

· 临床论著 ·

皮神经营养血管皮瓣术后色素沉着的相关因素[△]

张一晗, 王红涛, 王海峰, 贾鑫玮, 王辉*

(唐山市第二医院手二科, 河北唐山 063000)

摘要: [目的] 探讨以皮神经营养血管皮瓣修复四肢软组织缺损术后皮瓣发生色素沉着的相关因素。[方法] 回顾性分析2013年1月—2022年2月于本院急诊行皮神经营养血管皮瓣治疗的185例患者临床资料, 按照皮瓣术后是否发生色素沉着分为色素沉着组和非色素沉着组, 采用单因素分析与多因素逻辑回归分析皮瓣是否发生色素沉着的影响因素。[结果] 185例中, 色素沉着36例, 占比19.5%; 非色素沉着149例, 占比80.5%。单项因素分析表明, 色素沉着组吸烟[是/否, (24/12) vs (67/82), $P=0.019$]、糖尿病[是/否, (15/21) vs (25/124), $P=0.010$]、高血压病[是/否, (18/18) vs (28/121), $P<0.001$]、早期血管危象[是/否, (14/22) vs (5/144), $P<0.001$]的比率显著高于无色沉着组, 但是, 前者的行血管吻合[是/否, (4/32) vs (75/74), $P<0.001$]和皮瓣早期存活[是/否, (24/12) vs (145/4), $P<0.001$]的比率显著低于无色沉着组。此外, 前者损伤至手术时间显著长于后者[(8.5±2.4) h vs (7.1±3.1) h, $P=0.019$]。逻辑回归分析显示: 早期血管危象($OR=20.228$, $P=0.042$)、高血压($OR=7.727$, $P<0.001$)、吸烟($OR=4.129$, $P=0.010$)、糖尿病($OR=4.121$, $P=0.012$)是皮瓣发生色素沉着的独立危险因素, 血管吻合($OR=0.080$, $P=0.001$)是保护因素。[结论] 患者自身吸烟, 患高血压病、糖尿病及术后早期发生血管危象者更易发生皮瓣色素沉着, 而血管吻合可以减少色素沉着的发生率。

关键词: 皮神经营养血管皮瓣, 皮肤色素沉着, 危险因素, 多因素逻辑回归分析, 相关因素

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 13-1194-05

Factors related to postoperative pigmentation of cutaneous neurotrophic vascular flaps // ZHANG Yi-han, WANG Hong-tao, WANG Hai-feng, JIA Xin-wei, WANG Hui. The Second Hospital of Tangshan City, Tangshan 063000, China

Abstract: [Objective] To investigate the factors related to pigmentation of cutaneous neurotrophic vascular flap for repair of soft tissue defect. [Methods] A retrospective study was conducted on 185 patients who received cutaneous neurotrophic vascular flap in emergency for repair of soft tissue defect in our hospital from January 2013 to February 2022. They were divided into pigmentation group and non-pigmentation group according to whether pigmentation occurred 3 months after the skin flap operation. Univariate comparison and multivariate logistic regression were used to analyze the factors related to the pigmentation. [Results] Among the 185 patients, 36 patients were confirmed as pigmented, accounting for 19.5%; while the remaining 149 cases were non-pigmented, accounting for 80.5%. As result of univariate comparison, the pigmented group proved significantly higher ratio than the non-pigmented group in terms of smoking [Y/N, (24/12) vs (67/82), $P=0.019$], diabetes [Y/N, (15/21) vs (25/124), $P=0.010$], hypertension [Y/N, (18/18) vs (28/121), $P<0.001$], early vascular crisis [Y/N, (14/22) vs (5/144), $P<0.001$], and the former had significantly greater time interval between injury and operation [(8.5±2.4) h vs (7.1±3.1) h, $P=0.019$]. However, the pigmented group was significantly lower than the non-pigmented group in ratios of vascular anastomosis [Y/N, (4/32) vs (75/74), $P<0.001$] and early flap survival [Y/N, (24/12) vs (145/4), $P<0.001$]. Regarding to logistic regression analysis, the early vascular crisis ($OR=20.228$, $P=0.042$), hypertension ($OR=7.727$, $P<0.001$), smoking ($OR=4.129$, $P=0.010$), diabetes ($OR=4.121$, $P=0.012$) were independent risk factors for skin flap pigmentation, while vascular anastomosis ($OR=0.080$, $P=0.001$) was of protective factors. [Conclusion] Skin flap pigmentation is more likely to occur in patients with smoking, hypertension, diabetes and early postoperative vascular crisis, while vascular anastomosis can reduce the occurrence of pigmentation.

Key words: cutaneous neurotrophic vascular flap, skin pigmentation, risk factors, multifactor logistic regression analysis, relative factors

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100404

△基金项目: 河北省医学科学研究计划项目(编号:20201453);河北省医学适用技术跟踪项目(编号:GZ2021030);唐山市科技计划项目(编号:22150219J)

作者简介: 张一晗, 硕士研究生, 研究方向: 骨外科学, (电子信箱)zyh1192703515@163.com

* **通信作者:** 王辉, (电子信箱)wanghuiyx@163.com

临床上皮神经营养血管皮瓣常用于创面修复、挛缩矫形及美容整形等^[1-3]。其类型主要有前臂外侧皮神经营养血管皮瓣^[4]、桡神经浅支营养血管皮瓣^[5]、腓肠神经营养血管皮瓣^[6,7]、隐神经营养血管皮瓣^[8]等。此类皮瓣血管恒定、血供充足，但其术后易发生色素沉着，表现为淡褐色或深棕色的色素斑，影响患肢美观，严重时影响患者心理健康。因此归纳整理色素沉着的相关影响因素，具有重要的临床指导意义。但目前国内外缺乏皮瓣术后发生色素沉着危险因素的相关研究。笔者研究总结了2013年1月—2022年2月本院手外急诊收治的185例行皮神经营养血管皮瓣治疗的病例，旨在分析皮瓣发生色素沉着的危险因素，为评估及降低皮瓣术后色素沉着的发生提供参考。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 接受任意一种皮神经营养血管皮瓣手术；(2) 单一部位缺损，且未使用如瓦合皮瓣等多皮瓣联合治疗；(3) 术前创面无感染。

排除标准：(1) 术前供受区部位已发生色素沉着；(2) 缺损部位存在严重感染风险如油漆等异物残留；(3) 患者依从性差，不能完成随访；(4) 未I期行皮瓣修复者。

1.2 一般资料

回顾性分析2013年1月—2022年2月于本院急诊行皮神经营养血管皮瓣治疗患者的临床资料，其中185例符合上述纳入标准，纳入本研究。男124例(67.0%)，女61例(33.0%)；年龄20~66岁，平均(43.8±12.5)岁；缺损部位：手65例(35.1%)，前臂30例(16.2%)，小腿38例(20.5%)，足52例(28.1%)。清创后缺损面积3.5 cm×2.4 cm~12.7 cm×5.9 cm；皮瓣大小4.0 cm×3.0 cm~13.5 cm×6.5 cm。本研究已通过医院伦理委员会审批(批号：TSEY-LL-L2023047)，患者均签署知情同意书。

1.3 手术方法

4种皮神经营养血管皮瓣的手术方法已有诸多文献报道^[9,10]，术前对皮瓣设计区予以超声多普勒检测，找到拟携带入皮瓣的血管神经，并标明其走行，从而标定皮瓣旋转点位置，以上准备对缩短手术时间及确保皮瓣血供安全有一定意义。前臂外侧皮神经营养血管皮瓣，以肱二头肌外侧缘与桡骨茎突或鼻烟窝连线为皮瓣轴线，携带前臂外侧皮神经与头静脉进入

皮瓣，旋转点常选在桡腕关节平面或稍近侧；桡神经浅支营养血管皮瓣以肘关节正中横纹线中外1/3至鼻烟窝为轴线，携带桡神经浅支与头静脉。腓肠神经营养血管皮瓣以外踝与跟腱连线的中点和腓窝中点的连线为轴线，皮瓣内携带腓肠内侧皮神经与小隐静脉^[11]。隐神经营养血管皮瓣以大隐静脉体表投影线为皮瓣轴线，皮瓣内携带大隐静脉与隐神经。

皮神经营养血管皮瓣在切取时应清楚显露皮神经及伴行血管，皮瓣蒂部保留2.0~3.0 cm的深筋膜，对于创面较大或肥胖的患者应适当增宽筋膜蒂，并拓宽隧道保证蒂部不受压。

1.4 评价指标

采用刘宁主编的《中医美容学》中关于炎症后色素沉着的临床表现^[12]和白癜风临床分型及疗效标准中的描述^[13]，对色素沉着拟定了如下标准：(1) 皮瓣区有局限性色素改变，抚之不碍手，边界清晰，无明显自觉症状；(2) 皮损颜色可出现深红色、暗红色或深褐色、黄褐色、浅褐色，色素大小不定，可分布较散，也可聚集成片；(3) 排除其他疾病引起的色素沉着。同时满足以上2条标准则记为发生色素沉着。

记录术前一般临床资料，包括年龄、性别、BMI、是否吸烟、是否患有合并症如糖尿病、高血压病、慢性泌尿系感染。记录损伤资料，包括缺损部位、缺损面积、损伤至手术时间、是否伴骨缺损。手术资料包括：麻醉方式、手术时间、皮瓣厚度、血管吻合、引流时间、早期血管危象、早期感染、早期存活情况。

1.5 统计学方法

采用SPSS 23.0统计软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，组间比较采用独立样本 t 检验，资料呈非正态分布采用秩和检验；等级资料组间比较采用秩和检验。计数资料采用卡方检验或Fisher检验。以是否色素沉着的二分变量为因变量，其他因素为自变量行二元多因素逻辑回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

皮神经营养血管皮瓣共185例，均存活，并均获随访。第3个月随访时判断皮瓣有无色素沉着，随访期间嘱咐患者注意防晒。36例最终确定发生色素沉着，占比19.5%；未发生色素沉着149例，占比80.5%。

2.2 是否色素沉着的单因素分析

185 例患者按照皮瓣术后是否发生色素沉着分为色素沉着组和无色素沉着组，两组患者一般资料见表 1，两组年龄、性别、BMI、慢性泌尿系感染情况差异无统计学意义 ($P>0.05$)，损伤资料中的缺损面积、部位、骨缺损情况，手术资料中的麻醉方式、手

术时间、引流时间、早期感染和皮瓣厚度差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。但是，色素沉着组吸烟、糖尿病、高血压病、早期血管危象的比率显著高于无色素沉着组 ($P<0.05$)，损伤至手术时间显著长于无色素沉着组 ($P<0.05$)，行血管吻合和皮瓣早期存活的比率显著低于无色素沉着组 ($P<0.05$)。

表 1. 色素沉着组和非色素沉着组单因素比较

Table 1. Univariate comparison between the pigmented group and non-pigmented group

指标	项目	色素沉着组 (n=36)	无色素沉着组 (n=149)	P 值
一般资料	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	43.7±14.6	43.8±12.0	0.960
	性别 (例, 男/女)	27/9	108/41	0.400
	BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	23.9±3.0	23.8±3.0	0.813
	吸烟 (例, 是/否)	24/12	67/82	0.019
	糖尿病 (例, 是/否)	15/21	25/124	0.010
	高血压病 (例, 是/否)	18/18	28/121	<0.001
	慢性泌尿系感染 (例, 是/否)	3/33	6/146	0.281
损伤资料	损伤至手术时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	8.5±2.4	7.1±3.1	<0.001
	缺损面积 (cm ² , $\bar{x} \pm s$)	50.2±18.2	46.5±16.2	0.229
	部位 (例, 手/臂/小腿/足)	15/4/11/6	50/26/27/46	0.137
	骨缺损 (例, 是/否)	3/33	14/135	0.843
手术资料	麻醉方式 (例, 全麻/区域)	0/36	3/146	>0.999
	手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	148.6±24.6	144.2±24.1	0.321
	早期血管危象 (例, 是/否)	14/22	5/144	<0.001
	血管吻合 (例, 是/否)	4/32	75/74	<0.001
	引流时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	11.4±3.8	10.2±3.4	0.052
	早期感染 (例, 是/否)	10/26	60/89	0.165
	早期存活 (例, 全部/部分)	24/12	145/4	<0.001
	皮瓣厚度 (例, 复合瓣/全皮瓣/超薄瓣)	9/25/2	36/106/7	0.969

2.3 是否色素沉着的多因素逻辑回归分析

以是否色素沉着的二分变量为因变量，其他因素为自变量，行二元多因素逻辑的回归分析结果见表 2。模型分类能力为 80.5%，经卡方检验模型有效 ($\chi^2=79.354, P<0.001$)。结果表明：早期血管危象

($OR=20.228, P=0.042$)、高血压 ($OR=7.727, P<0.001$)、吸烟 ($OR=4.129, P=0.010$)、糖尿病 ($OR=4.121, P=0.012$) 是皮瓣发生色素沉着的危险因素，而血管吻合 ($OR=0.080, P=0.001$) 是保护因素。

表 2. 色素沉着是否发生的多因素逻辑回归分析结果

Table 2. Multivariate logistic regression analysis of whether pigmentation and non-pigmentation happened

变量	B 值	标准误	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
年龄	-0.008	0.020	0.182	0.670	0.992	0.954~1.031
性别	-0.046	0.575	0.006	0.937	0.955	0.309~2.952
损伤至手术时间	0.128	0.067	3.607	0.058	1.136	0.996~1.296
吸烟	1.418	0.552	6.596	0.010	4.129	1.399~12.185
早期血管危象	3.007	1.482	4.116	0.042	20.228	1.107~369.487
血管吻合	-2.523	0.725	12.109	<0.001	0.080	0.019~0.332
高血压	2.045	0.584	12.273	<0.001	7.727	2.462~24.257
糖尿病	1.416	0.566	6.257	0.012	4.121	1.359~12.500
早期存活	0.237	1.689	0.020	0.888	1.267	0.046~34.688

3 讨论

皮肤色素沉着的发生机制较为复杂, 尚未探明原理^[14, 15]。但据以往报道, 其主要与黑素合成、运输和代谢障碍有关, 而皮瓣淤血、微循环障碍、炎症介质介导等因素会加重皮肤色素沉着。

本研究结果显示, 患者吸烟与皮神经营养血管皮瓣术后皮瓣发生色素沉着呈正相关 ($OR=4.129, P=0.010$), 吸烟可减慢皮瓣血管吻合口内皮的愈合, 造成微循环障碍^[16], 从而引发血管危象, 减慢皮瓣的愈合速度, 易产生色素沉着, 甚至造成皮瓣部分或完全坏死^[17]。因戒烟或在皮瓣愈合期间禁止患者吸烟是合理的措施, 应被采取, 而对于有吸烟史的患者, 应监控皮瓣血运。

高血压病与色素沉着发生呈正相关 ($OR=7.727, P<0.001$), 高血压病与微循环障碍的关系早已被证实^[18], 微循环是血管阻力增加的关键部位, 小动脉和毛细血管密度降低存在于高血压病的各个阶段与分型, 甚至是早期高血压就可以被观察到。高血压病患者微循环障碍, 术后发生色素沉着风险更高。

糖尿病与色素沉着发生呈正相关 ($OR=4.121, P=0.012$)。据国外文献报道, 高血糖可以阻断炎症反应和抑制新生血管生成, 造成微血管阻塞, 从而限制伤口愈合, 为微循环障碍的重要病因^[19]。糖尿病患者体内代谢紊乱, 易在血管吻合口处产生血栓, 诱发血管危象, 故糖尿病患者更易出现皮瓣术后的色素沉着。

早期血管危象与色素沉着发生呈正相关 ($OR=20.228, P=0.042$), 早期微循环栓塞为其主要原因^[20], 此外皮瓣蒂部受压, 皮瓣张力过大, 旋转角度过大, 感染等都可引起。早期血管危象是皮瓣坏死的重要原因, 其血液循环障碍易发生色素沉着。血管危象发生较为隐蔽, 术后前3d的检测尤为重要, 早期发现, 通过去除病因, 如将过紧缝线拆除, 或使用药物和仪器进行治疗, 可以有效减少对皮瓣的影响, 从而提高皮瓣成活率, 减少色素沉着发生率。据近期报道, 热成像仪检测皮瓣血管危象具有一定疗效。

血管吻合与色素沉着发生呈负相关 ($OR=0.080, P=0.001$), 皮神经营养血管皮瓣中携带1条皮神经与其滋养血管, 是双血供皮瓣, 血供安全可靠, 如果术中情况允许, 将皮瓣内动静脉血管和皮神经与受区对应组织吻合, 将显著提高皮瓣的成活率。足够质量或数量的穿支血管可同时解决动脉灌注不足和静脉回流

问题^[21], 增强皮瓣的血液循环, 减轻皮瓣淤血水肿, 降低皮瓣术后色素沉着的发生概率。

综上所述, 皮神经营养血管皮瓣发生色素沉着并非不可避免, 科学的调控影响皮瓣色素沉着发生的多种因素, 规避危险因素, 完善保护因素, 能够有效预防色素沉着的发生。本研究也存在一定局限性, 需增加样本量, 回顾性研究具有一定片面性, 需要前瞻性研究来进一步确定各个因素与色素沉着发生的因果关系。

参考文献

- [1] 范宾, 高顺红, 张云鹏, 等. 腓肠外侧皮神经营养血管皮瓣修复小腿大面积软组织缺损 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (12): 1148-1150. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.12.22. Fan B, Gao SH, Zhang YP, et al. Lateral sural cutaneous neurotrophic vascular flap for the repair of large soft tissue defects in the lower leg [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (12): 1148-1150. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.12.22.
- [2] 王辉, 杨晓溪, 霍永鑫, 等. 双皮神经吻合局部带蒂皮瓣修复拇指缺损 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (18): 1689-1692. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.18.12. Wang H, Yang XX, Huo YX, et al. Double cutaneous nerves anastomosed local pedicle flap for repair of thumb defect [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (18): 1689-1692. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.18.12.
- [3] Wang H, Yang XX, Huo YX, et al. Clinical effects of neurocutaneous vascular flap innervated by terminal branch of lateral antebrachial cutaneous nerve in repairing finger tip or finger pulp wounds of the thumb [J]. Chin J Burns, 2021, 37 (8): 758-763. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200607-00298.
- [4] Xie A, Zhang J, Lu A, et al. Effectiveness of retrograde island neurocutaneous flap pedicled with lateral antebrachial cutaneous nerve in treatment of hand defect [J]. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi, 2014, 28 (12): 1498-1501. DOI: 10.7507/1002-1892.20140324.
- [5] 孙军, 潘新. 吻合头静脉及桡神经浅支营养血管筋膜皮瓣在临床中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2014, 22 (14): 1335-1337. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2014.14.21. Sun J, Pan X. Clinical application of fascial flap anastomosing cephalic vein and superficial branch of radial nerve nutrient vessel. [J]. Orthopedic Journal of China, 2014, 22 (14): 1335-1337. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2014.14.21.
- [6] Chi Z, Chen Y, Chu T, et al. Distally based sural neuro-fasciocutaneous perforator flap for foot and ankle reconstruction: surgical modifications for flap pedicle and donor site closure without skin graft [J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2018, 71 (2): 224-231. DOI: 10.1016/j.bjps.2017.10.021.
- [7] Hu C, Lian Y, Fan X, et al. Treating foot injuries by grafting pedicled distal peroneal artery perforator flaps [J]. J Coll Physicians

- Surg Pak, 2019, 29 (7) : 685-687. DOI: 10.29271/jcsp.2019.07.685.
- [8] Wang ZQ, Cao YL, Huang YF, et al. Cross-leg repair of large soft-tissue defects in distal sites of the feet by distally based neuro-fasciocutaneous flaps with perforating vessels [J]. Genet Mol Res, 2014, 13 (3) : 5484-5491. DOI: 10.4238/2014.July.25.1.
- [9] 徐永清, 何晓清, 陈雪松, 等. 手和足部创面修复时四种吻合血管的皮神经营养血管穿支皮瓣的选择 [J]. 中华显微外科杂志, 2020, 43 (4) : 331-337. DOI: 10.3760/cma.j.cn441206-20200218-00068.
- Xu YQ, He XQ, Chen XS, et al. Selection of 4 kinds of neurocutaneous perforator flap with vascular anastomosis for repair of hand and foot wounds [J]. Chinese Journal of Microsurgery, 2020, 43 (4) : 331-337. DOI: 10.3760/cma.j.cn441206-20200218-00068.
- [10] 邹方亮, 王庚启. 远端蒂腓肠神经营养血管皮瓣联合外固定支架治疗胫骨下段开放性骨折的效果分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (6) : 558-560. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.06.17.
- Zou FL, Wang GQ. Effect analysis of distal sural neurotrophic vascular flap combined with external fixation scaffold in the treatment of open fracture of lower tibia [J]. Orthopedic Journal of China, 2017, 25 (6) : 558-560. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.06.17.
- [11] 孙喜平. 三种皮瓣治疗小腿足踝部皮肤软组织缺损的临床应用分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2011, 19 (21) : 1794-1796. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2011.21.09.
- Sun XP. Clinical application of three kinds of flaps in the treatment of skin and soft tissue defects in the leg, foot and ankle [J]. Orthopedic Journal of China, 2011, 19 (21) : 1794-1796. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2011.21.09.
- [12] 刘宁. 中医美容学 [M]. 中国中医药出版社, 2016.
- Liu N. TCM cosmetology [M]. China Press of Traditional Chinese Medicine, 2016.
- [13] 中国中西医结合学会皮肤性病专业委员会色素病学组. 黄褐斑的临床诊断和疗效标准 (2003年修订稿) [J]. 中华皮肤科杂志, 2004, 37 (7) : 440. DOI: 10.3760/j.issn:0412-4030.2004.07.027.
- Pigmentology Group, Dermatological and Venereal Diseases Committee, Chinese Association of Integrated Traditional and Western Medicine. Criteria for clinical diagnosis and efficacy of melasma (Revised in 2003) [J]. Chinese Journal of Dermatology, 2004, 37 (7) : 440. DOI: 10.3760/j.issn:0412-4030.2004.07.027.
- [14] 张少楠, 黄晓晖, 岳慧杰. 多粘菌素 B 相关皮肤色素沉着的研究进展 [J]. 药物不良反应杂志, 2020, 22 (1) : 38-41. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-5734.2020.01.008.
- Zhang SN, Huang XH, Yue HJ. Research progress of polymyxin B-associated skin hyperpigmentation [J]. Adverse Drug Reactions Journal, 2020, 22 (1) : 38-41. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-5734.2020.01.008.
- [15] 李承新, 王玲. 皮肤色素沉着发生机制研究进展 [J]. 中国美容医学, 2009, 18 (9) : 1372-1375. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6455.2009.09.070.
- Li CX, Wang L. New recognition and biological research progresses of skin pigmentation [J]. Chinese Journal of Aesthetic Medicine, 2009, 18 (9) : 1372-1375. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6455.2009.09.070.
- [16] Sandler P, Mastella B, Uchoa D, et al. The effects of passive tobacco smoking on the microcirculation of the abdominal wall in rats [J]. Acta Cirurgica Brasileira, 2016, 31 (11) : 714-719. DOI: 10.1590/S0102-865020160110000002.
- [17] Troiano C, Jaleel Z, Spiegel JH. Association of electronic cigarette vaping and cigarette smoking with decreased random flap viability in rats [J]. JAMA Facial Plast Surg, 2019, 21 (1) : 5-10. DOI: 10.1001/jamafacial.2018.1179.
- [18] Konukoglu D, Uzun H. Endothelial dysfunction and hypertension [J]. Adv Exp Med Biol, 2017, 456 : 511-540. DOI: 10.1007/5584_2016_90.
- [19] Kim YS, Lee HY, Jang JY, et al. Redox treatment ameliorates diabetes mellitus-induced skin flap necrosis via inhibiting apoptosis and promoting neoangiogenesis [J]. Exp Biol Med (Maywood), 2021, 246 (6) : 718-728. DOI: 10.1177/1535370220974269.
- [20] Las DE, de Jong T, Zuidam JM, et al. Identification of independent risk factors for flap failure: a retrospective analysis of 1530 free flaps for breast, head and neck and extremity reconstruction [J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2016, 69 (7) : 894-906. DOI: 10.1177/1535370220974269.
- [21] 陈雪松, 肖茂明, 王元山, 等. 改良逆行皮神经营养血管皮瓣修复肢端组织创面 [J]. 中华显微外科杂志, 2009, 32 (1) : 66-68. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2009.01.031.
- Chen XS, Xiao MM, Wang YS, et al. The modified retrograde cutaneous neurotrophic vascular flap was used to repair the wound of the limb tissue [J]. Chinese Journal of Microsurgery, 2009, 32 (1) : 66-68. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2009.01.031.

(收稿:2023-06-08 修回:2023-12-04)

(同行评议专家: 冯亚高, 闫江涛)

(本文编辑: 闫承杰)