

口腔颌面部血管化游离组织瓣血管危象的研究进展

周旺¹ 吕伟华¹ 彭利伟²

¹河南大学口腔医学院, 郑州 450000; ²河南省人民医院口腔颌面外科, 郑州 450000

通信作者: 彭利伟, Email: pengliw2003@aliyun.com

【摘要】 血管危象是血管化游离组织瓣移植过程中可能遇到的棘手问题, 处理不当会导致皮瓣移植失败等严重后果。术中血管危象的发生会明显延长手术时间, 增加患者身体机能的消耗, 并且加重术者的操作疲劳, 降低手术效率。术后血管危象一般需要手术探查, 对患者及术者都是重要负担, 若未能及时发现或者处理不当, 就可能引起皮瓣移植失败。因此, 临床上血管危象的预防、及时发现和有效处理能够一定程度上减轻患者身心及经济负担。本文拟对血管化游离组织瓣血管危象的相关研究进展进行综述。

【关键词】 游离皮瓣; 血管危象; 血管吻合; 口腔颌面缺损; 修复重建外科; 显微外科

基金项目: 河南省医学科技攻关项目(201304040)

引用著录格式: 周旺, 吕伟华, 彭利伟. 口腔颌面部血管化游离组织瓣血管危象的研究进展[JOL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2024, 18(3): 206-210.

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.03.011

Research progress on vascular crisis of vascularized free flap in oral and maxillofacial regions

Zhou Wang¹, Liu Weihua¹, Peng Liwei²

¹Henan University School of Stomatology, Zhengzhou 450000, China; ²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450000, China

Corresponding author: Peng Liwei, Email: pengliw2003@aliyun.com

【Abstract】 Vascular crisis is a thorny problem which may be encountered during the process of vascularized free flap transplantation. Improper handling can lead to serious consequence, such as flap transplantation failure. The occurrence of intraoperative vascular crisis can significantly prolong surgical time, aggravate the patient's physical function consumption, exacerbate the operator's fatigue, and lower surgical efficiency. Dealing with postoperative vascular crisis usually requires surgical exploration, which is an important burden for both the patient and the surgeon. Once it is not detected in time or mishandled, it may lead to flap transplantation failure. Therefore, the prevention, timely detection, and effective management of vascular crisis in clinical practice can reduce the physical, mental, and

economic burden on patients to some extent. This article aimed to review the research progress on vascular crisis in vascularized free tissue flaps.

【Key words】 Free tissue flap; Vascular crisis; Vascular anastomosis; Oral maxillofacial defects; Reconstructive surgery; Microsurgery

Fund program: Medical Science and Technology Research Project of Henan Province(201304040)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.03.011

血管化游离组织瓣是指通过血管吻合的方式, 将游离的组织瓣与缺损部分的血管吻合, 从而达到修复缺损区域的效果, 其保证皮瓣成活的首要前提是血运重建的成功, 此方法目前已经成为修复口腔颌面组织大面积缺损的首要方案^[1]。血管危象是该类手术的主要并发症, 血管危象的预防和及时正确处理可以很大程度地减少皮瓣失败率^[2-3]。

一、血管危象的定义、分类及一般特征

血管危象是指游离组织瓣在经过血管吻合后, 因各种原因造成的血液循环障碍, 主要原因是血管吻合处血栓的形成^[4]。颌面部血管化游离组织瓣主要分为两类: (1)皮瓣, 最常见的为股前外侧皮瓣和前臂桡侧皮瓣; (2)骨瓣, 最常见的为腓骨瓣和髂骨瓣。研究最多的是股前外侧皮瓣, 各类组织瓣的血管危象的发生率差别不大, 约为3%~17%^[5-8]。血管危象分为动脉血管危象和静脉血管危象, 动脉血管危象发生较少, 一般发生于术中和术后早期, 抢救成功率远远低于静脉血管危象。有研究报道, 动脉血管危象大部分发生于术中的血管痉挛, 而静脉血管危象主要发生在术后的血管栓塞^[9]。Yang等^[2]总结了10年内的1 072例股前外侧皮瓣修复在头颈部重建修复病例, 统计了血管危象共44例, 其中静脉血管危象39例、动脉血管危象仅5例, 绝大部分在术后48 h内发生, 抢救成功率为43.6%, 而动脉血管危象抢救成功率仅为20%。

二、血管危象发生原因

目前, 血管危象的多因素分析仍然是研究热点, 其发生原因主要与患者自身条件、术中操作和术后护理等相关^[5,10]。

1. 患者身体自身条件及基础病: 通过患者自身情况判断其是否处于高凝状态(糖尿病、肿瘤晚期)^[11]。血管内皮是否完整是影响血栓出现的重要因素: (1)血糖可以降解血管壁的保护层, 导致血管内壁更加薄弱; (2)血管吻合后, 高血糖状态下损伤的血管内皮细胞难以修复愈合^[12]。吻合血管的

动脉粥样硬化会造成血管脆性增大、血管腔狭窄,导致术中吻合血管难度增加,甚至失败^[13]。但也有研究指出,动脉粥样病变在血管吻合成功后,皮瓣的血流和血红蛋白氧饱和度与正常患者无明显差异^[14]。吸烟、肥胖和术前放疗会增加血管危象发生率,增加皮瓣坏死发生率^[15]。Caprini评分已经广泛用于评估整形手术和头颈部手术等许多外科患者的术后深静脉血栓风险,对血管危象发生风险具有一定的指导作用^[16]。

2. 术中操作及血管选择:在受区血管能够保留的前提下,根据供体血管粗细的不同,受体目标血管可以灵活选择。目标血管的选择与血管危象的发生及皮瓣存活相关,受区血管选择颈内静脉分支比选择颈外静脉分支发生血管危象的风险更低^[17]。最常选择的动脉血管是面动脉,其次是甲状腺上动脉,而静脉最常使用的是面静脉,面动脉及面静脉的优点在于其部位位于颌面外科常见皮瓣手术的居中区域,且容易解剖,另外血管管径和现在主流皮瓣的供区血管管径相差不大。增加静脉吻合数量,可以增加其血液循环通路,若其中一条发生静脉栓塞,其他静脉可以继续发挥静脉回流作用,从而降低皮瓣失败的风险^[18]。血管蒂的长度合适,一般维持在无张力或者小张力,不能过长而曲折,也不能过短导致血管被过分牵拉,另外需根据近心端-远心端血流方向安置血管蒂,可以用缝线固定,避免其扭转和折叠^[10]。血管吻合方式一般分为端端吻合和端侧吻合,口腔颌面外科手术中常用的是端端吻合,不同于端端吻合的层流状态,端侧吻合的血流状态可能更有利于血栓的形成,端侧吻合的血管危象发生率也高于端端吻合^[19]。口腔颌面皮瓣修复中吻合方法目前主要是在血管吻合器下吻合和手工吻合两种,血管吻合器由于其特有的设计,可以很好地支撑吻合口,利于术中吻合,减少术中血管痉挛可能,还可以在术后保证血管通路,使得静脉吻合口几乎不会出现坍塌、折叠等情况,保证了吻合静脉最大限度地接近自然血管,减少发生动静脉血管危象的风险^[20]。口腔颌面游离皮瓣重建中引流方式一般选择负压引流,负压引流管不能与血管蒂直接接触,且需要良好固定,才能安全有效的引流局部积液^[10]。在手术中也可以对患者的凝血出血情况有个粗略评估。另外减少血管危象的发生及加大皮瓣成功率,术者的经验及熟练度也是极为重要^[21]。

3. 术后护理:由于手术时间长、创伤大,术后护理格外重要。术后应常规头部制动,头可略偏向健侧,避免吻合血管的压迫和过分牵拉^[22]。温度是术后护理另一个重要的方面,寒冷会导致全身血管收缩,促进血管并发症的发生,术后应持续监测并维持体温37℃左右^[23]。

三、血管危象的监测方法

有研究指出,血管危象越早发现其抢救的成功率越高^[24]。因此,及时发现血管危象可以有效的降低皮瓣失败率。

1. 直接观察法:目前最常用的方法仍然是直接观察法^[10]。尽管直接观察法不适用于非暴露皮瓣,比如单纯髂骨瓣和腓骨瓣,但是仍然被认为是血管化游离皮瓣监测血管危象的金标准^[25]。直接观察法包括:(1)皮瓣的皮肤颜色;(2)肿胀程度;(3)皮瓣温度;(4)毛细血管再充盈时间;(5)针刺试

验。其中针刺试验作为前4种方法不确定的情况下由医生操作,因而不作为常规检测方法。术后应定期观测,监测间隔时间在不同医疗中心规范不同,Chubb等^[26]提出第1天每0.5h监测1次,第2天每1h监测1次,第3天每2h监测1次,此后每4h监测1次,直到第7天停止观察。直接观察法结果是可靠的,但是需要接受过系统化培训的专业人员。近期有研究提出,使用非接触式红外线测温仪对皮瓣中心点、边缘12点、3点、6点和9点的“五点法”测量皮瓣温度,其平均温度对全身皮瓣(包含颌面部皮瓣)血管危象的预测性良好,优于“单点法”(皮瓣中心),其临界值为35.96℃,但数值可能与仪器和皮瓣部位相关^[27]。

2. 仪器监测方法:仪器监测主要分为无创和侵入性两类。无创监测主要分为多普勒超声、彩色多普勒超声、激光多普勒、近红外光谱和高光谱成像;侵入性分为埋入式多普勒和流耦合器^[28]。多普勒超声听诊仪由于其方便、快速和低成本等优点,被广泛用于配合直接观察法使用,但是由于深度限制及周围血管干扰,其探测结果并没有那么精确^[29]。彩色多普勒超声是一种无创实时监测方法,优点在于可以可视化和量化皮瓣血管蒂的动脉和静脉流量,它适用于监测埋藏皮瓣,是一种高效、可靠的用于血管化游离骨瓣术后评估的方法^[30-31];缺点在于不能连续监测和同时需要超声技术员、放射科医生和外科医生的配合,以及高设备报价^[32]。激光多普勒血流法是一种测量组织灌注的无创连续监测方法,缺点在于组织穿透深度在8mm以下,不适用于埋入式皮瓣^[25],以及昂贵的启动和维护成本^[33]。

非侵入性光学方法包括近红外光谱、高光谱成像,近红外光谱其优点在于无创、实时动态监测,成本相对合适,被认为是现代的、有前途的皮瓣监测技术,但是目前仍然缺乏大量数据验证^[28]。埋入式多普勒由于是直接附着于吻合血管上,所以能够直接监测吻合血管血流的连续信号和适用于埋入式皮瓣的监测^[34]。虽然,设计为只需要轻轻一拉就能取出植入物,但是仍有极少数情况下会导致皮瓣受损^[35],且穿入皮瓣内的连接装置可能增加感染风险^[29]。流量耦合器是指常用的耦合器与可植入的超声微多普勒探头相结合,由于耦合器一般用于静脉吻合,所以此装置一般用于术后持续监测静脉吻合,信号的改变或丢失可能表明微血管受损^[36]。有研究证实,流量耦合器是头颈部皮瓣监测的一种安全可靠的辅助手段^[36]。吲哚青绿造影可以较为精准地定位穿支血管部位和数量,在大鼠实验中也证实可以用于诊断血管危象类型和监测发生时间^[37],在皮瓣的监测中有积极的研究意义。

3. 生化指标:血管危象主要是由于血管栓塞引起,血栓是由于各种生化因素共同作用形成的,因此相关生化指标也可以反映血管危象的风险。目前,研究与血管危象风险有关的生化指标主要有D-二聚体、纤维蛋白原、白蛋白、低密度脂蛋白、血糖、钾离子浓度、手术前后红细胞计数差值、术前血小板、术后白细胞计数和淋巴结转移^[5,7,38-42]。

D-二聚体已成为最常用的凝血生化指标,被认为是凝血和纤溶激活的生物标志物,主要用于排除深静脉血栓和预测

血栓栓塞风险^[43],高值被证实可以用评估口腔颌面血管化皮瓣移植中血管危象的风险^[38,41]。纤维蛋白原又称为凝血因子I,直接参与血液凝固、血栓形成过程,研究发现血浆纤维蛋白原水平的升高会增加高凝状态风险,加大静脉血栓形成风险^[44],高值被证实会增加口腔颌面部血管化游离皮瓣移植的血管危象风险^[5,38,40,42]。白蛋白是人体重要的营养物质之一,除了能维持正常的交替渗透压以外,同时还可以保持毛细血管内膜的完整性,增强抗血小板的凝集,抑制血栓的形成,故其浓度的降低会增加血管危象的风险^[41]。血液中过高的低密度脂蛋白会与血小板表面的特异性受体结合,从而诱导血小板聚集和释放,并且可以通过诱导血液内皮细胞凋亡基因的表达而损伤内皮细胞,在双重作用下,增加游离皮瓣吻合口血栓形成的发生率^[40]。钾离子可以通过多种途径发挥降血压功能,皮瓣术后正常范围内低水平钾离子浓度会维持血压在较高水平,引起血管壁扩展,从而发挥降低吻合口血管血栓形成的风险^[39,45]。手术前后红细胞计数差值越大,发生血管危象的风险越大,这可能与红细胞计数显著波动改变了血流动力学,也可能与红细胞中的血红蛋白值变化和携氧能力有关^[39]。血小板聚集是激活凝血级联所必需的,其最终产物是血栓形成,因此血小板诱导的高凝性是一些微血管吻合口血栓形成的可能原因,相关研究也指出术前血小板增多导致患者早期皮瓣失败率增加^[46]。术后白细胞计数升高是术后高凝状态的独立危险因素,可增加血管危象风险,可能主要通过血管内皮损伤、血液高度浓缩和抗凝作用减弱等机制相关^[11]。存在淋巴结转移的患者体内肿瘤细胞的扩散和转移更加明显,肿瘤分泌因子增高导致体内凝血因子活性升高,使机体处于高凝状态,利于血栓的形成^[7,47]。

生化指标作为预测血管危象风险直观且可计量,具有临床指导价值,以上生化指标是由多篇研究文章总结归纳而来,但可能是因血管危象发生率低、研究病例不足和血栓形成多种原因混合作用结果等,部分指标在某些研究报道中与血管危象的发生不相关。血栓弹力图通过体外凝血过程全面反映血液凝固的即时动态变化,考虑了各种凝血的血液成分之间的相互作用,可以用作凝血状态的评估,对口腔颌面游离皮瓣的血管危象的发生具有预测作用^[48]。

四、血管危象的预防和处理

1. 术前准备:术前应该完善各种相关检查检验,评估血管危象风险,处理相关基础疾病,如糖尿病等。术前对供区行CT血管造影(CT Angiography, CTA)检查,可以获得供区血管解剖的三维可视化模型,评估、挑选和定位优势穿支血管,排除供区血管病变^[49]。

2. 术中操作:术中应该精细操作,避免血管蒂周围组织热损伤。选择颈内静脉分支、端端吻合方式、血管吻合器吻合、多条静脉回流和止血彻底可以有效减少血管危象的发生。另外,埋入式皮瓣比非埋入式皮瓣术后更难监测,所以埋入式皮瓣一般可以选择带皮岛,并且有研究指出口腔颌面部埋入式皮瓣皮岛选择策略,利于术后监测^[50]。术中一般发生的血管危象是动脉痉挛,可选择抗痉挛、升压和保温等措施。

3. 术后监测及用药:术后抗凝药的使用、保持皮瓣正常温度可以较少血管危象的发生。术后应常规抗凝,抗凝药的种类和剂量目前并没有统一方案,Dawoud等^[51]在最新的一篇Meta分析指出,在口腔颌面部皮瓣修复重建患者中,为了预防深静脉血栓和肺栓塞,进行预防性抗凝是必须的,一般选择每日预防剂量的低分子肝素,但不建议额外增加剂量预防血管危象的发生,这样不能减少血管危象的发生和皮瓣失败率,反而会加重水肿和出血的风险。高凝状态患者可由血液科评估后是否需要提前额外增加抗凝药物^[52]。合理运用改善微循环药物,如包括抗凝药物(低分子肝素)、增加血容量(低分子右旋糖酐)和抗痉挛药物(前列地尔)等,可以明显降低血管危象的发生率^[52]。术后应定期进行血清生化检验,查看D-二聚体、纤维蛋白原等相关指标,分析血管危象风险并及时处理,有条件可行血栓弹力测定。口腔颌面部的皮瓣监测方法,一般选择直接观察法和多普勒超声结合方法,其他方法有条件可以作为辅助监测方案^[53]。动静脉血管危象术后表现是不一样的,动脉血管危象主要表现为皮瓣苍白、干瘪,而静脉血管危象主要表现为肿胀、积血,当不能明确血管危象时,针刺试验是个很好的选择。

4. 血管危象发生的处理:血管危象形成的主要原因有血栓形成、血管痉挛、血管蒂受压或者牵拉等,最佳解救措施是尽早手术探查,明确血管危象的原因,及时去除病因^[54]。静脉血管危象常见原因是血栓形成,处理重点在于手术探查取出血栓块,配合运用改善微循环药物。但近期有研究报道,血管危象若被及早发现,采用红外线照射、肝素冲洗和针刺放血等措施能够缓解大部分的静脉血管危象,但对动脉血管危象无效^[27]。动脉血管危象常见原因是血管痉挛,可以于手术探查时局部运用抗痉挛药物,皮瓣术后常规用药也应该包括抗痉挛药物。动脉血管危象特点在于其难以发现,发现时往往已错过最佳抢救时间,因此动脉危象抢救成功率明显低于静脉危象^[55]。血管危象造成皮瓣坏死和部分坏死时,可以选择二次游离皮瓣修复、局部皮瓣和二期修复,根据患者的自身条件选择其最适合的方案^[56]。部分血管化游离骨瓣在经过严重血管危象后可转化为非血管化骨瓣移植^[57]。

五、结论和展望

综上所述,在进行口腔颌面部血管化游离皮瓣的移植过程中,血管危象的发生率较低,但一旦发生就会引起严重的后果,甚至引起移植失败。为了预防血管危象的发生,应该从术前、术中和术后各个方面进行评估和干预。术后血管危象的监测方式目前最常用的是直接观察法和多普勒超声相结合,其他监测方法需要更多的临床实践验证。一旦发生血管危象应该尽早处理和手术探查,提高抢救成功率。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Takaya A, Higashino T, Oshima A, et al. Clinical assessment of early mobilization after head and neck free flap reconstruction: A retrospective case-control study [J]. J Plast Reconstr Aesthet

- Surg, 2022, 75(11): 3997-4002. DOI: 10.1016/j.bjps.2022.08.047.
- [2] Yang Q, Ren ZH, Chickooree D, et al. The effect of early detection of anterolateral thigh free flap crisis on the salvage success rate, based on 10 years of experience and 1 072 flaps [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2014, 43(9): 1059-1063. DOI: 10.1016/j.ijom.2014.06.003.
- [3] 倪松,朱一鸣,李德志,等. 游离组织瓣修复头颈肿瘤术后缺损血管危象的处理[J]. *中华肿瘤杂志*, 2015, 37(11): 855-858. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2015.11.012.
- [4] Hidalgo DA, Jones CS. The role of emergent exploration in free-tissue transfer: A review of 150 consecutive cases [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1990, 86(3): 492-498.
- [5] 李伟伟,覃小荣,唐小芳,等. 股前外侧穿支皮瓣修复口腔颌面部肿瘤术后缺损发生血管危象的相关因素分析[J]. *中国美容医学*, 2023, 32(5): 162-166. DOI: 10.15909/j.cnki.cn61-1347/r.005688.
- [6] 单振锋,周晓,喻建军,等. 应用血管化游离组织瓣修复头颈部肿瘤缺损时血管危象的临床分析[J]. *河南医学研究*, 2022, 31(8): 1351-1354. DOI: 10.3969/j.issn.1004-437X.2022.08.002.
- [7] 陈玉,雷银富,吴和梅,等. 口腔颌面部肿瘤患者修复重建后游离皮瓣血栓形成的危险因素[J]. *中国美容整形外科杂志*, 2023, 34(11): 688-691+后插7. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7040.2023.11.012.
- [8] 热孜亚·艾海提. 159例血管化游离皮瓣修复颌面部缺损病例的回顾性研究[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学, 2022.
- [9] 赵云富,姜晓钟,刘渊,等. 口腔颌面部吻合血管游离组织移植后血管危象的临床分析[J]. *口腔颌面外科杂志*, 2003, 13(1): 73-74+77. DOI: 10.3969/j.issn.1005-4979.2003.01.026.
- [10] 李春洁,韩波,朱桂全. 口腔颌面部缺损游离皮瓣修复中血管吻合的技巧及关键点[J]. *华西口腔医学杂志*, 2022, 40(3): 271-278. DOI: 10.7518/hxkq.2022.03.004.
- [11] 鲁明,洪育明,郑朝晖,等. 头颈肿瘤游离皮瓣修复术后高凝状态的影响因素分析[J]. *中国癌症杂志*, 2021, 31(4): 317-322. DOI: 10.19401/j.cnki.1007-3639.2021.04.011.
- [12] van der Toorn FA, de Mutsert R, Lijfering WM, et al. Glucose metabolism affects coagulation factors: The NEO study [J]. *J Thromb Haemost*, 2019, 17(11): 1886-1897. DOI: 10.1111/jth.14573.
- [13] Dediol E, Uglešić V, Cikara I. Advanced atherosclerosis of the vascular pedicle of radial forearm free flap in head and neck diabetic patient [J]. *J Plast Surg Hand Surg*, 2013, 47(1): 73-74. DOI: 10.3109/2000656X.2012.675882.
- [14] Ooms M, Heitzer M, Winnand P, et al. Impacts of vascular comorbidities on free flap perfusion in microvascular head and neck reconstruction [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2023, 280(7): 3375-3382. DOI: 10.1007/s00405-023-07913-1.
- [15] 彭小伟,喻建军,李赞,等. 游离皮瓣修复头颈缺损皮瓣坏死原因分析[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2015, 50(2): 118-122. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2015.02.006.
- [16] Bengur FB, Saadoun R, Moroni EA, et al. Venous thromboembolism rates after free flap reconstruction of the head and neck region [J]. *Ann Plast Surg*, 2023, 90(6S Suppl 5): S447-S451. DOI: 10.1097/SAP.0000000000003520.
- [17] Fukuiwa T, Nishimoto K, Hayashi T, et al. Venous thrombosis after microvascular free-tissue transfer in head and neck cancer reconstruction [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2008, 35(3): 390-396. DOI: 10.1016/j.anl.2007.10.005.
- [18] Nagabhushanaiah MK, Srinivas VM, Parasuramulu SB, et al. A comparative study of clinical outcome in ALT free flap reconstruction using superficial or deep and single or dual recipient vein anastomosis in different sites [J]. *Microsurgery*, 2023, 43(5): 490-495. DOI: 10.1002/micr.31055.
- [19] Murugan MS, Mudigonda SK. End-to-side versus end-to-end venous anastomosis using couplers in mandibular reconstruction: A comparative study [J]. *J Maxillofac Oral Surg*, 2022, 21(1): 247-252. DOI: 10.1007/s12663-020-01498-6.
- [20] 李承靖,后军,薛浩伟,等. 两种血管吻合方式在游离皮瓣修复颌面部组织缺损中的对比分析[J]. *中国中西医结合耳鼻咽喉科杂志*, 2022, 30(6): 459-462+415. DOI: 10.16542/j.cnki.issn.1007-4856.2022.06.015.
- [21] Urken ML, Weinberg H, Buchbinder D, et al. Microvascular free flaps in head and neck reconstruction. Report of 200 cases and review of complications [J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 1994, 120(6): 633-640. DOI: 10.1001/archotol.1994.01880300047007.
- [22] 卢明星,杨旭东,王育新,等. 头颈部游离组织瓣血管危象的预防和处理[J]. *口腔医学研究*, 2010, 26(2): 243-245. DOI: 10.13701/j.cnki.kqxyj.2010.02.024.
- [23] Cariati P, Cabello Serrano A, Monsalve Iglesias F, et al. Unfavorable outcomes in microsurgery: Possibilities for improvement [J]. *J Plast Surg Hand Surg*, 2019, 53(5): 279-287. DOI: 10.1080/2000656X.2019.1606005.
- [24] 陈昊亮,孙国文,陈欣,等. 游离组织瓣修复口腔颌面部组织缺损术后血管危象的相关因素分析[J]. *中华显微外科杂志*, 2020, 43(4): 347-352. DOI: 10.3760/cma.j.cn441206-20190122-00020.
- [25] Kääriäinen M, Halme E, Laranne J. Modern postoperative monitoring of free flaps [J]. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2018, 26(4): 248-253. DOI: 10.1097/MOO.0000000000000467.
- [26] Chubb D, Rozen WM, Whitaker IS, et al. The efficacy of clinical assessment in the postoperative monitoring of free flaps: A review of 1140 consecutive cases [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2010, 125(4): 1157-1166. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181d0ac95.
- [27] 蒋琪霞,朱玉玲,祝文君等. “五点”皮瓣温度和“单点”皮瓣温度预测血管危象的准确性及临界值研究[JOL]. *中国全科医学*: 1-7 [2024-03-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1222.R.20231116.1200.015.html>.
- [28] Knoedler S, Hoch CC, Huelsboemer L, et al. Postoperative free flap monitoring in reconstructive surgery - man or machine? [J]. *Front Surg*, 2023, 10: 1130566. DOI: 10.3389/fsurg.2023.1130566.
- [29] Chao AH, Meyerson J, Povoski SP, et al. A review of devices used in the monitoring of microvascular free tissue transfers [J].

- Expert Rev Med Devices, 2013, 10(5):649-660. DOI: 10.1586/17434440.2013.827527.
- [30] Ensaf F, Babl M, Conz C, et al. The efficacy of color duplex sonography in preoperative assessment of anterolateral thigh flap [J]. *Microsurgery*, 2012, 32(8):605-610. DOI: 10.1002/micr.20835.
- [31] Schön R, Schramm A, Gellrich NC, et al. Color duplex sonography for the monitoring of vascularized free bone flaps [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2003, 129(1):71-76. DOI: 10.1016/S0194-59980300486-8.
- [32] Vakharia KT, Henstrom D, Lindsay R, et al. Color Doppler ultrasound: effective monitoring of the buried free flap in facial reanimation [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2012, 146(3):372-376. DOI: 10.1177/0194599811427377.
- [33] Hallock GG. Acoustic Doppler sonography, color duplex ultrasound, and laser Doppler flowmetry as tools for successful autologous breast reconstruction [J]. *Clin Plast Surg*, 2011, 38(2):203-211. DOI: 10.1016/j.cps.2011.03.001.
- [34] Dunklebarger MF, McCrary H, King B, et al. Success of implantable Doppler probes for monitoring buried free flaps [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2022, 167(3):452-456. DOI: 10.1177/01945998221082533.
- [35] Ong AA, Ducic Y, Pipkorn P, et al. Implantable Doppler removal after free flap monitoring among head and neck microvascular surgeons [J]. *Laryngoscope*, 2022, 132(3):554-559. DOI: 10.1002/lary.29810.
- [36] Troob SH, Self Q, Gerecci D, et al. Venous flow coupler in head and neck free flap reconstruction [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2021, 164(3):574-579. DOI: 10.1002/lary.29810.
- [37] 完颜超杰. 叨喋菁绿造影在穿支皮瓣中的应用研究[D]. 西安: 中国人民解放军空军军医大学, 2022. DOI: 10.27002/d.cnki.gsju.2022.000125.
- [38] 余跃, 尹莉娜, 童星, 等. 凝血生化因素对口腔游离组织瓣移植术后发生血管危象的影响[J]. *血栓与止血学*, 2022, 28(3):446-447. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6213.2022.03.038.
- [39] 郑莹, 毕小琴. 游离组织瓣修复口腔颌面部肿瘤术后缺损血管危象的影响因素配对 logistic 回归分析[J]. *口腔疾病防治*, 2022, 30(9):651-657. DOI: 10.12016/j.issn.2096-1456.2022.09.006.
- [40] 刘畅, 张凯, 李建成, 等. 凝血生化因素与口腔颌面部游离组织瓣移植血管危象的相关性分析[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2020, 18(2):148-150. DOI: 10.19438/j.cjoms.2020.02.012.
- [41] 马振, 羊良慧, 房芳, 等. 血清生化因素与游离皮瓣重建口腔颌面部缺损血管危象的临床研究[J]. *临床口腔医学杂志*, 2019, 35(11):663-666. DOI: 10.3969/j.issn.1003-1634.2019.11.007.
- [42] 羊良慧, 麦华明, 巫家晓, 等. 血清生化因素与口腔颌面部游离组织瓣血管危象的相关分析[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2017, 15(5):431-434. DOI: 10.19438/j.cjoms.2017.05.011.
- [43] Favresse J, Lippi G, Roy PM, et al. D-dimer: Preanalytical, analytical, postanalytical variables, and clinical applications [J]. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 2018, 55(8):548-577. DOI: 10.1080/10408363.2018.1529734.
- [44] Kamath S, Lip GY. Fibrinogen: Biochemistry, epidemiology and determinants [J]. *QJM*, 2003, 96(10):711-729. DOI: 10.1093/qjmed/hcg129.
- [45] Fu J, Liu Y, Zhang L, et al. Nonpharmacologic interventions for reducing blood pressure in adults with prehypertension for established hypertension [J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(19):e016804. DOI: 10.1161/JAHA.120.016804.
- [46] Stevens MN, Freeman MH, Shinn JR, et al. Preoperative predictors of free flap failure [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2023, 168(2):180-187. DOI: 10.1177/01945998221091908.
- [47] 邵树军, 祁欣, 刘宗健, 等. 肿瘤患者凝血功能异常时凝血因子活性变化及临床意义[J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(47):3845-3849. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20211018-02300.
- [48] Thakkar M, Rose A, Bednarz B. Thromboelastography in microsurgical reconstruction: A systematic review [J]. *JPRAS Open*, 2022, 32:24-33. DOI: 10.1016/j.jpra.2021.12.005.
- [49] 盛美樱, 肖灿, 贾玉静, 等. CTA 三维重建技术在股前外侧皮瓣修复口腔颌面部缺损中的应用[J]. *中国美容整形外科杂志*, 2019, 30(6):348-352. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7040.2019.06.009.
- [50] Molitor M, Mestak O, Pink R, et al. The use of sentinel skin islands for monitoring buried and semi-buried micro-vascular flaps. Part II: Clinical application [J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2021, 165(2):131-138. DOI: 10.5507/bp.2021.017.
- [51] Dawoud BES, Kent S, Tabbenor O, et al. Does anticoagulation improve outcomes of microvascular free flap reconstruction following head and neck surgery: A systematic review and meta-analysis [J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2022, 60(10):1292-1302. DOI: 10.1016/j.bjoms.2022.07.016.
- [52] Kotamarti VS, Shiah E, Rezak KM, et al. Does anticoagulation improve flap outcomes in hypercoagulable patients? A systematic review [J]. *J Reconstr Microsurg*, 2020, 36(3):204-212. DOI: 10.1055/s-0039-3400531.
- [53] Kohler S, Quimby AE, Saman M, et al. Postoperative free-flap monitoring techniques [J]. *Semin Plast Surg*, 2019, 33(1):13-16. DOI: 10.1055/s-0039-1677880.
- [54] 翟沁凯, 薛雷, 王绪凯, 等. 应用血管化游离组织瓣修复口腔颌面部缺损 168 例临床分析[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2011, 9(2):160-163.
- [55] 毛驰, 俞光岩, 彭歆, 等. 头颈部游离组织瓣移植术后的血管危象及其处理[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2005, 40(6):415-418. DOI: 10.3760/j.issn.1673-0860.2005.06.005.
- [56] Novakovic D, Patel RS, Goldstein DP, et al. Salvage of failed free flaps used in head and neck reconstruction [J]. *Head Neck Oncol*, 2009, 1:33. DOI: 10.1186/1758-3284-1-33.
- [57] Shao S, Wang W, Xu B, et al. Jaw reconstruction with vascularized fibular flap: The 11-year experience among 104 patients [J]. *World J Surg Oncol*, 2020, 18(1):46. DOI: 10.1186/s12957-020-01826-7.

(收稿日期:2024-01-10)

(本文编辑:王嫚)