



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2014.06.023  
http://www.zpwz.net/CN/abstract/abstract3931.shtml

· 文献综述 ·

# angiosome 理念在重症下肢缺血膝下病变血运重建中的意义

田锦林, 王伟, 李云松 综述 郭跃辉 审校

(中国人民解放军第二五二医院 介入血管外科, 河北 保定 071000)

## 摘要

angiosome 是一个解剖单元, 包括皮肤、皮下组织、筋膜、肌肉、骨骼以及供应其血液的源动脉和特定的引流静脉。按照 angiosome 理念, 不管是采取腔内还是外科旁路手术, 重建膝下动脉病变的源动脉血运对重症肢体缺血患者可能产生更好的伤口愈合率及更高的保肢率。笔者就 angiosome 理念及其在下肢重症缺血膝下血管病变血运重建治疗策略制定方面的作用作一综述。

[中国普通外科杂志, 2014, 23(6):826-830]

## 关键词

动脉闭塞性疾病; 下肢; Angiosome; 综述文献  
中图分类号: R654.3

## Angiosome concept in revascularization of critical limb ischemia with below-the-knee disease

TIAN Jinlin, WANG Wei, LI Yunsong, GUO Yuehui

(Department of Interventional Vascular Surgery, the 252 Hospital of PLA, Baoding, Hebei 071000, China)

Corresponding author: TIAN Jinlin, Email: tj11970@163.com

## ABSTRACT

Angiosome is an anatomic unit of tissue, which is consisted of skin, subcutaneous tissue, fascia, muscle and bone, as well as the source artery for its blood supply and its specific drainage veins. According to the angiosome concept, revascularization of the source artery of the below-the-knee (BTK) lesion might result in better wound healing and limb salvage rate in patients with critical limb ischemia (CLI) undergoing either bypass or endovascular operation. In this paper, the authors address the angiosome concept and its role in revascularization strategy making for CLI patients with BTK disease.

[Chinese Journal of General Surgery, 2014, 23(6):826-830]

## KEYWORDS

Arterial Occlusive Diseases; Lower Extremity; Angiosome; Review

CLC number: R654.3

angiosome 理念于 1987 年由 Taylor 等<sup>[1]</sup>首次提出, 原本应用于整形外科领域, 来指导手术切

口选择及外科皮瓣移植设计等。该理念按照血液供应将人体划分为 40 多个区域, 每个区域是 1 个三维立体组织块, 包含特定供血的源动脉 (source artery, SA)、区域引流静脉、皮肤、皮下组织、筋膜、肌肉、骨骼等结构<sup>[2-4]</sup>, 人体由多个不同的血管分区 (angiosome) 构成。angiosome 名称由

收稿日期: 2014-03-10; 修订日期: 2014-05-05。

作者简介: 田锦林, 中国人民解放军第二五二医院副主任医师, 主要从事介入诊疗方面的研究。

通信作者: 田锦林, Email: tj11970@163.com

此得来,可直译为“血管区域”、“血管分区”、“血管供血区域”等,国内尚无统一的译法,故本文沿用“angiosome”一词。一个angiosome的SA又称为“滋养动脉(feeding artery)”、“直接供血动脉(direct supply)”等。相邻的angiosome之间存在大量的侧支交通网,这些侧支血管平常处于关闭状态,称为闭塞血管(choke vessels, CV),当某一angiosome SA发生堵塞时开放,通过相邻的angiosome区获得非直接动脉血供(indirect supply),避免了组织缺血坏死,这些CV对正常人而言是一个相当可观的补救系统(rescue system)。angiosome间交通静脉没有瓣膜,血流呈双向流动,在两端压力相当的情况下,其内血流呈左右摆动状态,故称为摆动静脉(oscillating veins)。

## 1 膝下angiosome解剖分区

膝下足踝部angiosome解剖分区共3个SA 6个区,其中胫后动脉沿3个主要动脉分支分为3区:足底内侧动脉区、足底外侧动脉区、内侧跟骨支动脉区;胫前动脉1个分区:胫前足背动脉区;腓动脉沿2个终末分支分为2区:前穿支动脉区及外侧跟骨支动脉区<sup>[1,5-6]</sup>。

膝下3支动脉主干(胫前、胫后及腓动脉)间因各自发出的肌营养支而在肌肉内存在交通,在踝关节周围亦存在广泛的交通:包括内踝动脉网(胫前动脉前内踝支-足背动脉的跗内侧支-胫后动脉的跟骨内侧支-足底内侧动脉浅支)、外踝动脉网(胫前动脉前外踝支-足背动脉的跗外侧支-腓动脉前穿支及跟骨外侧支-足底外侧动脉小分支)、腓动脉前穿支与胫前动脉足背支沟通、腓动脉后穿支与胫后动脉末端沟通<sup>[1,5]</sup>。

在足部存在的交通分为前后循环间的交通、足背内外侧交通及足底内外侧交通3类,前循环主要指胫前足背动脉系统,后循环主要指胫后足底动脉系统。前后循环交通有:足底内侧动脉浅支与足背动脉跗内侧支之间存在细小交通、在网状间隙(web space)及足趾两侧同时接受足背动脉系统及足底外侧动脉系统双重供血而存在细小交通、足背动脉深穿支在第一跖骨间隙与胫后动脉的足底外侧支交通,即足底弓(plantar arch),是足

部前后循环最大、最主要、最具有临床意义的交通。至此,由足背动脉-深穿支-胫后动脉足底外侧支-胫后动脉末端-腓动脉后穿支-腓动脉前穿支-足背动脉,形成一个功能上类似于颅内Willis环的足底动脉环路(pedal-planter loop)。足背内外侧交通主要有:足背动脉的2支跗外侧支与弓动脉(arcuate artery)之间构成的动脉环路(足浅弓);足底内外侧交通有:胫后动脉跟骨内侧支与腓动脉跟骨外侧支之间存在细小交通、足底内侧动脉与足底外侧动脉通过足深弓、十字交通(cruciate anastomosis)及足底跖动脉间的交通<sup>[1,5,7]</sup>。

在CV没有发生硬化、玻璃样变、微小血栓形成、炎性闭塞等情况下,以上这些广泛的动脉交通极大程度上满足了足部在各种情况下的血液供应,即使在其中1个分区或几个分区SA闭塞的情况下,依然能够通过侧支循环维持血液供应。

## 2 angiosome理念在重症下肢缺血(CLI)血运重建中的应用

### 2.1 CLI的形成

CLI是指肢体动脉血供不能满足肢体在静息状态下组织存活所需要的最基本代谢的血液供应,而出现静息痛、肢体溃疡坏疽或远端肢体丢失等表现的严重缺血状况,缺血程度属于Fontaine 3~4级,常见病因为动脉粥样硬化、糖尿病、大动脉炎、结节性动脉周围炎、血栓闭塞性脉管炎以及风湿免疫性疾病引起的血管病变等,常合并冠心病、脑梗塞、高血压等基础疾病,预后较差,是血管外科处理的难点,内科保守治疗基本无效,血运重建(revascularization)能够缓解疼痛,促进溃疡愈合,挽救患者肢体,改善患者生活质量。

### 2.2 CLI的血运重建技术

CLI血运重建技术包括各种腔内技术、外科旁路术(bypass)及内膜剥脱加补片成形术,腔内技术主要适合于泛大西洋协作组织(TransAtlantic InterSociety Consensus II, TASC II) A、B级病变及部分C、D级病变,外科旁路手术包括自体大隐静脉及人工血管旁路术,主要用于TASC II C、D级且流入道及流出道通畅的病变;内膜剥脱加补片成形术主要用于病变局限的病变。近年来,腔内技术得到了快速发展,成为治疗膝下(below-

the-kneel, BTK) CLI 的首选方法, 常用的新技术包括: 普通球囊成形术、药物涂层球囊 (drug-eluting balloon, DEB) 成形术、SilverHawk 腔内斑块旋切术、腔内激光斑块切除术、360° Orbital Atherectomy System 腔内斑块切除术、腔内冷冻成形术 (cryoplasty)、金属裸支架成形术 (bare metal stents, BMS)、药物涂层支架成形术、生物可降解性支架成形术等<sup>[8-9]</sup>。

### 2.3 angiosome 理念在 CLI 血运重建中的应用效果

BTK CLI 血运重建的临床效果取决于开通血管的数目及是否开通了溃疡或组织丢失区域 angiosome SA, 开通血管数目越多, 越有利于溃疡的愈合。分别开通 BTK 0、1、2、3 支动脉 1 年保肢率分别达 56%、73%、80% 和 83%<sup>[9-12]</sup>。如果无法全部开通, 按照 angiosome 理念仅开通病变区域的 SA, 同样有利于溃疡的愈合。尤其是糖尿病患者, 通常 BTK 血管病变广泛, 侧支循环储备差, 如果不按照 angiosome 理念, 仅开通一支非 SA 通常不能使足部溃疡愈合, 也不能避免大截肢<sup>[9-12]</sup>。按照 angiosome 理念开通 SA, 获得直线血流灌注能够使溃疡愈合率及保肢率提升。Alexandrescu 等<sup>[13]</sup>报道了 98 例 124 条 CLI 糖尿病足患者, Wagner 分级 1~4, 按照 angiosome 理念进行了腔内开通, 1 年及 32 个月的保肢率分别达 91% 及 84% 左右。

基于以上理论, 能否重建 angiosome SA 血运是治疗成败的关键, 恢复溃疡或组织丢失区域的直接血流灌注成为治疗的目标。具体到每一位患者, 其个体化开通方案又各不相同。Mustapha 等<sup>[14]</sup>提出了“Jenali 膝下流出道 (run off) 分级及干预方案”, 对个体化方案的制定具有很强的指导性, 他们将 BTK 流出道分为 0~3 级: 0 级膝下无直线血流的流出道, 1~3 级分别有 1~3 条流出道。对于 0 级病变, 主张先处理最短慢性闭塞性病变 (chronic total occlusion, CTO), 若见血液逆灌注前后循环的前交通动脉 (anterior communicating artery, ACA), 此时无需进一步处理, 若无血流逆灌注 ACA, 则进一步选择治疗能够满足经 ACA 逆行灌注的动脉; 1 级病变, 若有正常的逆灌注血流至 ACA, 无组织缺失或坏疽, 无需处理, 若有组织缺失或坏疽, 恢复对缺血区的直接血流灌注, 若流出道动脉有  $\geq 70\%$  狭窄及缺血分级达 Rutherford 分

级 4 以上者需处理; 2 级病变, 若足部有正常的顺行性血流灌注, 无需处理, 若有 1 条流出道, 狭窄  $\geq 70\%$ , 远侧没有通畅的血流灌注, 则需处理, 若远侧有通畅的血流灌注, 则无需处理, 若 2 条动脉狭窄均  $\geq 70\%$ , 应同时进行处理; 3 级病变, 若足部有正常顺行血流, 无需处理, 若其中两条狭窄  $<70\%$ , 第 3 条狭窄  $\geq 70\%$ , 组织缺失及坏疽区域血流受阻, 应处理  $\geq 70\%$  的动脉, 若无组织缺失或坏疽, 无需处理。这一理论较系统完整的指明了不同 BTK 流出道情况下, 腔内开通 CTO 的策略, 对临床处理 BTK CTO 具有参考价值。一般来讲, angiosome SA 开通成功的技术标志为: 缺血区见到的连续性血流灌注, 踝部收缩压  $>50$  mmHg ( $1$  mmHg=0.133 kPa)。

单纯就血运重建而言, 按照 angiosome 理念开通溃疡或坏疽区域的 SA 获得直线血流的方法称为直接血运重建 (direct revascularization, DR), 非 SA 的开通称为间接血运重建 (indirect revascularization, IR), 在 BTK CTO 腔内治疗中, 由于 angiosome 间 CV 代偿性开放程度因微血管病变而远不及非糖尿病患者, IR 开通后, 开通区域周边的 CV 并不能满足邻近溃疡坏疽区域的血供, 因此, IR 的溃疡愈合率及保肢率会低于 DR<sup>[15-17]</sup>。Lejay 等<sup>[18]</sup>报道了 54 例糖尿病足 58 条膝下病变行外科旁路血运重建手术的结果, DR 组 (36 例) 中期溃疡愈合时间 [ $(56 \pm 18)$  d] 明显短于 IR 组 (22 例) [ $(112 \pm 45)$  d] ( $P=0.01$ ), 1、3 年及 5 年的保肢率 DR 组也明显高于 IR 组 ( $P=0.03$ ), 分别为 91%、65% 及 58% 对 66%、24% 及 18%, 但两组的生存率及首次通畅率无明显差异。最近的一项 Meta 分析涉及 9 项研究、715 条 DR 及 575 条下肢 IR 的结果表明, DR 在改善溃疡愈合及保肢方面优于 IR<sup>[19]</sup>。但也有不同的声音存在<sup>[20-21]</sup>; Azuma 等<sup>[22]</sup>报道了 228 例 249 条 CLI 肢体, 外科搭桥术后伤口愈合率 DR 和 IR 仅在糖尿病终末期肾病 (end-stage renal disease, ESRD) 患者中存在差异, 在非 ESRD 患者中无差异, 同时发现溃疡位置、范围及并发基础疾病与溃疡愈合有关, 而不是 angiosome。Iida 等<sup>[23]</sup>的一项涉及 718 例 CLI 患者的多中心回顾性分析研究结果显示, 除了同时存在糖尿病和伤口感染的患者 IR 效果较差外, 其余患者 DR 和 IR 在肢体保留的预后方面没有差异。

由于糖尿病患者与非糖尿病患者以及不同病程糖尿病患者 angiosome 间 CV 的代偿能力不同,造成 IR 后,缺血区域血流灌注量有别,各中心入选研究对象的纳入条件存在差异,如糖尿病患者的比例、糖尿病病程长短、发病年龄、性别、合并 ESRD 的例数、糖尿病足的分级、动脉粥样硬化的程度、膝上动脉狭窄及闭塞程度、BTK 流出道评分、足踝下血管钙化闭塞程度、足底动脉环路的完整程度等因素的不同,都可能导致研究结果之间缺乏可比性<sup>[24-25]</sup>,出现研究结论不一致的情况,目前尚缺乏令人信服的证据如前瞻性大样本临床试验结果,尚需各中心共同努力。

### 3 存在的问题与挑战

虽然理论上讲,angiosome 理念指导下的 DR 对 CLI 溃疡愈合有利,但在临床实际工作中有时很难达到,依然存在一些问题:(1) angiosome 在不同患者中存在变异,溃疡或组织丢失区 SA 无法辨认;(2) angiosome SA 可能由于病变严重钙化及技术难度较大而无法成功开通,尤其是糖尿病患者,罪犯血管(culprit vessel)往往属于严重的动脉中膜环形钙化性闭塞,这些钙化闭塞段多位于小腿3条主干动脉或踝部的屈肌支持韧带和伸肌支持韧带区域,导丝通过十分困难,或导丝勉强通过后,球囊跟进困难,造成开通操作失败;(3)当SA闭塞后,侧支循环血管形成时间较长时,替代原SA供应缺血区域,这时开通原SA可能并不比开通侧支血管有利;(4)一些位于开口、分叉处病变、偏心斑块病变在腔内治疗后易导致重要分支动脉闭塞或夹层形成;(5)腔内治疗时斑块脱落造成远端栓塞事件(垃圾脚形成),加重原有缺血程度;(6)BTK动脉距离心脏远,动脉的压力小,腔内治疗后易形成血栓而很快出现闭塞,或远端流出道差的小动脉扩张后易形成血栓而重新闭塞。这些问题的存在使得angiosome理念在实际应用过程中可能无法实现,或即使实现也并不能获得良好的临床效果,是我们目前遇到的挑战,需要相关学科基础及临床研究共同攻关,需要腔内治疗器材的不断更新,高新技术的不断渗入,以及医生操作技能的逐步提高等多方面共同努力逐步得以解决。

### 参考文献

- [1] Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications[J]. Br J Plast Surg, 1987, 40(2):113-141.
- [2] Tudhope L. Diabetic foot ulcers -the importance of angiosomes in healing foot ulcers[J]. Wound Healing Southern Africa, 2008, 1(2):13-14.
- [3] Iorio ML, Masden DL, Higgins JP. Cutaneous angiosome territory of the medial femoral condyle osteocutaneous flap[J]. J Hand Surg Am, 2012, 37(5):1033-1041.
- [4] Georgescu AV. Propeller perforator flaps in distal lower leg: evolution and clinical applications[J]. Arch Plast Surg, 2012, 39(2):94-105.
- [5] Manzi M, Cester G, Palena LM, et al. Vascular imaging of the foot: the first step toward endovascular recanalization[J]. Radiographics, 2011, 31(6):1623-1636.
- [6] 张童,庄百溪,杨森.应用动脉供血区域理念提高肢体严重缺血腔内治疗的疗效[J].中华普通外科杂志,2012,27(11):871-875.
- [7] Clemens MW, Attinger CE. Angiosomes and wound care in the diabetic foot[J]. Foot Ankle Clin, 2010, 15(3):439-464.
- [8] 谷涌泉,张建,汪忠镐.膝下动脉缺血性病变腔内治疗技术的进展[J].中华外科杂志,2012,50(1):4-6.
- [9] Bernstein O, Chalmers N. New treatments for infrapopliteal disease: devices, techniques, and outcomes so far[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2012, 35(4):715-724.
- [10] Naoum JJ, Arbid EJ. Endovascular techniques in limb salvage: infrapopliteal angioplasty[J]. Methodist DeBakey Cardiovasc J, 2013, 9(2): 103-107.
- [11] Alexandrescu V, Hubermont G. Primary infragenicular angioplasty for diabetic neuroischemic foot ulcers following the angiosome distribution: a new paradigm for the vascular interventionist?[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2011, 4:327-336.
- [12] Alexandrescu V, Söderström M, Venermo M. Angiosome theory: fact or fiction?[J]. Scand J Surg, 2012, 101(2):125-131.
- [13] Alexandrescu VA, Hubermont G, Philips Y, et al. Selective primary angioplasty following an angiosome model of reperfusion in the treatment of Wagner 1-4 diabetic foot lesions: practice in a multidisciplinary diabetic limb service[J]. J Endovasc Ther, 2008, 15(5):580-593.
- [14] Mustapha JA, Heaney CM. A new approach to diagnosing and treating CLI[J]. Endovasc Today, 2010, 9:41-50.
- [15] Iida O, Nanto S, Uematsu M, et al. Importance of the angiosome concept for endovascular therapy in patients with critical limb ischemia[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2010, 75(6):830-836.
- [16] Iida O, Soga Y, Hirano K, et al. Long-term results of direct and

- indirect endovascular revascularization based on the angiosome concept in patients with critical limb ischemia presenting with isolated below-the-knee lesions[J]. *J Vasc Surg*, 2012, 55(2):363-370.
- [17] Söderström M, Albäck A, Biancari F, et al. Angiosome-targeted infrapopliteal endovascular revascularization for treatment of diabetic foot ulcers[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57(2):427-435.
- [18] Lejay A, Georg Y, Tartaglia E, et al. Long-term outcomes of direct and indirect below-the-knee open revascularization based on the angiosome concept in diabetic patients with critical limb ischemia[J]. *Ann Vasc Surg*, 2014, 28(4):983-989.
- [19] Biancari F, Juvonen T. Angiosome-targeted lower limb revascularization for ischemic foot wounds: systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2014, 47(5):517-522.
- [20] Fossaceca R, Guzzardi G, Cerini P, et al. Endovascular treatment of diabetic foot in a selected population of patients with below-the-knee disease: is the angiosome model effective?[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2013, 36(3):637-644.
- [21] Acín F, Varela C, López de Maturana I, et al. Results of infrapopliteal endovascular procedures performed in diabetic patients with critical limb ischemia and tissue loss from the perspective of an angiosome-oriented revascularization strategy[J]. *Int J Vasc Med*, 2014, 2014:270539. doi: 10.1155/2014/270539.
- [22] Azuma N, Uchida H, Kokubo T, et al. Factors influencing wound healing of critical ischaemic foot after bypass surgery: is the angiosome important in selecting bypass target artery?[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2012, 43(3):322-328.
- [23] Iida O, Takahara M, Soga Y, et al. Worse limb prognosis for indirect versus direct endovascular revascularization only in patients with critical limb ischemia complicated with wound infection and diabetes mellitus[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2013, 46(5):575-582.
- [24] Aerden D, Denecker N, Gallala S, et al. Wound morphology and topography in the diabetic foot: hurdles in implementing angiosome-guided revascularization[J]. *Int J Vasc Med*, 2014, 2014:672897. doi: 10.1155/2014/672897.
- [25] Kret MR, Cheng D, Azarbal AF, et al. Utility of direct angiosome revascularization and runoff scores in predicting outcomes in patients undergoing revascularization for critical limb ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 2014, 59(1):121-128.

( 本文编辑 姜晖 )

本文引用格式：田锦林, 王伟, 李云松, 等. angiosome 理念在重症下肢缺血膝下病变血运重建中的意义 [J]. 中国普通外科杂志, 2014, 23(6):826-830. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2014.06.023  
**Cite this article as:** TIAN JL, WANG W, LI YS, et al. Angiosome concept in revascularization of critical limb ischemia with below-the-knee disease[J]. *Chin J Gen Surg*, 2014, 23(6):826-830. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2014.06.023

## 欢迎订阅《中南大学学报(医学版)》

《中南大学学报(医学版)》原名《湖南医科大学学报》，创刊于1958年，为教育部主管、中南大学主办的医药卫生类综合性学术期刊。该刊已被美国医学文献分析和联机检索系统(Medline, Pubmed)及其《医学索引》(IM)、荷兰《医学文摘》(EM)、美国《化学文摘》(CA)、WHO西太平洋地区医学索引(WPRIM)、中国科学引文数据库(核心库)(CSCD)等国内外多家重要数据库和权威文摘期刊收录；是中国科技论文统计源期刊、中文核心期刊及中国期刊方阵“双效”期刊；为“第2届、第3届中国高校精品科技期刊”、“2008年中国精品科技期刊”和湖南省“十佳科技期刊”。

本刊为月刊，国际标准开本(A4幅面)，每月月末出版。内芯采用进口亚光铜版纸印刷，图片彩色印刷。定价20元/册，全年240元。国内外公开发行。国内统一刊号：CN43-1427/R，国际标准刊号：ISSN 1672-7347；国内邮发代号：42-10，国外邮发代号：BM422；欢迎新老用户向当地邮局(所)订阅，漏订或需增订者也可直接与本刊编辑部联系订阅。

地址：湖南省长沙市湘雅路110号湘雅医学院75号信箱 邮编：410078  
 电话：0731-84805495, 0731-84805496 传真：0731-84804351  
 Email: xyxb2005@vip.163.com, xyxb2005@126.com  
 Http://www.csumed.org; www.csumed.com; www.csumed.net  
 http://xybx.xysm.net

中南大学学报(医学版)编辑部