DOI:10.16016/j.1000-5404.1986.01.004

足底皮瓣血管神经的巨微解剖

张放鸣 指导：何光旒 陈尔瑜

（解剖学教研室）

提 要 用手术显微镜观测了50侧成人尸体足底皮肤的血管和神经。足底中间区皮肤的血供主要来源于足底内、外侧动脉。足底外侧动脉发生的皮动脉支数、外径和分布范围都优于足底内侧动脉，设计足底皮瓣时，应予重视。翻起足底皮肤，皮动脉在浅筋膜表面呈点状分布。在足的跟部、跖骨头部和中部，皮动脉点的外径、单位面积的点数和总截面积，彼此间均有显著差异。这与足底的不同部位承受不同重力的功能密切相关。足底皮动脉大多有一支静脉伴行，它们可经足底内、外侧静脉汇入胫后静脉，也可经足底浅静脉网汇入足背浅静脉。

关键词 足底皮肤；足底皮瓣；足底内、外侧动（静）脉

近年来，足底皮瓣在整形外科中日益受到重视并迅速发展。1979年，Shanahan[1]首先采用以足底内侧血管神经为蒂的转移皮瓣，修复足跟部溃疡获得成功，随后国内外相继出现了许多类似的报道[2][3]。1983年，Morrison等[4]成功地游离移植足底血管神经蒂皮瓣，修复对侧足底缺损。在血管的形态研究方面，自Adachi[5]以来，许多作者[6-9]先后对足底血管作了一些观察，但多限于足底动脉干和足底动脉弓，很少涉及皮支。最近，施恩娟等[10]观测了足底皮瓣的血管神经，但对皮支的分布和吻合等情况仍嫌不足。为此，本文进一步从皮瓣的角度对足底皮血管和神经作了较详细的观测。

材料和方法

用25具未经固定的成人尸体50侧下肢，从胫后或胫前动脉注入红色乳胶，显示足底动脉，然后将标本防腐固定。借助手术显微镜由浅至深逐层解剖。用刻有小方格（精确度为0.5cm）的透明塑料片覆盖足底，将血管的分支、分布和吻合等按1:1的比例移绘到坐标纸上。血管神经的外径用测微目镜片测量。另用两例新鲜标本注入红色铅丹乳胶作血管造影。

由于足底皮瓣涉及的结构主要是足底中间区，因此，本文主要统计了足底血管干在中间区发出的皮动脉和神经。中间区的远侧界是第Ⅰ和第Ⅴ跖骨头（h、e）的连线，p点是连线的中点；以p点至跟骨后面最凸点（g）作纵轴，透过内踝最凸点（m）在足跟跖侧作一与pg线相垂直的横轴，于足跟跖侧内、外两侧缘相交于i、f，该横轴线是中间区的近侧界。连接e、f，h、i四点，作成一个任意四边形，即足底中间区（图1）。为了观测皮动脉点的分布，再将中间区分为八十个小区，方法是：将e、f，h、i两边分为十等分，e、

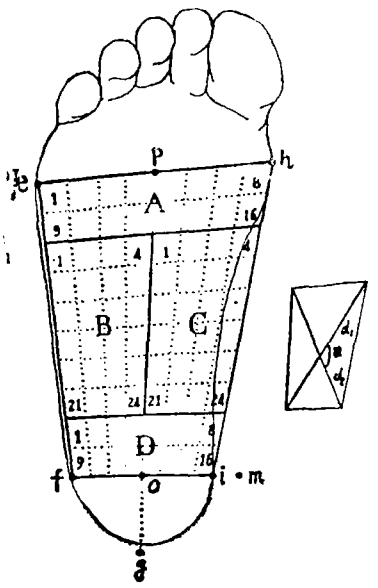


图1 足底分区

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

h，f、i两边为八等分，按负重的不同部位又将中间区分为A、B、C、D四个大区，其中A、D两区分别含有十六个小区，B、C两区分别有二十四个小区。用任意四边形面积公式（$S=\frac{1}{2}d_1\times d_2\times\sin\theta$）计算各大区面积。

观 察 结 果

一、足底的动脉

（一）足底动脉干

1．胫后动脉末端：即足底内、外侧动脉的起点，50例中，位于分裂韧带下缘之上的占56％，平均距下缘6.89±3.76 mm（1.00～18.00 mm）；正对韧带下缘的占14％；在韧带下缘之下的占30％，平均距下缘3.83±3.02mm（1.00～12.00mm）。胫后动脉末端的体表投影，是以内踝最凸点向下35 mm，向后10 mm处为圆心，82％集中在半径为10mm的圆内（图2）。

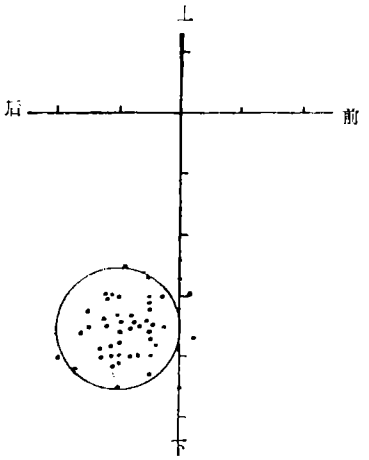


图2 胫后动脉末端位置分布
轴上每格代表10mm

2．足底外侧动脉：较足底内侧动脉粗大(表1)，由胫后动脉发出后，先向外行走在趾展肌和趾短屈肌的深面，尔后在足底外侧沟内前行，至第五跖骨底附近入足底第3、4层肌肉终止。通过第一跖骨底作一横线与PO线垂直，将足底分为四个象限（图3）。足底外侧动脉终端80％位于该图第Ⅳ象限中X轴为0～15mm，Y轴为0～20mm的范围内。足底外侧动脉平均干长为87.80±9.60mm（66～106mm）。

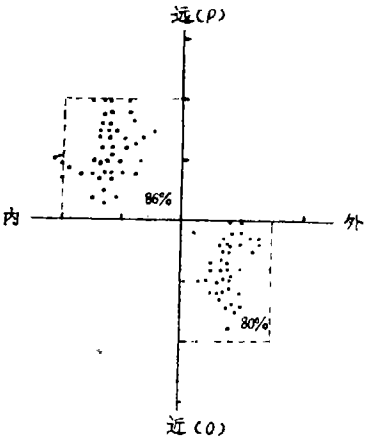


图3 足底内外侧动脉终端位置的分布
轴上每格代表10mm

3．足底内侧动脉：该动脉自胫后动脉起始后，先行于趾展肌深面，然后经足底内侧沟行向远端，于第Ⅰ跖骨底远端分为2～3支趾跖侧总动脉而终。其终端86％集中于第Ⅱ象限（图3），X、Y轴均为0～20mm的范围内。动脉干长平均为92.70±8.40mm（70～105mm）。

足底动脉干各处的外径见表1。

表1 足底血管的外径（单位：mm）$\bar{X}\pm SD$

	动脉		静脉*	
	起始	终端	起始	终端
胫后	——	3.11±0.62	2.58±0.61	——
足底外侧	2.61±0.56	1.69±0.53	2.15±1.01	2.38±0.60
足底内侧	2.03±0.48	1.02±0.47	0.96±0.43	1.91±0.53

* 两支伴行静脉择其粗者

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

（二）足底内、外侧动脉皮支

分布于足底中间区的皮动脉，主要是足底内、外侧动脉在足底内、外侧沟内发出的短小皮支。皮动脉从动脉干发出后，穿深筋膜行向浅层。在浅筋膜内发出向两侧横向伸展的一级分支（照片），分支间彼此广泛吻合，并发出众多次级分支，垂直进入足底皮肤。

1. 起始和外径：从表2、3中可见，足底外侧皮动脉的支数、外径都优于足底内侧皮动脉，两者间差异均非常显著（$t=5.81, 10.21$；$P<0.01$）。

表2 足底血管皮支的外径（单位mm）$\bar{X}\pm SD$

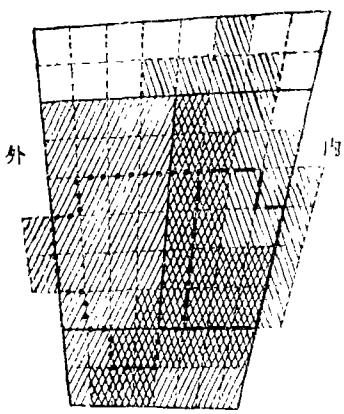
	动脉	静脉
足底外侧皮血管	0.77±0.24	0.83±0.31
直接皮血管	0.76±0.24	0.81±0.30
肌皮合干血管	0.81±0.23	0.87±0.34
足底内侧皮血管	0.58±0.23	0.62±0.25
直接皮血管	0.51±0.19	0.57±0.24
肌皮合干血管	0.71±0.24	0.69±0.25

表3 50例足底血管皮支数

		出现率（例数）	皮动脉 皮支数	皮动脉 平均数（$\bar{X}\pm SD$）	伴行静脉
外侧	直接皮血管	100%（50）	274	5.48±0.27	269
	肌皮合干血管	82%（41）	88	2.15±0.16	86
	总支数		362	7.24±0.26	355
内侧	直接皮血管	94%（47）	167	3.34±1.60	161
	肌皮合干血管	90%（45）	94	1.88±1.17	93
	总支数		261	5.22±0.24	254

皮支中，直接皮动脉占总支数的70.79%，肌支皮支合干动脉仅占29.21%。

2. 分布：足底动脉皮支在足底分布的总面积平均为40.53±5.17cm²。外侧动脉皮支分布面积平均是27.14±4.58cm²，占总分布面积的66.96%。80%集中分布在梯形图中（图4）的$C_{9,13,17,21}$



足底外侧动脉分布区　80%足底外侧动脉分布区
足底内侧动脉分布区　80%足底内侧动脉分布区

图4　皮支分布

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

B_{10-20}、B_{21-24} 和 $D_{3,4}$等20个小区；内侧动脉皮支分布面积平均为15.57 ± 3.58cm²，占皮支总分布面积的38.42 %。80%分布于 $C_{10,11,14-16}$、C_{18-20}、C_{22-24} 等 11 个小区。其中有25个小区是足底内、外侧动脉皮支的重叠分布区。

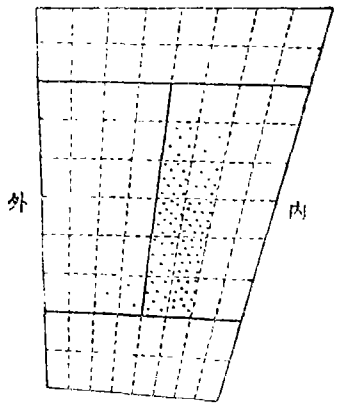


图5　足底内、外侧动脉皮支间吻合点分布
每一(·)代表一个吻合点

3．吻合：足底内、外侧动脉皮支彼此之间，以及与邻近的其它浅动脉之间，在浅筋膜内形成广泛吻合。50 例中，吻合点在0.1mm以上的有280个，平均外径为 0.27±0.10mm。吻合点出现最多的是足底内、外侧动脉皮支之间（105个），占吻合点总数的 37.50%。主要分布于足底中间区中轴线内侧半的小区（图 5）。

4．皮动脉在浅筋膜内的点状分布：翻起足底皮肤，皮动脉断端在浅筋膜表面呈点状分布。30例标本的方差分析显示：皮动脉点的平均外径、单位面积内平均点数和平均总截面积，A、B、C、D四个区域差异均非常显著（表 4）。

用Student Newman-Keuls法进一步作了各区域各项均数间的比较，发现单位面积内的动脉平均点数，A、B、D区与C区相差非常显著 ($P<0.01$)，而A、B、D各区间差异不显著，即A、B、D＞C；皮动脉点的平均外径和单位面积内的平均总截面积，除A、B区间相差不显著外($P>0.05$)，其余均非常显著 ($P<0.01$)，即D＞AB＞C。皮动脉点的平均外径与总截面积比较结果一致，表明血管外径足以影响足底皮肤的血供。

表4　各区域浅筋膜内皮动脉点分布的比较 $\bar{X}\pm SD$

	区域				显著性	
	A	B	C	D	F	P
血管平均直径 (mm)	0.18 ±0.03	0.18 ±0.02	0.12 ±0.02	0.22 ±0.04	68.553	<0.01
单位面积内血管点数(支/cm²)	5.98 ±1.34	6.44 ±1.68	4.65 ±1.40	6.43 ±1.88	8.430	<0.01
单位面积内血管总截面积 (mm²/cm²)	0.15 ±0.05	0.16 ±0.05	0.06 ±0.03	0.24 ±0.08	40.868	<0.01

二、足底的静脉

胫后动脉均有两条静脉伴行。足底内、外侧静脉在由远端向近端的回流中常由一支逐渐分为两支。因此，足底内侧静脉在起始处、通过肌深面处和汇入胫后静脉处，1 支伴行静脉的存在率由72%分别递减为36%和 8 %；足底外侧静脉则由68%分别减为24%和 2 %。静脉的平均外径在回流中逐渐增粗（表 1）。

50例标本的 623 支皮动脉，共有伴行静脉609支，占皮动脉支数的97.75%。皮静脉在深筋膜深面与足底静脉干相连，在浅筋膜

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

内同足底浅静脉网交通。

三、足底的神经

胫神经一般位于胫后血管的深面。50例中，胫神经末端在胫后动脉末端近侧的92%，远侧的仅占2%，与动脉等高的占6%。胫神经末端平均横径为5.79±1.16mm。足底外侧神经行于同名血管的内侧，起始和终端的平均横径分别为3.68±1.10mm和2.27±0.54mm；足底内侧神经与同名血管的伴行关系不恒定，可位于血管的外侧（20.35%）、内侧（72.36%）或深面（7.29%），起始和终端的外径分别是3.72±0.74mm和2.61±0.63mm。

皮神经的出现率不如皮动脉高。50例中共有190支，平均每例3.80±1.09支，它们的横径和干长见表5。一支皮神经常发支与2～3支皮动脉伴行。

表5 50例足底皮神经的横径及干长（单位mm）$\bar{X}\pm SD$

	支数	起始外径	出深筋膜处径	干长
足底内侧皮神经	112	0.77±0.27	0.77±0.30	11.66±6.11
		(0.36～2.18)	(0.36～2.18)	(1.45～31.00)
足底外侧皮神经	78	0.95±0.33	0.97±0.35	11.72±6.40
		(0.20～1.82)	(0.20～1.28)	(2.18～44.00)

讨　论

足底中间区大部份不直接负重。位置隐匿，皮肤坚韧，无毛和皮脂腺，皮下组织丰厚。从该区采取皮瓣修复足底负重区或手掌软组织损伤，比其它外科瓣更具有优越性。

一、足底皮瓣的采取

足底内、外侧血管和神经恒定地走行于足底内、外侧沟内。血管神经的分布和外径均能满足显微外科吻接的要求。以足底内、外侧血管为蒂均可设计理想的轴型皮瓣。

以足底外侧血管为蒂的皮瓣轴线，是从胫后动脉末端（内踝最凸点下方约35mm，后方约10mm处）经由中线（本文的PO线）外侧约10mm处，至第Ⅴ蹠骨底（或第Ⅰ蹠骨底近端向下约5mm）平面的连线。以足底内侧血管为蒂的皮瓣轴线，是从胫后动脉末端经由中线内侧约12mm处，至第Ⅰ蹠骨底远端约12mm的连线。内、外侧皮瓣的蒂动脉、伴行静脉和蒂神经（皮神经）的外径、蒂长、切取的中心区域和面积等文中已有叙述。皮瓣厚度以切至深筋膜为宜。

由于足底内、外侧动脉彼此之间，特别是与足背动脉之间存在着广泛的吻合交通[8][9]，足底皮瓣还可设计成由足背动脉供血的逆行性皮瓣。足底内、外侧血管的终端是血管蒂，皮瓣轴线与由胫后动脉供血的顺行性皮瓣相同，只是由远端向近端切取。

二、足底皮瓣血管蒂的选择

关于足底内、外侧皮瓣血管蒂的选择问题，以往的作者[1][2][10]认为：足底内侧动脉行走表浅，皮瓣位于足弓区，切取后对足底功能影响不大，多主张以足底内侧血管为蒂。本文作者认为：综合考虑足底皮肤的结构特点和血管分布，倘若受区在足底负重区，尤其是足跟蹠侧大面积软组织损伤，以采用足底外侧血管为蒂的皮瓣较好。一方面因为外侧区蒂血管和皮血管的外径较内侧区粗（表1、2），分布面积广，同时皮动脉点的分布与直接负重区的蹠球部类似，与足跟蹠侧较接近（D＞AB＞C），能较理想地满足负重区丰富血供的要求；另一方面，外侧区皮下脂肪厚，可给足跟蹠侧提供一个良好的皮下脂肪垫。此外，足底负重力的分

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

布，中部不是直接受力的部位，以外侧区皮瓣作为供区，对足底功能影响不大，这一点在临床上已获证实[6][7]。因此，设计皮瓣时，不宜忽视足底外侧皮瓣的优越性。

三、足底皮动脉点的分布与负重的关系

Klenerman[11]和Jones[12]在分析足的负重情况时，大致将足底分为足跟部、蹠骨头部和足中部。认为足跟部和蹠骨头部是主要的负重区，两者重力分布的比例是5：3或1：1[11]。由于足跟部的面积小于蹠骨头部，因此足跟部承受的压力更大。本文比较了三个不同负重区浅筋膜内皮动脉点的分布情况，发现各区单位面积内皮动脉点的总截面积，足跟部（D区0.24mm²/cm²）＞蹠骨头部（A区0.15mm²/cm²）＞足中部（BC区0.11mm²/cm²）。说明足底皮动脉点的分布与负重有密切的关系，即负重越大，血供越丰富。此外，足中部单位面积内皮动脉点的总截面积，外侧区（B区0.16mm²/cm²）＞内侧区（C区0.06mm²/cm²），从形态学上说明了足底中部内侧区的受力小于外侧区这一大家都理解的事实。

参考文献

1. Shanahan RE & Gingrass RP: Medial plantar sensory flap for coverage of heel defects. Plast Reconstr Surg 1979; 64(3):296

2. 高学书等：应用足底内侧血管神经束岛状皮瓣修复足跟软组织缺损。第二军医大学学报增刊 1982; 3:112

3. McCarthy JG: Subfascial arterialized sole of the foot flap. Plast Reconstr Surg 1984; 73(4):691

4. Morrison WA, et al: The instep of the foot as a fasciocutaneous island and as a free flap for heel defects. Plast Reconstr Surg 1983; 72(1):56

5. Adachi B: Das Arterien System der Japaner Bd II-3 Kyoto. Maruzen Co. 1928; S260～291

6. Vann NM: A note on the formation of the plantar arterial arch of the human foot. Anat Rec 1943; 85:269

7. Edwards EA: Anatomy of the small arteries of the foot and toes. Acta Anatomica 1960; 41(2):81

8. Gabbasov AG: Blood supply of the human foot (Russan). Trudy Bashirsk Med Inst 1963; 13(1):215

9. 吴晋宝等：足背和足底的动脉分布。解剖学报 1980; 11(1):13

10. 施恩娟等：足底皮瓣的血管神经。解剖学通报 1983; 6(2):108

11. Koenerman L: The foot and its disorders. London Edinburgh Melbourne 1976; pp 30～49

12. Jenes RL: The human foot. An experimental study of its mechanics and the role of its muscles and ligaments in the support of the arch. Amer J Anat 1941; 68:1

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Macro-microanatomy of Vessels & Nerves of Skin Flap at Sole

Zhang Fangming Tutors: He Guangchi and Chen Eryu

(Department of Anatomy, Third Military Medical College)

The blood vessels and nerves of the sole skin of 50 feet of Chinese adult cadavers were observed with an operative microscope. The blood supply of the central part of the sole comes mainly from the medial and lateral plantar arteries (MPA and LPA). Their average diameter is larger than 2.0mm and their trunk is usually longer than 80mm. When a skin flap is designed, the cutaneous branches from LPA are much better than those from MPA so far as the number of the branches, their external diameter and the extent of the distribution are considered.

When the sole skin is stripped away, the cut ends of the cutaneous arteries present a multiple dot-like appearance on the surface of the superficial fascia. The external diameter of the arterial branches, the number of the branches in an unit area, and the total area of the cross section of the branches are different among the regions of the heel and the metatarsal heads, and the central part of the sole. They vary with the weight born on each region.

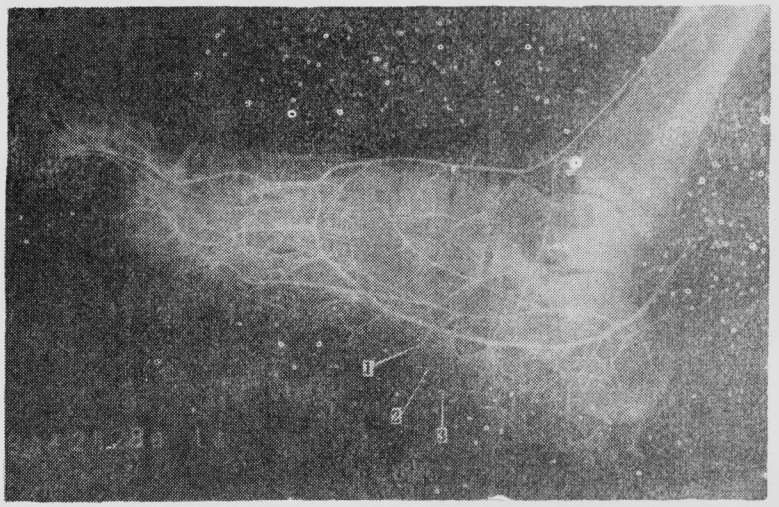
All the cutaneous arteries of the sole are accompanied with veins respectively. Most of the MPA and LPA are accompanied with two veins with a diameter larger than 1.9mm on average. The two veins terminate by joining into two posterior tibial veins.

Key words: Sole skin; skin flap of sole; Medial and latera plantar arteries (veins)

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

足底皮瓣血管神经的巨微解剖

（正文见第18页）

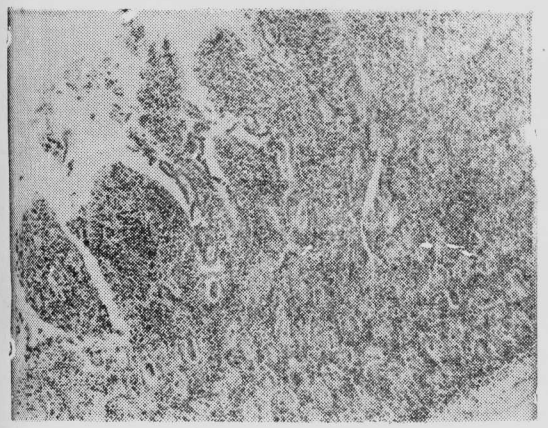


足动脉的X线照片

1.足底动脉的皮支；2.横向伸展的一级分支；3.垂直进入足底皮肤的次级分支

复方哨喹的毒性作用及其防治的实验研究

（正文见第25页）



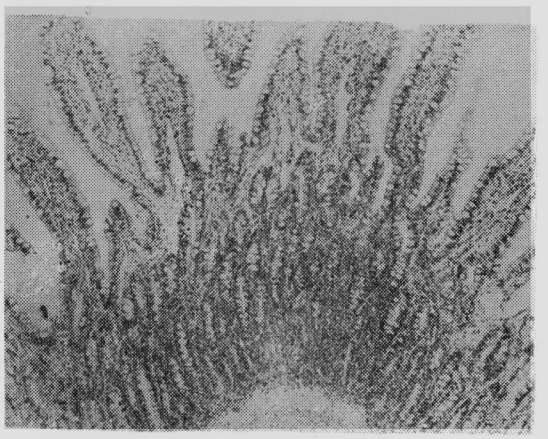


图1　左图、狗灌服复方哨喹，小肠粘膜上皮坏死脱落。HE×84
右图：狗灌服复方硝喹，同时肌注叶酸，小肠粘膜上皮基本完好，杯状细胞几乎满布隐窝上部及绒毛。HE×84

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net