表 2.2)。

表 2.2 温哥华瘢痕评分量表 (VSS 评分量表)

观察指标	描述	分值
色素沉着	正常或近似	0
	色泽较浅	1
	混合色泽	2
	色泽较深	3
血管分布	正常或近似	0
	粉色	1
	红色	2
	淤紫色	3
厚度	正常即平整	0
	高于皮肤 $\leq 2\text{mm}$	1
	$2\text{mm} < \text{高于皮肤} < 5\text{mm}$	2
	高于皮肤 5mm 以上	3
柔软度	正常	0
	柔软 (最小阻力下皮肤能发生形变)	1
	柔顺可弯曲 (在压力下能变形)	2
	硬的 (指压无弹性, 呈块状, 对压力有阻力)	3
	弯曲 (组织如条索状, 瘢痕伸展时会退缩)	4
	挛缩 (瘢痕永久性缩短致残疾与扭曲)	5
疼痛	无痛	0
	偶尔或轻微疼痛	1
	需要药物控制疼痛	2
瘙痒	无	0
	偶尔或轻微瘙痒	1
	需要药物控制瘙痒	2

说明: 最高分 18 分, 最低分 0 分, 得分越高提示瘢痕越严重, 反之, 则轻。

2.4 观察指标

1. 植皮前 24h 内 ROI_{目标}值: ROI_{目标}值取自患者静息状态下 LSCI 仪器测量的

TOI 区间内正常皮肤或创面血流灌注量。若患者多次植皮则选取首次自体皮片移植术前 24 小时内 ROI_{目标值}。

2.人工真皮血管化时间：I 期至 II 期手术时间间隔。若初次人工真皮覆盖后创面血管化程度未达刃厚皮片移植条件，或植皮后皮片大片坏死，则再次行人工真皮移植术，以首次人工真皮移植术至首次植皮时间间隔为血管化时间。

3.住院时间：若患者住院期间办理出入院手续则按首次入院时间作为入院时间。

4.住院费用：患者住院期间总费用。

5.植皮后 7 天皮片成活率：2 名主治医师及以上职称医师评估后取均值，皮片成活率=（皮片成活面积/植皮总面积）×100%。

6.术后 3 个月瘢痕 VSS 评分：采用温哥华瘢痕评分量表（VSS），从色素沉着、血管分布、厚度、柔软度、疼痛及瘙痒等 6 个方面对患者植皮区瘢痕情况进行评分。

2.5 数据处理

所有资料均行 SPSS 27.0 软件分析数据。定量数据：符合正态分布和方差齐性的资料以均数±标准差（ $\bar{x} \pm S$ ）表示，并采用单因素方差分析（F 检验）LSD 法检验；偏态分布或方差不齐的资料以中位数和四分位数间距 M（P25，P75）表示，并采用克鲁斯卡尔-沃利斯检验（Kruskal-Willis Test）， $P > 0.05$ 时，则表示组间差异无统计学意义；当 $P < 0.05$ 时，采用克鲁斯卡尔-沃利斯单因素 ANOVA 检验（k 个样本）进一步两两比较；定性资料：用例（n）表示，进行多组率和构成比比较，符合无序分类资料使用卡方检验（样本量 < 40 ：Fisher 精确概率法），符合有序分类资料使用成组多样本秩和检验。

第3章 结果

3.1 植皮前 24h 内 ROI_{目标}值

ROI_{目标}值：低显像组为 120.53 (103.68, 120.61) %、中显像组为 199.72 (162.84, 251.40) %、高显像组为 352.10 (346.98, 363.98) %。三组患者 LSCI 测量的 ROI_{目标}值总体分布存在着统计学差异 (H=23.078, P<0.001)。其中，低显像组 ROI_{目标}值与中显像组 (P=0.028)、低显像组 ROI_{目标}值与高显像组 (P<0.001) 存在统计学差异；中显像组 ROI_{目标}值与高显像组 (P=0.050) 差异无统计学意义 (见图 3.1)。

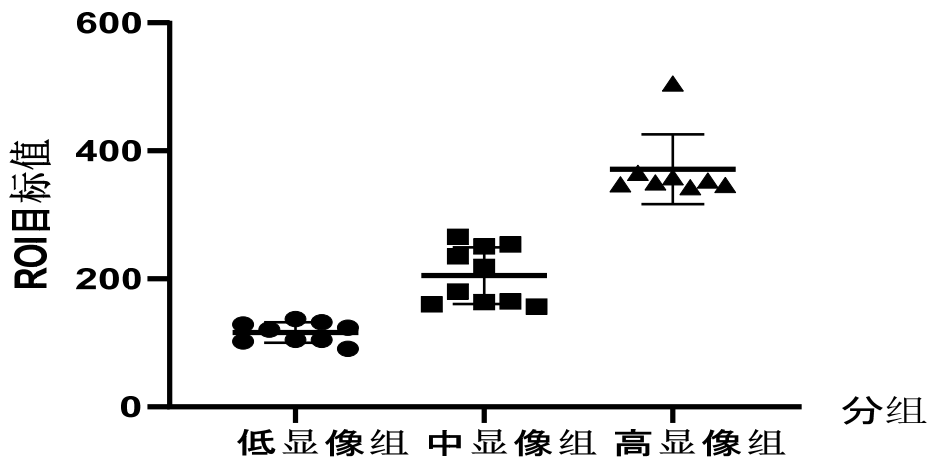


图 3.1 三组患者创面 LSCI 监测下 ROI_{目标}值分布

3.2 血管化时间

所有患者创面类真皮组织生长良好，外观颜色红润，创面平整。其中，2 例伴有小面积骨外露创面肉芽组织爬行生长基本覆盖全部创面，中央区颜色相较于周围较浅，不影响植皮。

低显像组 9 例血管化时间为 (16.0±6.7) 天，1 例患者在后期换药中观察到骨质、肌腱外露生长缓慢，遂行二次人工真皮移植术后真皮样组织才覆盖骨质和

肌腱；2例患者局部创面胶原海绵溶解，通过换药清除局部感染灶，创面均被肉芽组织填充饱满。

中显像组 10 例患者血管化时间为（15.6±3.02）天，1 例患者局部创面出现积血，通过换药清除血肿后血管化完成。

高显像组 8 例患者创面血管化时间为（23.25±6.45）天，2 例患者创面伴有骨和肌腱外露，均经过 2 次人工真皮移植术逐渐被新生肉芽组织所覆盖。

三组血管化时间总体分布存在着统计差异（ $F=5.14$ ， $P=0.014$ ）。其中，中显像组血管化时间与高显像组（ $P=0.008$ ）、低显像组血管化时间与高显像组（ $P=0.013$ ）存在着统计差异，低显像组血管化时间与中显像组差异没有统计学意义（ $P>0.05$ ）（见表 3.1）。

表 3.1 三组患者人工真皮血管化时间比较

组别	血管化时间 (d)	F 检验	
		F 值	P 值
低显像组	16.0±6.7		
中显像组	15.6±3.02	5.14	0.01
高显像组	23.25±6.45*#		

注：*与中显像组相比， $P<0.05$ ；#与低显像组相比， $P<0.05$

3.3 植皮后 7 天皮片成活率

低显像组 9 例患者植皮后 7 天成活率为（89.89±3.551）%，5 例≥90%，4 例≥80%；中显像组 10 例患者为（94.80±3.393）%，其中 9 例≥90%，1 例≥80%；高显像组 8 例患者为（94.00±4.342）%，6 例≥90%，2 例≥80%。其中，3 例患者植皮后出现大部皮片坏死，2 例足部，1 例手部，均为低显像组患者。可能由于创面暴露的深部组织较多，部分组织活性不足所致。通过后期二次行人工真皮移植术，增加类真皮组织的厚度，3 例患者创面最终均得以修复。

三组患者创面植皮后 7 天皮片成活率总体分布存在着统计差异（ $F=4.542$ ， $P=0.021$ ）。其中，中显像组植皮后 7 天皮片成活率与低显像组（ $P=0.009$ ）、高显像组植皮后 7 天皮片成活率与低显像组（ $P=0.033$ ）存在着统计差异，中显像组植皮后 7 天皮片成活率与高显像组差异没有统计学意义（ $P>0.05$ ）。

表 3.2 三组患者植皮后 7 天皮片成活率比较

组别	皮片成活率 (%)	F 检验	
		F 值	P 值
低显像组	89.89±3.551*#		
中显像组	94.80±3.393	4.542	0.021
高显像组	94.00±4.342		

注：*与中显像组相比， $P < 0.05$ ；#与高显像组相比， $P < 0.05$

3.4 住院时间

住院时间：低显像组为（55.11±17.113）天、中显像组为（36.20±7.239）天、高显像组为（42.38±8.434）天。三组患者住院时间总体分布存在着统计差异（ $F=6.295$ ， $P=0.006$ ）。其中，中显像组住院时间与低显像组（ $P=0.002$ ）、高显像组住院时间与低显像组（ $P=0.035$ ）存在着统计差异，中显像组住院时间与高显像组差异没有统计学意义（ $P > 0.05$ ）。

表 3.3 三组患者住院时间比较

组别	住院时间 (d)	F 检验	
		F 值	P 值
低显像组	55.11±17.113*#		
中显像组	36.20±7.239	6.295	0.006
高显像组	42.38±8.434		

注：*与中显像组相比， $P < 0.05$ ；#与高显像组相比， $P < 0.05$

3.5 住院费用

住院费用：低显像组为（14.08±9.08）万元，中显像组为（11.39±7.75）万元，高显像组为（13.08±11.18）万元；三组患者住院费用总体分布无统计学差异（ $F=0.203$ ， $P=0.817$ ）。

表 3.4 三组患者住院费用比较

组别	住院费用（万元）	F 检验	
		F 值	P 值
低显像组	14.08±9.08	0.203	0.817
中显像组	11.39±7.75		
高显像组	13.08±11.18		

注：三组患者住院费用总体分布无统计学差异

3.6 术后 3 个月瘢痕 VSS 评分

在所有患者术后 3 个月的随访中，供皮区均愈合良好，无破溃复发，仅色素沉着。大部分患者植皮区肤色接近正常、柔软度良好，疼痛及瘙痒感觉较浅。7 例患者植皮区创缘处瘢痕增生较为明显，突出正常皮肤约 2-3mm，其中，低显像组 4 例，中显像组 1 例，高显像组 2 例。

植皮区 VSS 评分：低显像组为 5（4.0，5.5）分，中显像组为 3（2.75，3.0），高显像组为 3.5（3.0，4.75）；三组瘢痕 VSS 评分总体分布存在着统计差异（ $H=14.734, P<0.001$ ）。其中，中显像组植皮区 VSS 评分与低显像组（ $P<0.001$ ）存在统计学差异，中显像组植皮区 VSS 评分与高显像组、低显像组植皮区 VSS 评分与高显像组无统计学差异（ $P>0.05$ ）。

表 3.5 三组患者植皮区 VSS 评分比较

组别	瘢痕 VSS 评分（分）	秩和检验	
		H 值	P 值
低显像组	5（4.0，5.5）*	14.734	<0.001
中显像组	3（2.75，3.0）		
高显像组	3.5（3.0，4.75）		

注：* 与中显像组相比， $P<0.05$

3.7 典型病例

3.7.1 病例 1（低显像组）

患者男性，47 岁，因“右足外伤后创面不愈 15 天”入院，既往体健无特殊。入院查体：右足可见多根克氏钉外露，足背广泛皮肤坏死，红肿明显，有少量血性渗出。诊断：足部皮肤感染（右），足骨折术后（右）。入院给予创面常规清洗换药，待创面感染控制后手术行人工真皮联合 NPWT 治疗。1 周后拆除负压吸引装置，使用 LSCI 仪器监测创面血流灌注情况。血管化时间约 1 个月，遂行自体刃厚皮片移植术并联用 NPWT，创面完全愈合后出院（见图 3.2）。



图 3.2 A-B: 创面植皮前 24h 内创面情况及激光散斑图像

C: 术后 7 天皮片成活情况 D: 术后 3 个月瘢痕情况

ROI_{目标}值: 104.93%; 血管化时间: 27d; 皮片成活率: 96%; VSS: 5 分

3.7.2 病例 2（中显像组）

患者女性，46 岁，因“机器热压伤左上肢 3 小时余”入院，既往无特殊。诊断：手部三度烧伤，凝血功能异常。查体：烧伤创面见于左上肢，创面腐皮部分破脱，大部分创面基底蜡白，部分基底红白相间，有少量渗出，总面积约 3%。入院后给予常规创面清创换药治疗及全身抗感染治疗等，人工真皮联合 NPWT 手术后 18 天植皮。出院 3 个月随访（见图 3.3）。

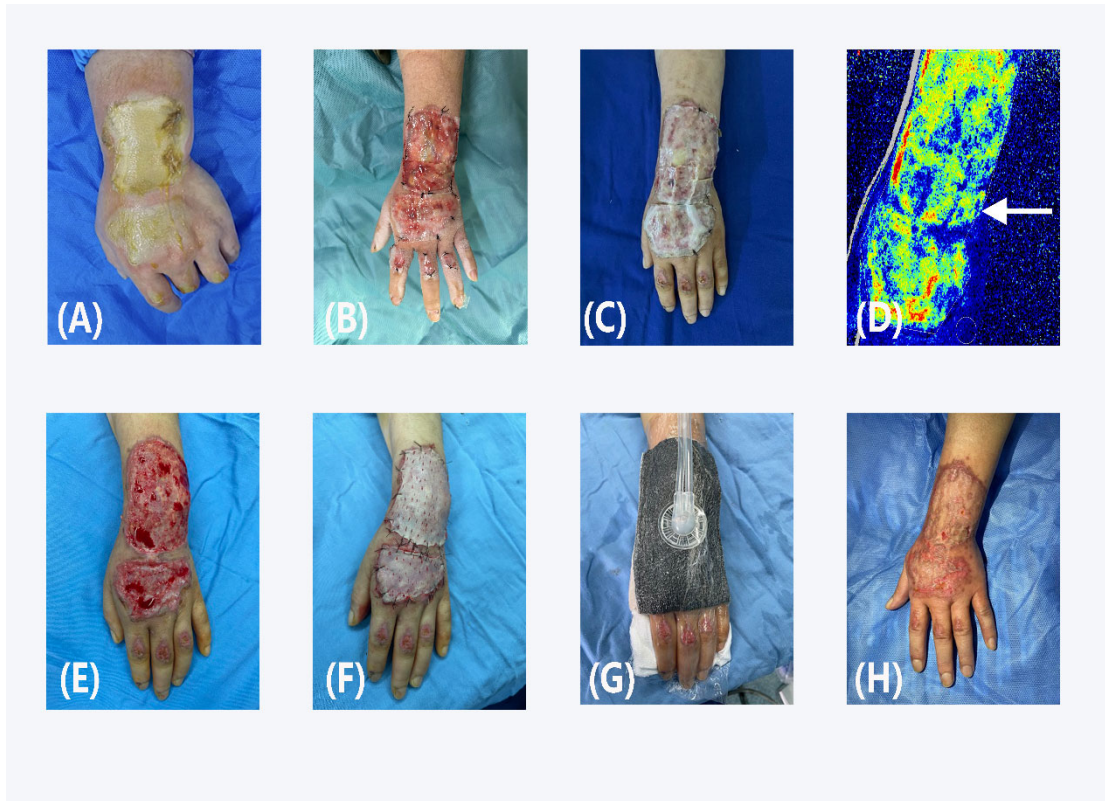


图 3.3 A-B: 入院时创面、植皮前 7 天创面;
C-D: 植皮前 24h 内创面情况及激光散斑图像;
E-G: 术中及术后 3 个月随访创面

ROI_{目标}值: 218.94%; 血管化时间: 18d; 皮片成活率: 97%; VSS: 3 分

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/175323132022011103>