

红外线热成像技术在游离股前外侧穿支皮瓣设计中的应用

徐伟华, 林平, 许甜甜, 吴咏军, 涂迎春, 吴裕平, 黄志丹
(金华市中心医院手足外科, 浙江 金华 321000)

【摘要】 目的: 探讨采用红外线热成像技术在游离股前外侧穿支皮瓣移植术的临床应用。方法: 自 2014 年 6 月至 2018 年 6 月, 采用红外线热成像仪和多普勒血流探测仪对采用游离股前外侧穿支皮瓣移植术的 31 例四肢不同程度皮肤软组织缺损患者进行穿支动脉定位, 其中男 21 例, 女 10 例; 年龄 16~59(35.3±1.5) 岁; 病程 2~4(1.8±0.6) 周。根据多普勒血流探测仪数据及热成像图参数观察穿支数量、皮肤穿支点位置、穿支点活力以指导皮瓣设计, 将检测结果与术中观察到的穿支动脉数据进行对比。结果: 术中多普勒血流探测仪共发现设定范围内穿支动脉 52 支, 术中证实穿支动脉 38 支, 准确率为 73.1%; 术中红外线热成像仪共发现设定范围内穿支动脉 38 支, 术中证实穿支动脉 35 支, 准确率为 92.1%; 两组比较差异有统计学意义。多普勒血流探测仪发现最具活力穿支点通过术中证实, 准确率为 80.6%; 红外线热成像仪发现的最具活力穿支点通过术中证实, 准确率为 100%; 两组比较差异有统计学意义。31 例皮瓣全部成活, 均无血管危象发生。术后 31 例获得随访, 时间 6~18(10.7±1.2) 个月。成活皮瓣质地柔软、血运良好, 色泽与正常皮肤基本一致, 肢体外观和功能恢复良好。结论: 红外线热成像技术可作为一种新的技术应用于游离股前外侧穿支皮瓣移植术的穿支动脉定位实践中。

【关键词】 红外线; 诊断显像; 穿支皮瓣

中图分类号: R685

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.11.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of infrared thermal imaging technology in the design of free anterolateral thigh perforator flap transplantation XU Wei-hua, LIN Ping, XU Tian-tian, WU Yong-jun, TU Ying-chun, WU Yu-ping, and HUANG Zhi-dan. Department of Hand and Foot Surgery, Jinhua Central Hospital, Jinhua 321000, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To explore clinical effect of infrared thermal imaging technology for the treatment of free anterolateral thigh perforator flap transplantation. **Methods:** From June 2014 to June 2018, 31 patients with skin defect at various degrees treated by free anterolateral thigh perforator flap transplantation, including 21 males and 10 females aged from 16 to 59 years old with an average age of (35.3±1.5) years old, the courses of disease ranged from 2 to 4 weeks with an average of (1.8±0.6) weeks. The number of perforating branch, the position of the perforating branch, the perforating branch vitality detected by Doppler blood stream detector and parameters of thermal imaging image in order to guide design of skin flap, and compared results with the data of perforator arteries observed during the operation. **Results:** Totally 52 branches of perforating arteries were detected by Doppler blood stream detector during operation, and 38 perforator branches were confirmed in operation, the accuracy rate was 73.1%. Thirty-eight branches of perforating arteries were detected by infrared thermography during operation, and 35 branches of perforating branches were confirmed in operation, the accuracy rate was 92.1%; there were statistical difference. The most dynamic perforating pivot found by Doppler blood stream detector was confirmed by intraoperative diagnosis, with an accuracy rate of 80.6%. The most dynamic perforating pivot found by infrared thermography is confirmed by intraoperative diagnosis, with an accuracy rate of 100%; there were statistical difference. Thirty-one flaps were survived without vascular crisis occurred. All patients were followed up from 6 to 18 months with an average of (10.7±1.2) months. The flaps survived with soft texture and good blood circulation, the defect was not bloated, the color of skin flap was basically the same as that of the normal skin, and the limbs appearance and function recovered well. **Conclusion:** Infrared infrared thermal imaging technology could be used as a new technology in localization of perforator artery in free anterolateral thigh perforator flap transplantation.

KEYWORDS Infrared rays; Diagnostic imaging; Perforator flap

基金项目: 金华市科技计划重点项目(编号: 2014-3-005)

Fund program: Key Project of Jinhua Science and Technology Plan (No. 2014-3-005)

通讯作者: 林平 E-mail: zxyyszwk@163.com

Corresponding author: LIN Ping E-mail: zxyyszwk@163.com

游离股前外侧穿支皮瓣作为经典的穿支皮瓣, 1984 年由 Song 等^[1]首先报道, 具有供区较隐蔽、血管蒂长且管径粗、不损伤重要神经组织、皮瓣切取后对肢体功能影响较小等优点, 已广泛应用于修复躯干与四肢各部位软组织缺损^[2], 该皮瓣血管类型变化多, 穿支个体变异大^[3]等不确定的因素会影响皮瓣切取的成功。如何在术中精确评估并选择优势皮瓣穿支动脉, 对提高手术成功率具有重要意义。红外线热成像技术作为一种无损伤的检测方法, 通过模拟扫描人体表面温度的空间分布^[4], 间接反应组织代谢水平及血运情况, 已经在血管相关疾病的血流动力学研究方面取得了一定的成果^[5]。自 2014 年 6 月至 2018 年 6 月, 在红外线热成像仪和多普勒血流探测仪辅助下进行游离股前外侧穿支皮瓣移植对 31 例四肢不同程度皮肤软组织缺损的创面进行修复, 全部成活, 取得良好疗效, 现总结报告如下。

1 临床资料

本组 31 例, 其中男 21 例, 女 10 例; 年龄 16~59(35.3±1.5)岁。致伤原因: 车祸伤 16 例, 机器撕脱伤 12 例, 烧烫伤 3 例。受伤部位: 左手背 6 例, 左手背与手掌 2 例, 右手背 5 例, 右腕部 3 例, 缺损范围 12 cm×6 cm~21 cm×11 cm; 左足背 4 例, 右足背 3 例, 缺损范围 15 cm×9 cm~21 cm×14 cm; 左小腿胫前 5 例, 右小腿胫前 3 例, 缺损范围 17 cm×8 cm~22 cm×15 cm。病程 2~4(1.8±0.6)周。所有病例伴有肌腱或(和)骨外露。入院后均急诊创面清创, 使用 VSD 覆盖创面持续引流, 1~2 周后应用游离股前外侧穿支皮瓣移植修复, 切取皮瓣面积 13 cm×7 cm~23 cm×16 cm。皮瓣穿支类型: 肌间隙皮动脉型 9 支, 肌皮动脉穿支型 25 支, 直接皮动脉型 6 支。

2 治疗方法

2.1 多普勒血流探测仪方法

采用林电气 Smartdop 45 手持式多普勒血流探测仪, 探头频率 8 MHz。患者平卧位, 室温 25℃。标记髌前上棘与髌骨外上缘的连线中点, 在以该点为中心 5 cm 范围为半径的圆内皮肤表面使用探测仪进行探测, 探头与皮肤呈 45°夹角, 调整探头位置获得最强信号, 确定穿支的体表投影部位并以蓝叉标记。

2.2 红外线热成像仪方法

采用 Vario CAM 医用便携式红外线热像仪进行检查(德国英福泰克红外线传感与测量技术公司), 测温范围 10~40℃, 检查时患者距红外线摄像机镜头 1 m, 采集静息状态下的红外线热成像图。然后以冰袋对皮瓣手术供区对应部位冰敷 1 min, 于冰敷结束后 5 min 采集对应部位红外线热成像图, 采集完成后对所采集的图像进行存储、编辑。红外线热成像

图中的不同颜色代表不同的温度, 根据图像中色彩分布与形态可确定穿支数量, 皮肤穿支点位置以红圈标记。

2.3 皮瓣设计

通过红外线热成像图选择活力较强的穿支点, 选好穿支动脉后, 以该穿支为中心结合具体病例的皮肤缺损面积与形状, 于患者大腿部对应处描述出皮瓣的点、线、面。

2.4 皮瓣切取与修复

对患肢创面进行清创, 寻找并标记供皮瓣吻合的 1 条供血动脉、2 条回流静脉。并于设计的皮瓣外侧缘做切口, 切开皮肤、皮下组织, 根据穿支动脉走行分别在股直肌与股外侧肌间隙附近或股外侧肌肉内显露预先定位的穿支动脉, 观察穿支动脉是否与术中体表定位相一致。采用逆向解剖法处理血管蒂, 根据创面所需血管蒂长度切断血管蒂。将游离的皮瓣移植至预先处理的创面, 将此皮瓣的动静脉分别与创面预留的血管相吻合。最后, 将皮瓣与创面周围皮肤无张力间断缝合。供区创面皮缘拉拢后张力不大、血运不受影响; 反之, 选用中厚皮片植皮修复。

2.5 术后处理和随访

常规监测生命体征, 保暖、绝对卧床 1 周, 予以抗感染、抗痉挛、抗凝、镇痛等处理, 密切观察移植皮瓣血运情况。术后定期随访, 主要观察受区皮瓣的外观、色泽、质地、功能及供区的功能情况。

3 结果

术中多普勒血流探测仪共发现设定范围内穿支动脉 52 支, 术中证实穿支动脉 38 支, 准确率为 73.1%; 术中红外线热成像仪共发现设定范围内穿支动脉 38 支, 术中证实穿支动脉 35 支, 准确率为 92.1%, 两组比较差异有统计学意义($\chi^2=4.021, P=0.045$)。多普勒血流探测仪发现的最具活力穿支点通过术中证实, 准确率为 80.6%; 红外线热成像仪发现的最具活力穿支点通过术中证实, 准确率为 100%; 两组比较差异有统计学意义($\chi^2=4.613, P=0.032$)。本组 31 例游离股前外侧穿支皮瓣均顺利成活, 创面均 I 期愈合, 无血肿、张力性水泡及皮瓣坏死等情况发生。术后 31 例患者获得随访, 时间 6~18(10.7±1.2)个月, 皮瓣质地柔软、血运良好, 色泽与正常周围皮肤基本一致, 肢体活动度良好, 供区功能无明显影响。典型病例见图 1-2。

4 讨论

4.1 股前外侧穿支皮瓣优点

股前外侧皮瓣作为万能皮瓣, 由于具有血管蒂较长, 管径粗大, 供取面积大等优点^[4], 已广泛应用于四肢软组织缺损的移植修复。穿支皮瓣是皮瓣移



图 1 患者,女,52岁,车祸致右足背部皮肤软组织缺损 **1a.** 术前受区创面照片 **1b.** 术前红外线热成像图,红色点表示温度高血流灌注高的穿支点 **1c.** 红外线热成像仪发现 3 条穿支动脉,以红圈标记 **1d.** 术中证实 3 条穿支均存在,以绿色箭头标记 **1e.** 术后 2 个月外观图示皮瓣存活,皮瓣颜色、质地与周围皮肤相近

Fig.1 Patient, female, 52-year-old, soft tissue defects on the right dorsum of foot after a car accident **1a.** Photo of preoperative wound area **1b.** Preoperative infrared thermography showed the red dots indicated the penetrating fulcrum with

high temperature and high blood perfusion **1c.** Three perforating arteries detected by infrared thermal imaging technology were marked by red circles **1d.** All 3 perforating branches were confirmed to existed during the operation, marked with green arrows **1e.** Postoperative appearance at 2 months showed the flap survived, the color and texture of the skin flap were similar to those of the surrounding skin

植领域的最新发展,针对软组织缺损情况进行个性化设计,使皮瓣应用更加符合临床各种创面覆盖需求,以最小损伤发挥最大价值。游离股前外侧穿支皮瓣虽然具有诸多优点,但该皮瓣血管类型变化多,穿出点位置和肌肉间行程个体变异大,导致难以快速准确地定位穿支血管,增加了手术操作难度,影响取瓣的成功率。为了提高穿支皮瓣手术的成功率,加之对受区美观与供区功能精制皮瓣的追求,术中需要一种可靠的检查方法来准确定位合适的穿支动脉。

4.2 穿支皮瓣血管定位的方法选择

近些年来,各种先进技术先后被应用于股前外侧皮瓣穿支的术前探测及定位,包括笔式多普勒超声血流探测仪、彩色多普勒超声、CT 血管造影、核磁共振血管造影、数字减影血管造影等,并取得了一定成果,从而为术中寻找并分离合适的穿支血管提供了更为有效的参考^[5]。但以上诸多方法或多或少存在一定假阳性,操作要求高,对患者有创伤,费用较

高,有辐射。红外线热成像技术作为一种新兴的技术,目前已在医学领域多个学科中得到了一定的应用。其作用机制是通过扫描,获得人体皮温信息,并以不同色彩的热成像图体现温度差异。当机体血流量及组织代谢发生变化时,皮肤表面温度随之改变,从而表现出热成像图的异常分布。因此,可以通过观察热成像图的颜色变化来推测局部组织的血流量变化情况。本研究通过采集静息状态下大腿部位的红外线热成像图,间接反映局部血流量供应情况。在试验过程中,笔者携带红外热成像仪直接在手术室术前采集图像,采集过程中无须接触人体,避免了和创面直接接触,而且机器体积小,携带方便,采集好的图片现场就传入电脑,通过温度分析软件,对红外热源进行精确的温度计算,并实时记录下来,这样可以方便以后调阅分析。当然,红外热成像仪采集到的如图像所示只是平面图像,不能像 CT 血管造影、核磁共振血管造影那样可以形成一个三维图像,缺乏立



图 2 患者,男,59 岁,机器刮伤致右足背部皮肤软组织缺损 2a. 术前受区创面照片 2b. 术前多普勒血流探测仪发现 1 条穿支动脉,以蓝叉标记 2c. 术中证实有 3 条穿支,多普勒血流探测仪发现的穿支为活力最强的穿支(白色箭头) 2d. 术后 6 个月外观图示皮瓣外观良好

Fig.2 Patient, male, 59-year-old, soft tissue defects on the right dorsum of foot after a machine scratch 2a. Photo of the preoperative wound area 2b. One perforating arteries was detected by preoperative Doppler flow detector and marked with blue fork 2c. Three perforating branches were confirmed to existed during the operation, the perforating branch found by Doppler blood flow detector was the most vigorous perforating branch (white arrow showed) 2d. Postoperative photo at 6 months showed appearance of skin flaps were fine

体感,对皮下的穿支走行不能显示,难免对它的应用产生了一定的影响。

4.3 红外线热成像仪操作注意事项

人体皮肤位置较浅,在其表面冰敷后,通过热传导及血管收缩从而达到体温平衡状态^[6]。本研究中,当冰敷后皮肤表面热成像图表现为蓝色,冰敷结束 5 min 后当皮肤通过不同的血管再灌注,在时间上有先后差异,通过红外线热成像仪采集到的皮肤温度情况,表现为彩色的热成像图,可以动态观察皮肤血流变化情况。本研究 31 例股前外侧穿支皮瓣采用红外线热成像仪发现的穿支动脉术中证实,约 82% 位于髌前上棘与髌骨外上缘的连线中点为中心,3 cm 长度为半径的圆形的内外象限。在此处的穿支周围经常能发现股外侧皮神经的分支,可一并带入与受区神经吻合,从而较好地恢复皮瓣感觉^[7]。

本研究患者手术均取得成功,没有出现临时更改手术方案或更改供瓣等特殊变化,这是因为利用红外线热成像技术设计皮瓣,通过红外热成像图谱定位的穿支,术中寻找穿支动脉可以做到有的放矢,红外线热成像仪发现的最具活力穿支点通过术中证实,准确率为 100%,可以此穿支点为中心设计皮瓣,减少皮瓣边缘的缺血坏死情况。手术过程须注意以

下几点:(1) 由于红外线受人体表面的发射率组成、室内温度、体内温度等影响,对周围环境的稳定性有较高要求,手术过程中,保持室内温度 25℃,为红外热成像仪检查提供一个稳定的温度环境。(2) 在采集过程中,红外热成像仪发现的穿支点如果采集缓慢,就会点成片状,对精确度有影响,所以需要操作人员对机器足够熟练,在穿支热点出现的瞬间迅速采集图像。(3) 对于有多条穿支的,选择经红外线热成像仪活力佳的穿支,并尽可能多地保留穿支。(4) 对于创面大、手掌背两侧都需要皮瓣覆盖的,红外热成像仪可以先定位 2 个以上的有活力穿支点,能够经红外线热成像仪初步设计分叶皮瓣。(5) 如果患肢同侧大腿预先设定范围内没有好的穿支血管,那么选择另外一侧大腿。红外线热成像技术能通过综合分析以上因素,设计最合理的个性化皮瓣,保证切口的精确缝合。

皮瓣穿支动脉对手术能否顺利进行,移植皮瓣能否成活方面有决定性的影响。依靠红外线热成像仪提供穿支动脉的准确信息,通过设计选择最合理穿支动脉,保证移植皮瓣得到足够的血供使手术更简便、顺利地进行,缩短了手术时间,提高了手术成功率,对指导游离股前外侧穿支皮瓣移植手术具有

一定的实用价值,但本研究由于样本量偏小,尚需要多中心、随机对照的大样本数据进行进一步支持。随着计算机信息技术的高速发展,红外线热成像技术将在皮瓣移植中得到更加良好的运用。

参考文献

- [1] Song YG, Chen GZ, Song YL. The free thigh flap: a new free flap concept based on the septocutaneous artery[J]. Br J Plast Surg, 1984, 37(2): 149-159.
- [2] 欧昌良, 邹永根, 罗成, 等. 负压封闭引流联合股前外侧穿支皮瓣修复足部软组织缺损[J]. 中国骨伤, 2018, 31(7): 666-670.
- OU CL, ZOU YG, LUO C, et al. Vacuum sealing drainage with anterolateral thigh perforator flap for repair foot soft tissue defect[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(7): 666-670. Chinese with abstract in English.
- [3] Chanmugam A, Langemo D, Thomason K, et al. Relative temperature maximum in wound infection and inflammation as compared with a control subject using long-wave infrared thermography[J]. Adv Skin Wound Care, 2017, 30(9): 406-414.
- [4] 冯亚高, 洪光祥. 股前外侧皮瓣移植修复足背皮肤缺损[J]. 中国骨伤, 2007, 20(1): 29-30.
- FENG YG, HONG GX. Repair of skin defect in the dorsum of foot with anterolateral femoral skin flap[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2007, 20(1): 29-30. Chinese with abstract in English.
- [5] Narushima M, Yamasoba T, Iida T, et al. Pure skin perforator flaps: the Anatomical vascularity of the superthin flap[J]. Plast Reconstr Surg, 2018, 142(3): 351e-360e.
- [6] 邓方阁, 邓秀芳, 郭冉, 等. 某部新兵集训期女新兵头颈部红外热像分析[J]. 临床军医杂志, 2012, 40(6): 1454-1457.
- DENG FG, DENG XF, GUO R, et al. Analysis on the upper respiratory tract infrared thermal imaging of female recruits in stress state from assemble training of certain army[J]. Lin Chuang Jun Yi Za Zhi, 2012, 40(6): 1454-1457. Chinese.
- [7] 张功林, 甄平, 陈克明, 等. 带感觉神经的股前外侧带蒂皮瓣修复大粗隆部软组织缺损[J]. 中国骨伤, 2016, 29(4): 365-368.
- ZHANG GL, ZHEN P, CHEN KM, et al. Repair of the soft tissue defect in the greater trochanter of femoral with innervated anterolateral thigh pedicled skin flap[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(4): 365-368. Chinese with abstract in English.

(收稿日期: 2019-03-11 本文编辑: 李宜)

隐匿性跟骨前结节骨折 CT 特征并漏诊原因分析

蒋际钊¹, 张梅刃¹, 黄培楷², 黄乐生²

(1. 广东省中医院珠海医院骨六科, 广东 珠海 519015; 2. 广东省中医院珠海医院放射科, 广东 珠海 519015)

【摘要】 目的: 探讨隐匿性跟骨前结节骨折的 CT 特征和临床漏诊原因。方法: 回顾性分析 2013 年 7 月至 2018 年 11 月确诊的 13 例隐匿性跟骨前结节骨折患者的临床资料, 其中男 2 例, 女 11 例, 年龄 22~54 岁; 根据患者病历、X 线片、CT 资料分析骨折类型、骨折移位情况、骨折线方向、骨折块大小、是否合并跗骨联合、是否合并其他骨折、是否漏诊、受伤至明确诊断时间以及治疗情况和骨折愈合情况。结果: 13 例患者经 CT 检查后确诊为跟骨前结节骨折, Degan 骨折分型: I 型 9 例, II 型 4 例; 移位 4 例, 无移位的 9 例; CT 水平面骨折线横行 12 例, 斜行 1 例, 骨折块大小 0.40~1.72 cm; CT 矢状面骨折线垂直行 12 例, 斜行 1 例, 骨折块大小 0.10~0.59 cm。所有患者未合并跟距或跟舟骨桥; 单纯跟骨前结节骨折 6 例, 7 例合并其他部分骨折; 8 例患者漏诊; 受伤至明确诊断时间 0~21 d; 9 例 I 型骨折采用保守治疗, 6 例愈合, 3 例骨折不愈合, 均发生于水平面骨折线长度 < 1 cm 的患者; 4 例 II 型骨折也未行手术治疗, 不论骨折块的大小, 4 例均未愈合。结论: 隐匿性跟骨前结节骨折在临床中有较高的漏诊率, 其 CT 特征为骨折线在水平面多横行和矢状面多垂直行, 在矢状面骨折块小, 而在水平面骨折块则表现大小不等; CT 水平面骨折块 < 1 cm 的 I 和 II 型骨折保守治疗出现骨折不愈合率高。

【关键词】 跟骨; 骨折; 体层摄影术, X 线计算机; 漏诊

中图分类号: R683.42

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.11.016



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

CT imaging features and misdiagnosis analysis of occult anterior calcaneal process fracture JIANG Ji-zhao, ZHANG Mei-ren*, HUANG Pei-kai, and HUANG Le-sheng. *The 6th Department of Orthopaedics, Guangdong Province Hospital of Traditional Chinese Medicine Zhuhai Branch, Zhuhai 519015, Guangdong, China

ABSTRACT Objective: To explore CT imaging features and reason for missed diagnosis of clinical practice of occult anterior calcaneal process fracture. **Methods:** From July 2013 to November 2018, the clinical data of 13 patients with occult an-

通讯作者: 张梅刃 E-mail: zhangmeiren@aliyun.com

Corresponding author: ZHANG Mei-ren E-mail: zhangmeiren@aliyun.com