

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.18.049

游离皮瓣移植术后血运监测的研究进展*

张娟 宋保强[△]

(第四军医大学西京医院全军整形外科研究所 陕西 西安 710032)

摘要:游离皮瓣移植已经成为修复重建外科常用的修复手段之一,其成功率已经超过95%,但微循环障碍的风险仍然存在,临床上皮瓣救助率与缺血时间呈负相关,因此游离皮瓣移植术后的血运监测至关重要。作者以“皮瓣”和“监测”为检索词在PubMed数据库检索出2000年1月到2014年1月期间关于游离皮瓣移植术后监测的相关文献,纳入标准为至少5篇以上的相关报道,通过分析相关文献概述当前主要的监测方法,从临床实用性、可靠性等方面分析其优缺点。

关键词:游离皮瓣移植;血管危象;监测

中图分类号:R62 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)18-3589-04

Review of the Measurement in Monitoring Blood Circulation of Transplanted Free Flap*

ZHANG Juan, SONG Bao-qiang[△]

(Institute of Plastic Surgery, Xijing Hospital, the Fourth Military Medical University, Xi'an, Shaanxi, 710032, China)

ABSTRACT: Transplantation of free flap has become one of the most common methods in reparative and reconstructive surgery. Although success rates of 95 percent and higher have been reported, microvascular failure has always caused partial necrosis of flap and remained the major problem of flap transplantation. Necrosis is closely related to the ischemia time, so how to monitor the blood circulation of transplanted free flap effectively is very crucial. A literature-based study was conducted using the PubMed databases. The following search terms were used: “flap” and “monitoring.” All monitoring methods found between January of 1999 and January of 2014 were evaluated. Monitoring methods that were described in five or more clinical reports were further investigated. The author conducted a review of the recent literature on the monitoring of free flaps to create an overview of the current monitoring devices and compare the advantages and disadvantages from clinical practicability and reliability.

Keywords: Free flap; Vascular compromise; Monitoring

Chinese Library Classification(CLC): R62 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)18-3589-04

前言

自上世纪九十年代末,游离皮瓣移植已经成为修复重建外科常见的修复手段之一,被广泛应用于覆盖包括外伤、肿瘤切除、瘢痕修整后大面积皮肤软组织缺损。游离皮瓣移植的成功取决于在外周新生血管形成前通过吻合主干血管获得持续的动静脉血供。近年多篇文章报道称游离皮瓣移植的成功率已经超过95%^[1,2],但微循环障碍的风险仍然存在,一旦发生血运障碍,如不能及时救治,无可避免地出现皮瓣坏死,而临床上皮瓣救助率与缺血时间呈负相关^[3],因此游离皮瓣移植术后的血运监测至关重要。我们以“皮瓣”和“监测”为检索词在PubMed数据库检索出2000年1月到2014年1月期间的相关文献,纳入标准为至少5篇以上的相关报道,通过分析相关文献概述当前主要的监测方法。

1 一般监测法(Conventional Methods)

1.1 临床监测法

目前最常用的是临床监测法,其内容包括皮瓣的颜色、组织肿胀程度、表面温度、组织弹性、毛细血管充盈反应以及针刺出血等。临床监测法方便,但其结果的评定大多依赖于监测者的临床经验,主观性太强。

1.2 数字成像

比较进步的是使用定期数字成像来监测皮瓣颜色,该方法能够迅速及时反映皮瓣颜色变化,并能将获取的图像通过网络传送给手术医生方便了解病情,动态的监测过程还可以获得录像记录^[4]。对于深部组织瓣可以通过暴露的部分皮肤^[5]或血管断端^[6]进行监测,Ⅱ期手术时去除这些多余的组织。不过,对于肌瓣加皮片移植的情况,颜色监测不能作为判断血管危象及进行二次手术的指标。

1.3 皮温的测定

皮温则可以通过触摸、温度探测仪、热敏带^[7]及手持非接触温度计^[8]等进行监测。Busic V等认为表面温度的监测在再植及小面积的游离皮瓣重建上有重要价值,但在腹壁下动脉穿支皮瓣行乳房再造后皮瓣坏死或需再次手术之前皮温可能无任何

* 基金项目:国家自然科学基金项目(30870982)

作者简介:张娟(1987-),女,硕士研究生,主要研究方向:皮瓣侧支循环的相关研究,电话:029-84775306,手机:18792570984, E-mail: zjfl2011@126.com

△ 通讯作者:宋保强,男,副教授,主要研究方向:创面愈合的研究, E-mail: songbq1@163.com

(收稿日期:2014-01-27 接受日期:2014-02-26)

改变^[9]。

2 植入式多普勒(Implantable Doppler System)

植入式多普勒是一种直接且持续的有创监测方法。Swartz^[10]等于 1988 年在显微外科重建上引进了该项技术。

不同于传统的低频超声多普勒探头,植入式多普勒包括一个可植入的 20MHz 的超声波探头^[11]和由电池供电的便携式显示屏(图 1)^[12],探头被安装在一个可缠绕于动静脉的硅胶带上,可以通过微型夹子、外科缝合、纤维蛋白粘合剂等将硅胶带缠绕于动静脉上,均能获得良好的监测效果。术后医生、护士和病人都可根据所听见的与动静脉血液流动快慢相关的信号来判断皮瓣血运情况。植入动脉的探头能够及时发现动脉血流中断,当静脉血栓形成后动脉多普勒信号只能维持几小时;同样,植入静脉的探头能够及时发现静脉血流中断,当动脉栓塞后继之出现静脉多普勒信号消失。超声波多普勒探头晶体通过一条

细金属丝连接到创面外部,金属丝的另一边连接到病人床旁的显示屏上,依据临床监测需求可在术后 5-10 天牵拉金属丝使电极片脱离硅胶带(电极片被设计为承重 50 g 时脱离硅胶带)^[10,11]。

该监测方法具有操作简单、适用于深部组织瓣并能准确反应皮瓣内部信息的特点^[13-15]。然其很难对乳房内静脉血液的前后流动进行有效的监测,可通过钳夹静脉监听信号是否中断来检测其有效性,如果信号不中断,就说明植入式多普勒无效。目前关于植入式多普勒的阴性预测值是 100%^[14],Sisco M 等报道称使用植入式多普勒时存在皮瓣蒂部扭转但信号仍然良好的情况,分析其原因可能是硅胶带缠绕的静脉上有分支存在^[16]。Guillemaud, J. P.等^[12]认为在头颈部重建术后监测中,植入式多普勒是可靠的,能够早期发现血管危象,其阳性预测值为 81%;Smit, J. M.等^[14]认为作为传统检测方法的辅助方法,植入式多普勒已经广泛为医生、护士和病人所接受,其阳性预测值为 93%。

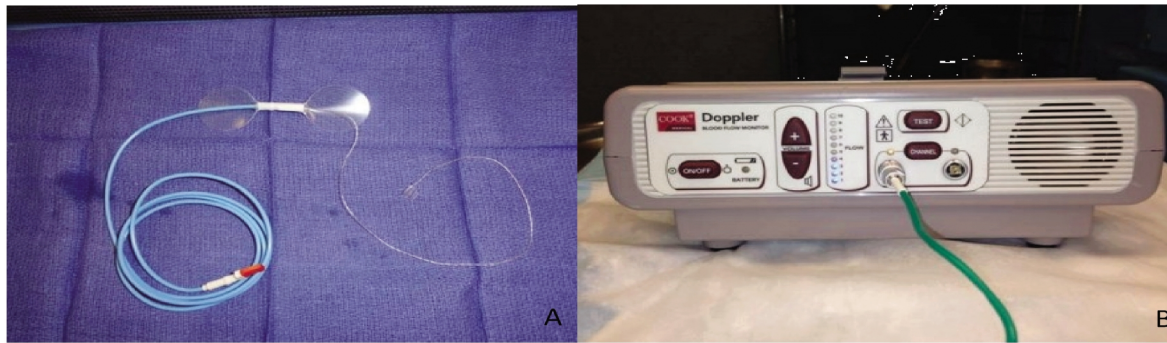


图 1 ^[17]植入式超声多普勒由可植入超声波探头和便携式显示屏组成 A 可植入超声波探头;B 便携式显示屏

Fig. 1 The Implantable Doppler System consists of an implantable ultrasonic probe and portable monitor

A. implantable ultrasonic probe; B. portable monitor

3 彩色多普勒超声(Color Doppler Sonography)

彩色多普勒超声是一种将血流速度和血流方向结合的非侵袭性监测方法,无论是皮瓣还是受区血管,这种将彩色血流和频谱多普勒成像相结合的监测方法均能获得对吻合血管的精确评估。

彩色多普勒超声常用于不能通过一般的监测方法来监测皮瓣的情况,如深部组织瓣、头颈部修复重建等^[18-20],其最大的特点是精确量化血液的流出、流入^[21](迎向探头的血流显示为红色,背向探头的血流显示为蓝色,搏动次数的不同以区分动静脉),同时该方法已经被报道用于避免非必要的二次手术。然而,该方法需要操作者熟练使用设备并对供受区及皮瓣的相关知识有一定了解,造成其在临床使用中受到限制,这就解释了为什么在一些报道中其使用率仅仅只有 1 次/天^[21]。有研究称将彩色多普勒超声作为近红外光谱仪^[22,23]或植入式多普勒的辅助监测方法能明显提高监测效率,Khalid AN 和 Few JW 等均报道称彩色多普勒超声的阳性和阴性预测值为 100%^[21,24]。

4 近红外光谱仪(Near-Infrared Spectroscopy)

近红外光谱仪是一种持续性监测皮瓣组织氧合及灌注的非侵袭性监测方法,Jöbsis 等^[25]于 1977 年首次将其用于心脑血管监测,Irwin MS 等^[26]于 1995 年在整形外科杂志上首次报道将其应用于兔皮瓣和四肢血运监测。

近红外光谱仪采用光学光谱法原理测量局部组织中血红蛋白含量和氧合情况,该装置选择经校准后的近红外波长光通

过探头照射到皮肤组织,每一根光导纤维中均包含有六根接受纤维,这样就能通过一根光导纤维发射和接受光,照射光部分被皮肤组织吸收、部分被反射、部分被反向散射。其中反向散射光光谱介于 502-630 nm,其光量取决于毛细血管中血红蛋白的吸收量。而组织中血红蛋白等氧依赖性组织生色团能够选择性吸收特定波长的光,氧化血红蛋白和还原血红蛋白有不同的吸收波长:前者有两个吸收高峰,分别为 542 nm 和 577 nm;后者只有一个吸收高峰,为 556 nm。通过氧化血红蛋白和还原血红蛋白的特定吸收光谱来减少光密度,继之用分光光度法将光吸收量转化为组织中两种血红蛋白浓度,从而分析出组织中两种血红蛋白含量。与激光多普勒血流仪一样,该监测装置不会因为探头移动而受影响。其组织渗透深度为 20mm。

近红外光谱仪能够早期客观地反应皮瓣血运障碍,并在临床出现皮瓣坏死征象之前准确识别动静脉血栓形成。然而,在皮瓣移植术后的最初几小时,氧饱和度可能有轻微的下降,这容易被误认为血管并发症;在移植术后 12 小时,氧饱和度可恢复到正常水平。Repez, A.等^[27]认为持续近红外光谱仪监测能够早期识别动静脉血栓形成,并提倡将其应用于含有皮肤及其附件皮瓣的监测;Cai ZG 等^[28]认为近红外光谱仪是一种可靠的适用于移植组织血运监测的非侵袭性监测方法,尤其适用于深部组织瓣。两项研究均表明其阳性和阴性预测值为 100%。

5 微量渗析(Microdialysis)

微量渗析是一种间接间断的侵袭性监测方法,Delgado 等^[29]于 1972 年首次将其应用于猴神经递质及局部缺血的监测,

Rajdmark 等^[30]于 1998 年将其应用于肌皮瓣血运监测。

微量渗析是一种研究器官或组织生化过程的抽样技术,在直视下于组织中放置一个类似 18 号静脉导管的双腔微量渗析试管或探针,将试管连接于一个充满生理液的注射泵中,通过注射泵向试管内注入生理液,试管周围组织间液与试管内生理液经渗透作用行组织交换,对试管内液体进行分析以了解组织中葡萄糖、乳酸、丙酮酸及甘油代谢物的含量^[31]。如果葡萄糖含量下降(< 2.7mmol/l)及乳酸/丙酮酸比值升高则表明无氧代谢增强,动脉供血不足;而甘油代谢物含量升高则表明静脉淤血或者动脉供血不足。

微量渗析能在临床血管危象之前检测到血管并发症^[32],但是,必须经过系统规范的学习后才能进行临床操作,并且该方法耗时较长,获得确切数据需要花费至少 30 分钟,(20 分钟用于微量试管组织液的充盈,10 分钟用于系统分析试管内液体组成成分)^[33]。微量渗析在深部组织瓣及口内皮瓣的监测中有其独特的应用价值^[33-35],目前关于微量渗析的阳性预测值方面的报道各不相同,Setala, L.等^[32]在一项 78 例不同部位皮瓣监测的研究中称微量渗析是一种适合于各类皮瓣的敏感而有效的监测方法,其阳性预测值为 90%;而 Jyranki, J.等^[35]在另一项 25 例头颈部修复重建的研究中称微量渗析能够早期发现皮瓣缺血,尤其是临床上监测困难的深部组织瓣,其阳性预测值为 22%。两项研究中均提及其阴性预测值为 100%。

6 激光多普勒血流仪(Laser Doppler Flowmetry)

激光多普勒血流仪是一种针对组织灌注的持续性非侵袭性监测方法,Riva 等于 1972 年首次报道了激光多普勒血流仪用于兔白化病模型中视网膜动脉血流的监测,Stern 等^[36]于

1977 年将其应用于人类皮肤血流的监测。

激光多普勒血流仪通过光导纤维对组织进行持续的相干激光照射,同一探头收集反向散射的光,通过外差光拍法获得频移图像,频移光的功率谱密度与组织内细胞活动的平均速度呈线性相关,根据探头处几何图像可以监测深达 8mm 组织的血流量和血流速度^[36],可以通过双面胶环或外科缝合将探头固定于皮肤组织^[38]。

相对于静态的绝对数据,激光多普勒血流仪在动态观察中更具特征性,尤其是在静脉闭塞血流量值突然减少的情况下^[39]。错误的测量数据通常因振动、探头和组织的移动及探头放置的位置(如肉眼可辨的血管)等引起,如果流量计显示反常的血流量,需重置探头以修正读数^[38]。激光多普勒血流仪常与光导分光光度法相联合使用以更好地评估皮瓣微循环变化;也可与组织光谱法联合使用以区分动脉闭塞或静脉淤血。Heller, L.等^[38]认为激光多普勒血流仪能在临床症状出现之前早期发现血管危象,其阴性预测值为 100%,阳性预测值在 94-100%之间。

1975 年 Creech 和 Miller 提出理想的监测方法应该具备以下特点:对病人和皮瓣无害,反应灵敏,精确可靠,适用于各种类型的皮瓣并能够区分动脉栓塞和静脉淤血。此外,该方法也应简便易行,适用于相对无经验的人群。尽管引进了各种新的、改进的方法,但仍然没有任何一种方法能够完全达到这些所谓的理想标准(表 1)。考虑到监测方法的灵敏性,我们不建议将一般监测法作为单一的监测指标,植入式多普勒、近红外光谱仪和激光多普勒血流仪可能是当前实用性最好的监测装置,但仪器设备相对先进且费用较高。既往的研究都致力于监测装置的可靠性方面,未来的研究或许将更加注重于经济效用。

表 1 几种不同监测方法比较^[40]

Table 1 Comparison of Different Monitoring Methods

监测方法 Monitoring Technique	阳性预测值 Positive Predictive Value	阴性预测值 Negative Predictive Value	持续性 Continuous	侵袭性 Invasive	直接性 Direct	易于读取数据 Easy to Interpret	操作方便 Simple Technique	适用于所有类型的皮瓣 Applicable to All Types of Flaps
一般监测法 Conventional Methods			—	—	+ / —	—	+	—
植入式多普勒 Implantable Doppler System	81~93 %	100 %	+	+	+	+	+	+
彩色多普勒超声 Color Duplex Sonography	100 %	100 %	—	—	+	—	—	+
近红外光谱仪 Near-Infrared Spectroscopy	100 %	100 %	+	—	+	+	+ / —	—
微量渗析 Microdialysis	90 %	100 %	—	+	—	—	—	+
激光多普勒血流仪 Laser Doppler Flowmetry	94~100 %	100 %	+	—	+	+ / —	+ / —	—

参考文献(References)

- [1] Smit J.M., Acosta R., Zeebregts C. J, et al. Early reintervention of compromised free flaps improves success rate[J]. Microsurgery, 2007, 27(7):612-616
- [2] Jones N.F., Jarrahy R., Song J. I, et al. Postoperative medical complications--not microsurgical complications--negatively influence

the morbidity, mortality, and true costs after microsurgical reconstruction for head and neck cancer[J]. Plast Reconstr Surg, 2007, 119(7): 2053-2060

- [3] Siemionow M.,E. Arslan, Ischemia/reperfusion injury: a review in relation to free tissue transfers[J]. Microsurgery, 2004, 24(6): 468-475
- [4] Varkey P., Tan N. C., Giroto R., et al. A picture speaks a thousand

- words: the use of digital photography and the Internet as a cost-effective tool in monitoring free flaps [J]. *Ann Plast Surg*, 2008, 60(1): 45-48
- [5] Pellini R., Pichi B., Ruggieri M., et al. Venous flow-through flap as an external monitor for buried radial forearm free flap in head and neck reconstruction[J]. *Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2006, 59(11): 1217-1221
 - [6] Yang J.C., Kuo Y. R., Hsieh C. H., et al. The use of radial vessel stump in free radial forearm flap as flap monitor in head and neck reconstruction[J]. *Ann Plast Surg*, 2007, 59(4): 378-381
 - [7] Chiu E.S., Altman A., Allen R. J., et al. Free flap monitoring using skin temperature strip indicators: adjunct to clinical examination[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2008, 122(5): 144e-145e
 - [8] Papillion P., Wong L., Waldrop J., et al. Infrared surface temperature monitoring in the postoperative management of free tissue transfers [J]. *Can J Plast Surg*, 2009, 17(3): 97-101
 - [9] Basic V. , R. Das-Gupta, Temperature monitoring in free flap surgery [J]. *Br J Plast Surg*, 2004, 57(6): 588
 - [10] Swartz W.M., Jones N. F., Cherup L., et al. Direct monitoring of microvascular anastomoses with the 20-MHz ultrasonic Doppler probe: an experimental and clinical study [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1988, 81(2): 149-161
 - [11] Swartz W.M., R. Izquierdo M.J. Miller, Implantable venous Doppler microvascular monitoring: laboratory investigation and clinical results[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1994, 93(1): 152-163
 - [12] Wax MK. The role of the implantable Doppler probe in free flap surgery [J]. *Laryngoscope*, 2014, 124(Suppl 1): S1-S12
 - [13] Guillemaud J.P., Seikaly H., Cote D., et al. The implantable Cook-Swartz Doppler probe for postoperative monitoring in head and neck free flap reconstruction [J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2008, 134(7): 729-734
 - [14] Smit J.M., Whitaker I. S., Liss A. G., et al. Post operative monitoring of microvascular breast reconstructions using the implantable Cook-Swartz doppler system: a study of 145 probes & technical discussion[J]. *Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2009, 62(10): 1286-1292
 - [15] Kim J.T., S.Y. Ho Y.H. Kim. A chimaeric-pattern flap design for implantable Doppler surrogate monitoring: A novel placement technique[J]. *Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2014, 67: 190-197
 - [16] Sisco M., G.A. Dumanian, The implantable venous Doppler for perforator flap monitoring: report of a false-negative signal [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2008, 121(4): 223e-224e
 - [17] Wax M K. The role of the implantable Doppler probe in free flap surgery[J]. *Laryngoscope*, 2014, 124 Suppl 1: S1-S12
 - [18] Arya R, Griffiths L, Figus A, et al. Post-operative assessment of perfusion of Deep Inferior Epigastric Perforator (DIEP) free flaps via Pulsatility Index (PI) using a portable colour Doppler sonogram device[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2013, 66(7): 931-936
 - [19] Gravvanis A., Tsoutsos D., Delikonstantinou I., et al. Impact of portable duplex ultrasonography in head and neck reconstruction[J]. *Craniofac Surg*, 2012, 23(1): 140-144
 - [20] Hallock G.G., 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
 - [21] Khalid A.N., Quraishi S. A., Zang W. A., et al. Color doppler ultrasonography is a reliable predictor of free tissue transfer outcomes in head and neck reconstruction [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2006, 134(4): 635-638
 - [22] Scheufler O., R. Andresen, Tissue oxygenation and perfusion in inferior pedicle reduction mammoplasty by near-infrared reflection spectroscopy and color-coded duplex sonography [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2003, 111(3): 1131-1146
 - [23] Scheufler O., K. Exner R. Andresen, Investigation of TRAM flap oxygenation and perfusion by near-infrared reflection spectroscopy and color-coded duplex sonography [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2004, 113(1): 141-52; discussion 153-155
 - [24] Few J.W., Corral C. J., Fine N. A., et al. Monitoring buried head and neck free flaps with high-resolution color-duplex ultrasound [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2001, 108(3): 709-712
 - [25] Jobsis F.F., Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters[J]. *Science*, 1977, 198(4323): 1264-1267
 - [26] Irwin M.S., Thorniley, M. S., Dore, C. J., et al. Near infra-red spectroscopy: a non-invasive monitor of perfusion and oxygenation within the microcirculation of limbs and flaps [J]. *Br J Plast Surg*, 1995, 48(1): 14-22
 - [27] Repez A., D. Oroszy Z.M. Arnez, Continuous postoperative monitoring of cutaneous free flaps using near infrared spectroscopy [J]. *Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2008, 61(1): 71-77
 - [28] Cai Z.G., Zhang J., Zhang J. G., et al. Evaluation of near infrared spectroscopy in monitoring postoperative regional tissue oxygen saturation for fibular flaps [J]. *Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2008, 61(3): 289-296
 - [29] Delgado J.M., DeFeudis F. V., Roth R. H., et al. Dialytrode for long term intracerebral perfusion in awake monkeys [J]. *Arch Int Pharmacodyn Ther*, 1972, 198(1): 9-21
 - [30] Rojdmarm J., Blomqvist L., Malm M., et al. Metabolism in myocutaneous flaps studied by in situ microdialysis [J]. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 1998, 32(1): 27-34
 - [31] Ciechanowska A., Ladyzynski P., Wojcicki J. M., et al. Microdialysis monitoring of glucose, lactate, glycerol, and pyruvate in patients with diabetic ketoacidosis[J]. *Int J Artif Organs*, 2013, 36(12): 869-877
 - [32] Setala L., Papp A., Romppanen E. L., et al. Microdialysis detects postoperative perfusion failure in microvascular flaps [J]. *Reconstr Microsurg*, 2006, 22(2): 87-96
 - [33] Mourouzis C., Anand R., Bowden J. R., et al. Microdialysis: use in the assessment of a buried bone-only fibular free flap [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2007, 120(5): 1363-1366
 - [34] Sorensen H.B. Free jejunal flaps can be monitored by use of microdialysis[J]. *Reconstr Microsurg*, 2008, 24(6): 443-448
 - [35] Jyranki J., Suominen S., Vuola J., et al. Microdialysis in clinical practice: monitoring intraoral free flaps [J]. *Ann Plast Surg*, 2006, 56(4): 387-393
 - [36] Stern M.D., Lappe D. L., Bowen P. D., et al. Continuous measurement of tissue blood flow by laser-Doppler spectroscopy[J]. *Am J Physiol*, 1977, 232(4): H441-448
 - [37] Holzle F., Loeffelbein D. J., Nolte D., et al. Free flap monitoring using simultaneous non-invasive laser Doppler flowmetry and tissue spectrophotometry[J]. *Craniofac Surg*, 2006, 34(1): 25-33
 - [38] Heller L., L.S. Levin B. Klitzman, Laser Doppler flowmeter monitoring of free-tissue transfers: blood flow in normal and complicated cases[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2001, 107(7): 1739-1745
 - [39] Hallock G.G., A "True" false-negative misadventure in free flap monitoring using laser Doppler flowmetry [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2002, 110(6): 1609-1611
 - [40] Smit J M, Zeebregts C J, Acosta R, et al. Advancements in free flap monitoring in the last decade: a critical review [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2010, 125(1): 177-185