

临床皮肤灌注压检测作用的研究进展

潘选良 韩春茂

Advances in the research on effect of detecting skin perfusion pressure in clinic Pan Xuanliang, Han Chunmao. Department of Burns, the Second Affiliated Hospital of Zhejiang University College of Medicine, Hangzhou 310009, China
Corresponding author: Han Chunmao, Email: hanchunmao1@126.com

【Abstract】 Skin perfusion pressure (SPP) is the perfusion pressure at the skin level, and it can serve as an index of microcirculation in skin and subcutaneous tissue. SPP can be measured simply, with less injury and high reproducibility in a short time, without interfering vascular calcification. It has been widely used in various fields, including evaluation of critical limb ischaemia and effect of vascular surgery, selection of proper level of amputation, and prediction of wound healing. So far, there is no relevant reports about the application of SPP in China. This article reviews the clinical application of SPP abroad.

【Key words】 Skin; Microcirculation; Ischemia; Ulcer; Wound healing; Skin perfusion pressure

Fund program: Medical and Health Science and Technology Project of Zhejiang Province (2016KYB115)

【关键词】 皮肤; 微循环; 缺血; 溃疡; 伤口愈合; 皮肤灌注压

基金项目: 浙江省医药卫生科技计划项目 (2016KYB115)

皮肤灌注压(SPP)是用于评价皮肤和皮下组织微循环状态的指标。从1967年开始,就有对SPP的相关介绍^[1-2]。现有3种技术可用来测量SPP,放射性核素廓清技术、光学体积描记法和激光多普勒技术,三者原理一样,即在测量部位充气袖带的压力缓慢释放过程中,核素的冲刷、脉动流的再现、红细胞的运动分别被检测到,此刻袖带产生的作用于皮肤的最小压力被定义为SPP,高于这个压力时皮肤血流停止^[3]。由于能够更简单地测量非常低水平的SPP,且创伤小、可重复性高、用时较短,激光多普勒成为目前测量SPP最常用的方法^[4-5]。

SPP已被证明可用于评估肢体缺血的严重程度、评价血管手术效果、确定适当的截肢水平、预测伤口结局等^[6]。目前国内尚无临床SPP检测作用的相关报道,本文就SPP在国外的临床检测作用综述如下。

1 SPP用于评估肢体缺血

严重肢体缺血(CLI)是指由客观证实的动脉闭塞性疾病导致的以一侧或双侧肢体慢性缺血性静息痛、溃疡或坏疽为特征的状况。一项前瞻性双盲临床试验选择SPP小于

30 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)为CLI诊断标准,其灵敏度为85%、特异度为73%,总的诊断准确率为79.3% ($P < 0.002$)^[7]。有研究显示,SPP不仅可被用于评估周围动脉闭塞性疾病,还可用于评估全身性动脉粥样硬化血栓形成,53 mmHg为检测血液透析患者合并动脉粥样硬化血栓形成的最佳阈值,具有77.0%的敏感度和91.3%的特异度^[8]。

动静脉瘘是血液透析最重要的血管通路。SPP可以评估血液透析患者动静脉瘘所致的缺血性盗血综合征^[9]。有研究显示,21例血液透析患者上肢动静脉瘘建立后同侧手指SPP降低,未造瘘侧手指SPP值无变化^[10]。另有研究显示,根据SPP变化指导手术可以安全有效调节动静脉瘘盗血综合征患者的血流量^[11]。

2 SPP用于评价血管手术效果

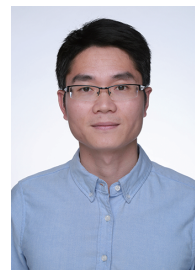
有研究者通过回顾性研究观察到,CLI患者接受动脉重建术后,下肢溃疡愈合患者和无溃疡患者的SPP值明显改善,而溃疡未愈合患者的SPP值显著低于前2种患者,由此认为SPP测量可用于评估动脉重建术后组织血液循环的改善情况^[12]。

另有研究报告,5例血液透析伴盗血综合征患者接受动脉经皮腔内血管成形术后,SPP值从(40 ± 18) mmHg提高到(60 ± 29) mmHg^[13]。另有研究观察到,48例患者严重缺血肢体接受旁路手术后远端同一位置的SPP值从(27.0 ± 14.9) mmHg提高至(52.8 ± 16.0) mmHg ($P < 0.001$)^[14]。一项前瞻性多中心的研究显示,211例CLI患者接受血管内治疗后SPP值从(28 ± 11) mmHg升高至(46 ± 18) mmHg; Logistic回归分析显示,SPP值与术后1年的无截肢生存($P = 0.018$)、主要不良肢体事件($P < 0.001$)及伤口愈合($P = 0.022$)等临床结局相关^[15]。

3 SPP用于确定截肢平面

CLI患者面临很高的截肢风险,而截肢平面的选择对于临床医师来说是一项巨大挑战。确定肢体缺血患者的截肢平面,是SPP最早的应用领域之一。有研究者通过临床评估标准确定102例动脉闭塞症患者肢体的截肢平面,其中膝下截肢84例:62例术前SPP值超过30 mmHg,其中2例切口不愈合(3%);13例术前SPP值20~30 mmHg,其中7例切口不愈合(54%);9例术前SPP值低于20 mmHg,其中8例切口不愈合(89%)。各类患者截肢失败率差异明显($P < 0.0001$)。而在15例SPP值低于30 mmHg的膝下截肢失败患者中,仅1例术前存在局部缺血体征。因此,膝下截肢部位的缺血不能单纯依靠临床评估排除,术前测量SPP可以用于确定截肢平面^[16]。

有研究者术前对57条下肢的截肢部位测量SPP,其中



大截肢 36 条(膝上 13 条、膝下 23 条),小截肢 21 条(经跖 4 条、截趾 17 条),观察 SPP 对截肢手术切口愈合的预测作用。分析表明,SPP ≥ 30 mmHg 时的阴性预测值(愈合)为 90%,SPP < 30 mmHg 时的阳性预测值(失败)为 75% ($P < 0.001$)。同样以 30 mmHg 作为最佳阈值,分别对大截肢和小截肢切口愈合的预测作用进行分析显示:SPP 对大截肢术后切口的阴性预测值为 100%,阳性预测值为 83% ($P < 0.001$);对小截肢术后切口的阴性预测值为 75%,阳性预测值为 66.7% ($P < 0.09$)^[17]。因此,该研究结论支持 SPP 用于确定缺血肢体的大截肢平面,对小截肢平面的确定作用有待进一步研究。

另一项研究纳入 20 例经膝关节截肢患者,在膝下 SPP 值超过 20 mmHg 的 16 例患者中,只有 2 例切口不愈合;而膝下 SPP 值低于 20 mmHg 的 4 例患者中,就有 2 例切口不愈合。因此,当膝下 SPP 值处于临界状态时,为确保手术成功,将截肢平面上移行经膝关节截肢是必要的^[18]。

4 SPP 用于预测伤口结局

目前针对 SPP 能预测肢体缺血患者创面愈合概率,已达成共识;但其作为预测指标的最佳阈值,尚无定论。有研究显示,SPP 是伤口愈合的一个独立预测因素 ($P < 0.001$),SPP $> 30, 40, 50$ mmHg 时,伤口愈合的概率分别为 69.8%、86.3%、94.5%,30 mmHg 为伤口愈合的最佳阈值,具有 81.4% 的敏感度和 69.2% 的特异度^[6]。Lo 等^[19]对 100 例下肢慢性伤口患者的前瞻性研究观察到,SPP 预测创面结局的成功率达 87%、敏感度达 90%,SPP ≥ 30 mmHg 是预测创面愈合的一个有效独立危险因素。然而,Tsuji 等^[20]对 47 例患者的 69 条伴足溃疡或坏疽的肢体进行回顾性分析显示,SPP 的最佳阈值是 35 mmHg。SPP ≥ 35 mmHg 是伤口愈合的必要条件;SPP < 35 mmHg 时,在清创前行外周动脉重建是必要的。另有研究显示,SPP 预测伤口愈合的最佳阈值为 40 mmHg (敏感度 72%、特异度 88%)^[3]。Urabe 等^[21]的研究同样得出 40 mmHg 为 SPP 预测伤口愈合的最佳阈值,Logistic 回归分析显示 SPP ≥ 40 mmHg 是伤口愈合的独立危险因素 ($P < 0.0001$, 比值比为 14.2),其灵敏度为 61.1%,特异度为 79.5%,精确度为 74.2%。

5 SPP 用于评价药物疗效

鉴于 SPP 可反映肢体缺血严重程度及缺血改善程度,其也被用来评价治疗血管病变药物的疗效。有研究报道,14 例周围动脉疾病患者接受西洛他唑治疗 1 个月后,心率从 (76 ± 16) 次/min 增加到 (84 ± 20) 次/min ($P < 0.05$),SPP 值从 (24.5 ± 8.88) mmHg 显著增加到 (42.8 ± 21) mmHg ($P < 0.01$),而踝肱指数未增加,由此说明,SPP 可用于评价西洛他唑治疗 CLI 的效果^[22]。

为了比较沙格雷酯和西洛他唑对血液透析伴外周动脉疾病患者的疗效,Hidaka 等^[23]进行了一项前瞻性随机开放多中心研究。研究者将 35 例患外周动脉疾病的血液透析患者分为沙格雷酯组和西洛他唑组,分别使其服用沙格雷酯和西洛他唑 24 周,服药期间监测 SPP、氧化应激标志物水平和不良反应。服药 24 周时,2 组患者的 SPP 值均增加,血浆内

的毒素水平均下降,组间比较差异均不明显;仅西洛他唑组血清丙二醛修饰的低密度脂蛋白(MDA-LDL)水平显著升高 ($P < 0.05$)。这 2 种药物在临床上均没有明显的安全问题,虽然 2 组患者血压没有差异,但西洛他唑组患者心率从 (77 ± 13) 次/min 增加到 (83 ± 16) 次/min ($P < 0.05$)。表明沙格雷酯能提高患者 SPP,且不增加患者心率和血清 MDA-LDL 水平,是治疗血液透析伴外周动脉疾病患者的一种安全有效的药品。

6 SPP 的其他应用

除了前文所述一些临床应用外,SPP 还被用于帮助 CLI 患者选择最佳体位。有研究显示,无论健康成人还是 CLI 患者,坐位时均能保持良好的下肢血流^[24]。另有研究比较了不同体位对 CLI 患者 SPP 的影响,先后依次采用仰卧位休息、腿平放坐位和腿垂直下放坐位各 10 min,足背 SPP 分别为 (25.3 ± 10.9) 、 (40.6 ± 12.7) 、 (73.4 ± 17.7) mmHg ($P < 0.0001$),因此以 SPP 值为依据,腿垂直下放坐位是有利于周围动脉循环的最佳体位^[25]。

Maeda 等^[26]还将 SPP 用于评估 CLI 患者生物治疗的疗效。其研究报道,1 例 78 岁的 CLI 患者在经历了数次导管介入治疗后,右足仍有严重的溃疡伴骨外露。在进行经跖骨截肢术后几天内,手术部位周围组织坏死,且保守治疗无效。接受蛆虫清创治疗后,足背创周 SPP 从 12 mmHg 增加到 54 mmHg,足底创周 SPP 从 17 mmHg 增加到 44 mmHg,2.5 个月后创面完全愈合。该研究证明蛆虫治疗有助于增加缺血性伤口的血液供应。

一项针对 373 例血液透析患者的前瞻性队列研究显示,年龄、心血管疾病史、糖尿病、吸烟史和 SPP < 70 mmHg 是下肢存活率和患者存活率的独立危险因素^[27]。另外一项研究对 102 例接受持续血液透析的患者进行平均 3.2 年的跟踪随访,观察到低踝肱指数和 SPP 值是血液透析患者死亡的独立危险因素,踝肱指数作为病死率的预测因子的最佳阈值为 1.1,SPP 的最佳阈值为 54 mmHg^[28]。另术前常规行 SPP 测量可有效筛选盗血综合征高危患者,预防血液透析患者因盗血综合征而导致的手指坏死和截肢等并发症^[29]。

7 应用对比

踝肱指数是目前国际上公认的评估外周循环的常用方法。然而,诸如糖尿病或慢性肾病等疾病患者常伴有外周动脉严重钙化,血压袖带不能充分压缩踝动脉,因此,他们的踝肱指数往往处于虚高水平。此外,如果患者的病变位于踝以下,则无法使用踝肱指数评估。然而 SPP 测量能准确评价这类患者的外周循环且不受动脉钙化的影响^[16],且其可以在溃疡或截肢伤口所在肢体的任何平面进行测量,预测溃疡和伤口的结局^[21]。另经皮氧分压存在包括测试时间长、测量结果不稳定和受到解剖限制等问题,而 SPP 不存在上述问题且能更敏感地预测伤口愈合^[21]。

8 总结与展望

综上所述,SPP 是能准确评价外周循环的一项指标,且操作简单、创伤小、不受动脉钙化的影响,具有广阔的临床应

用前景。在对肢体缺血患者创面结局的预测及截肢平面的选择方面,尚待更深入的研究来明确其最佳阈值。

参考文献

- [1] Nilsén R, Dahn I, Lassen NA, et al. On the estimation of local effective perfusion pressure in patients with obliterative arterial disease by means of external compression over a Xenon-133 depot [J]. *Scand J Clin Lab Invest Suppl*, 1967, 99:29-30.
- [2] Lassen NA, Larsen OA, Sorensen AW, et al. Conservative treatment of gangrene using mineralocorticoid-induced moderate hypertension[J]. *Lancet*, 1968, 1(7543):606-609.
- [3] Yamada T, Ohta T, Ishibashi H, et al. Clinical reliability and utility of skin perfusion pressure measurement in ischemic limbs--comparison with other noninvasive diagnostic methods [J]. *J Vasc Surg*, 2008, 47(2):318-323. DOI: 10.1016/j.jvs.2007.10.045.
- [4] Castronuovo JJ Jr, Pabst TS, Flanigan DP, et al. Noninvasive determination of skin perfusion pressure using a laser Doppler [J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 1987, 28(3):253-257.
- [5] Pabst TS 3rd, Castronuovo JJ Jr, Jackson SD, et al. Evaluation of the ischemic limb by pressure and flow measurements of the skin microcirculation as determined by laser Doppler velocimetry [J]. *Curr Surg*, 1985, 42(1):29-31.
- [6] Utsunomiya M, Nakamura M, Nagashima Y, et al. Predictive value of skin perfusion pressure after endovascular therapy for wound healing in critical limb ischemia[J]. *J Endovasc Ther*, 2014, 21(5):662-670. DOI: 10.1583/14-4675MR.1.
- [7] Castronuovo JJ Jr, Adera HM, Smiell JM, et al. Skin perfusion pressure measurement is valuable in the diagnosis of critical limb ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 1997, 26(4):629-637.
- [8] Hiratsuka M, Koyama K, Yamamoto J, et al. Skin perfusion pressure and the prevalence of atherothrombosis in hemodialysis patients[J]. *Ther Apher Dial*, 2016, 20(1):40-45. DOI: 10.1111/1744-9987.12327.
- [9] Tanaka A, Sakakibara M, Nishimura H, et al. Evaluation for hypoperfusion distal to arteriovenous vascular access using skin perfusion pressure in fingers[J]. *J Vasc Access*, 2014, 15(1):29-32. DOI: 10.5301/jva.5000170.
- [10] Sueki S, Sakurada T, Miyamoto M, et al. Change in skin perfusion pressure after the creation of upper limb arteriovenous fistula for maintenance hemodialysis access[J]. *Hemodial Int*, 2014, 18 Suppl 1:S19-22. DOI: 10.1111/hdi.12219.
- [11] Okubo K, Sato T, Matsubara C, et al. Effectiveness of skin perfusion pressure monitoring during surgery for an ischemic steal syndrome associated refractory ulcer[J]. *J Vasc Access*, 2015, 16(2):163-166. DOI: 10.5301/jva.5000311.
- [12] Watanabe Y, Onozuka A, Obitsu Y, et al. Skin perfusion pressure measurement to assess improvement in peripheral circulation after arterial reconstruction for critical limb ischemia[J]. *Ann Vasc Dis*, 2011, 4(3):235-240. DOI: 10.3400/avd.oa.11.00022.
- [13] Kawarada O, Yokoi Y, Higashimori A. Angioplasty of ulnar or radial arteries to treat critical hand ischemia: use of 3- and 4-French systems[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2010, 76(3):345-350. DOI: 10.1002/ccd.22545.
- [14] Mochizuki Y, Hoshina K, Shigematsu K, et al. Distal bypass to a critically ischemic foot increases the skin perfusion pressure at the opposite site of the distal anastomosis[J]. *Vascular*, 2016, 24(4):361-367. DOI: 10.1177/1708538115597605.
- [15] Okamoto S, Iida O, Nakamura M, et al. Postprocedural skin perfusion pressure correlates with clinical outcomes 1 year after endovascular therapy for patients with critical limb ischemia[J]. *Angiology*, 2015, 66(9):862-866. DOI: 10.1177/0003319715569907.
- [16] Faris I, Duncan H. Skin perfusion pressure in the prediction of healing in diabetic patients with ulcers or gangrene of the foot [J]. *J Vasc Surg*, 1985, 2(4):536-540.
- [17] Adera HM, James K, Castronuovo JJ Jr, et al. Prediction of amputation wound healing with skin perfusion pressure[J]. *J Vasc Surg*, 1995, 21(5):823-829.
- [18] Thyregod HC, Holstein P, Steen Jensen J. The healing of through-knee amputations in relation to skin perfusion pressure [J]. *Prosthet Orthot Int*, 1983, 7(2):61-62.
- [19] Lo T, Sample R, Moore P, et al. Prediction of wound healing outcome using skin perfusion pressure and transcutaneous oximetry: a single-center experience in 100 patients [J]. *Wounds*, 2009, 21(11):310-316.
- [20] Tsuji Y, Hiroto T, Kitano I, et al. Importance of skin perfusion pressure in treatment of critical limb ischemia [J]. *Wounds*, 2008, 20(4):95-100.
- [21] Urabe G, Yamamoto K, Onozuka A, et al. Skin perfusion pressure is a useful tool for evaluating outcome of ischemic foot ulcers with conservative therapy[J]. *Ann Vasc Dis*, 2009, 2(1):21-26. DOI: 10.3400/avd.AVD0a08029.
- [22] Miyashita Y, Saito S, Miyamoto A, et al. Cilostazol increases skin perfusion pressure in severely ischemic limbs[J]. *Angiology*, 2011, 62(1):15-17. DOI: 10.1177/0003319710371619.
- [23] Hidaka S, Kobayashi S, Iwagami M, et al. Sarpogrelate hydrochloride, a selective 5-HT_{2A} receptor antagonist, improves skin perfusion pressure of the lower extremities in hemodialysis patients with peripheral arterial disease[J]. *Ren Fail*, 2013, 35(1):43-48. DOI: 10.3109/0886022X.2012.734758.
- [24] Kawasaki T, Uemura T, Matsuo K, et al. The effect of different positions on lower limbs skin perfusion pressure[J]. *Indian J Plast Surg*, 2013, 46(3):508-512. DOI: 10.4103/0970-0358.121995.
- [25] Shinozaki N. Effect of body position on skin perfusion pressure in patients with severe peripheral arterial disease[J]. *Circ J*, 2012, 76(12):2863-2866.
- [26] Maeda TM, Kimura CK, Takahashi KT, et al. Increase in skin perfusion pressure after maggot debridement therapy for critical limb ischaemia[J]. *Clin Exp Dermatol*, 2014, 39(8):911-914. DOI: 10.1111/ced.12454.
- [27] Hatakeyama S, Saito M, Ishigaki K, et al. Skin perfusion pressure is a prognostic factor in hemodialysis patients [J]. *Int J Nephrol*, 2012, 385274. DOI: 10.1155/2012/385274.
- [28] Otani Y, Otsubo S, Kimata N, et al. Effects of the ankle-brachial blood pressure index and skin perfusion pressure on mortality in hemodialysis patients [J]. *Intern Med*, 2013, 52(21):2417-2421.
- [29] Sato M, Tahara S, Sugiyama D, et al. Blood circulation in the fingers is aggravated after creating a vascular access for dialysis: assessment using skin perfusion pressure[J]. *J Plast Surg Hand Surg*, 2014, 48(5):327-329. DOI: 10.3109/2000656X.2014.886580.

(收稿日期:2016-03-31)

(本文编辑:贾津津)

本文引用格式

潘选良, 韩春茂. 临床皮肤灌注压检测作用的研究进展 [J]. 中华烧伤杂志, 2016, 32(11):702-704. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-12587.2016.11.015.

Pan XL, Han CM. Advances in the research on effect of detecting skin perfusion pressure in clinic [J]. *Chin J Burns*, 2016, 32(11):702-704. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-12587.2016.11.015.