

显微外科解剖学

XIANWEI WAIKE JIEPOUXUE

钟世铨 主编

人民卫生出版社

1816.2
ZSZ

70741

显微外科解剖学

MICROSURGICAL ANATOMY

钟世镇 主编



人民卫生出版社

编 委

王启华 刘牧之 朱家恺 张为龙
钟世镇 陶永松 韩永坚

审 阅

何光麓 赵敏学 杨东岳

编 者

浙江医科大学：韩永坚 周家宝 张克劬 章 明
上海第一医学院：杨东岳 陈遥良 陈芝仪
安徽医学院：赵敏学 秦登友 张诗兴 吴仁秀
蚌埠医学院：黄恭康 苗 华
南京医学院：吴永沐
哈尔滨医科大学：张鸣弦
白求恩医科大学：张为龙 郑智良
中国医科大学：李 吉 徐恩多 姜树学 柏树令
沈阳军区总医院：杨果凡
第三军医大学：何光麓 陈尔瑜 刘正津
中山医学院：朱家恺 于国中
广州医学院：钟如川 黄鸿钧
何清华 王植楠 黄霞英
广东医药学院：王启华 林正琰 曾尧祥
张癸恩 肖向英 刘庆麟
第一军医大学：钟世镇 刘牧之 陶永松
徐达传 孙 博 周长满
罗力生 程军平

2487/1P

前 言

在医学发展史上,解剖学对外科学的发展起过重要作用。显微外科技术引入手术领域后,逐步形成了崭新的显微外科学,影响所及,临床各科创新性的手术大批涌现。我国显微外科学者,近年来在不少领域有新的突破,日新月异向前发展,并在国际上进行了广泛的学术交流。目前我国显微外科技术正在迅速地向中级和基层医院普及,并取得不少成果。

从前一阶段看,无论在国外或国内,显微外科解剖学的科研,落后于显微外科临床发展,国际上尚无一本较为系统的显微外科解剖学参考书。为了适应显微外科的提高和普及的需要,在人民卫生出版社的组织下,由第一军医大学、浙江医科大学、白求恩医科大学和广东医药学院等14个单位,40多位从事显微外科解剖学科研及显微外科临床的专家们,联合编写了这本《显微外科解剖学》。

我国显微外科应用解剖学的科研开展较晚,1978年在桂林召开的中国解剖学会学术会议上,仅有一个开始。近年来,由于多方面的努力,有关的科研发展得很快,在各个领域均取得了较为丰硕的成果,使本书的编写具备了客观的可能条件。本书有关章节的撰稿人,原则上聘请从事该项科研有专长者担任,以本人科研成果为主,同时吸取国内外有关资料,按临床手术需要,加以综合整理。由于参加撰稿的人多面广,编写时间仓促,限于编者水平,难免存在不少缺点和错误。此外,尚有部分临床上未曾开展的手术项目,我们根据解剖学的基本规律,认为有可能加以应用的设想,也初步编入书内。这部分基础理论可能对临床实践提供有益的启示,但这些资料还很不成熟,有待实践检验。请广大的医务工作者和基础理论研究者提出宝贵意见和批评,俾在再版时加以修订。

钟 世 镇

1982. 6.

目 录

第一章 显微外科解剖学与显微外科的关系	1
第一节 显微外科发展概况.....	1
第二节 应用解剖学是显微外科重要基础之一.....	2
第三节 显微外科解剖学科研概况.....	3
第二章 小血管的解剖组织学	5
第一节 概述.....	5
第二节 人体不同部位小血管结构特点.....	5
第三章 皮瓣移植的应用解剖学	11
第一节 概述.....	11
第二节 颞顶部皮瓣和前额部皮瓣.....	17
第三节 胸三角部皮瓣.....	19
第四节 侧胸部皮瓣.....	20
第五节 胸前部皮瓣.....	22
第六节 肩胛冈下部皮瓣.....	23
第七节 臂外侧皮瓣.....	24
第八节 臂内侧皮瓣.....	25
第九节 前臂皮瓣.....	26
第十节 腰肋部横型皮瓣.....	28
第十一节 臀上部皮瓣.....	29
第十二节 阴囊皮瓣.....	30
第十三节 腹股沟部皮瓣.....	31
第十四节 股后部皮瓣.....	35
第十五节 小腿后部皮瓣.....	36
第十六节 小腿内侧部皮瓣.....	38
第十七节 小腿前部皮瓣.....	40
第十八节 足背皮瓣.....	41
第十九节 第一趾蹼皮瓣.....	44
第四章 肌瓣和肌皮瓣移植的应用解剖学	46
第一节 概述.....	46
第二节 胸部及上肢肌瓣的应用解剖学.....	48
第三节 下肢肌瓣的应用解剖学.....	56
第四节 腹直肌瓣的应用解剖学.....	67
第五章 骨移植的应用解剖学	70
第一节 概述.....	70
第二节 腓骨.....	70

第三节	肋骨	73
第四节	髂骨	75
第六章	手及手指功能重建的应用解剖学	81
第一节	手的功能概述	81
第二节	手的结构	81
第三节	拇指的功能解剖学	88
第四节	足趾移植再造拇指的解剖学基础	94
第七章	肠段移植的应用解剖学	101
第一节	概述	101
第二节	小肠代食管的应用解剖学	102
第三节	阑尾移植修补尿道的应用解剖学	105
第四节	肠段移植阴道形成术的应用解剖学	107
第八章	大网膜移植的应用解剖学	110
第一节	概述	110
第二节	大网膜的应用解剖学	110
第三节	大网膜轴型皮瓣	114
第九章	中枢神经系显微外科解剖学	115
第一节	概述	115
第二节	脑的动脉	116
第三节	脑动脉的侧支循环	142
第四节	大脑的静脉及硬脑膜静脉窦	147
第五节	几个局部的显微外科解剖学	150
第六节	颅内外动脉吻合的应用解剖学	163
第十章	周围神经的显微外科解剖学	169
第一节	概述	169
第二节	正中神经	172
第三节	尺神经	177
第四节	桡神经	180
第五节	坐骨神经	183
第六节	迷走神经	191
第十一章	淋巴系统的显微外科解剖学	199
第一节	概述	199
第二节	下肢的淋巴系	203
第三节	上肢的淋巴系	208
第四节	女性外阴部的淋巴管	210
第五节	男性外阴部的淋巴管	211
第六节	精索内的淋巴管	212
第七节	胸导管	213
第十二章	中耳的显微外科解剖学	220

第一节	鼓室的壁·····	220
第二节	鼓室腔·····	221
第三节	鼓窦及乳突小房·····	222
第四节	鼓室的粘膜皱襞及间隙·····	223
第五节	听小骨·····	225
第六节	面神经·····	232
第十三章	小器官移植的显微外科解剖学·····	234
第一节	概述·····	234
第二节	成人肾移植·····	234
第三节	婴幼儿及胎儿肾移植·····	240
第四节	甲状腺、甲状旁腺移植·····	243
第五节	胰腺移植·····	246
第六节	肾上腺移植·····	248
第七节	性腺移植·····	253

第 一 章

显微外科解剖学与显微外科的关系

第一节 显微外科发展概况

显微外科技术是近十余年来外科技术中进展最快的尖端技术之一。它应用特制的精细器械,在手术显微镜下进行手术,由于视物放大,突破了人们视力的自然限制,把手术野从宏观推入微观,使许多过去凭借目力无法开展的精细手术,现在可以进行并取得成功,从而扩展了手术治疗的广度和深度,促使外科技术发生深刻的变革。

一、显微外科发展阶段

显微外科技术的发展过程,概略地可以分为两个阶段:

(一) 第一阶段(1921~1959) 这个时期主要用在耳科和眼科手术,操作上多属于比较简单的开洞、减压、撼动镫骨或角膜缝合。显微外科技术在这个阶段中发展缓慢,未能得到普及和推广。这个阶段中有重要贡献的是: Nylen 和 Holmgren (1921) 首先用手术显微镜进行内耳开窗手术; Peritt (1946) 在手术显微镜下进行角膜缝合。

(二) 第二阶段(1960~现在) 是以小血管缝合为代表的重大突破,为现代显微外科技术奠定了基础。Jacobson 和 Suarez (1960) 的实验性研究,在手术显微镜下对直径 1.6~3.2 毫米的 26 条血管进行缝合,全部获得通畅,引起外科学界的重视。小血管缝合技术,标志着显微外科技术的成熟程度,目前已能缝合直径 0.2 毫米左右的血管。现代显微外科已从缝合血管发展到缝合淋巴管、泪管、生殖管道、泌尿管道、消化腺管道和神经束等;从单一组织的游离移植发展到复合组织的游离移植和小器官移植。与此同时,手术显微镜、显微外科手术器械和缝合材料均有长足的发展。

二、显微外科有关的重大成就和进展

1966 年,上海第一医学院杨东岳、汤钊猷创用第二趾游离移植再造拇指。国外 Cobbett 于 1969 年报道了脚趾移植再造拇指成功。

1966 年,Green 等报道用肠段游离移植以置代颈段食管获得成功。1977 年,上海市第九人民医院张涤生等报道了肠段移植的临床应用。

1967 年,Donaghy 及 Yasargil 报道了用颅内外动脉吻合术治疗闭塞性脑血管病。1977 年,新疆医学院臧人和等开展了这种手术。

1971 年,Thompson 将吻合血管神经的趾短伸肌移植到面部治疗面瘫,开创了肌瓣的游离移植术。1975 年,上海市第六人民医院陈中伟等应用胸大肌游离移植治疗前臂缺血性肌挛缩获得成功。

1972 年,Harri 等利用颞部头皮,首先获得吻合血管的游离皮瓣移植成功。1973 年,上海华山医院杨东岳等用下腹部皮瓣,游离移植修补面颊部的手术后缺损。

1972 年,Mclean 和 Buncke 用游离大网膜移植修复头皮巨大缺损。1977 年,北京积水潭医院程绪西等开展了此项手术;1979 年,沈祖尧等改进了大网膜的应用,介绍了

大网膜轴型皮瓣技术。

1972年, Millesi 等在临床上用神经束间移植术修复周围神经损伤。1978年, 广州中山医学院朱家恺等开展了这种手术并报道了远期疗效分析。

1974年, O'Brien 用淋巴管静脉吻合术治疗肢体阻塞性淋巴水肿取得良好效果。1979年, 广州中山医学院朱家恺等开展了这种手术。

1975年, Taylor 等用显微血管吻合法游离移植腓骨修复对侧胫骨巨大缺损。1977年, 上海市第六人民医院陈中伟等开展了这项手术。

1976年, Taylor 等首先游离移植吻合血管的桡神经修复对侧缺损长达22厘米的正中神经。上海华山医院顾玉东、杨东岳等于1980年应用了这种方法, 取得了成功。

1976年, Cohen 等报道用显微神经血管吻合法再植完全离断的阴茎获得完全成活。1980年, 广州中山医学院于国中等对一例阴茎完全断离, 应用显微外科技术再植成功。

1976年, Baudet 提出了肌肉皮瓣游离移植。1978年杨东岳等做成功了肌肉皮瓣游离移植。

1977年, 上海华山医院杨东岳等应用显微外科技术, 在人体上施行了吻合血管神经的同种异体全膝关节移植。在此之前, 1972年 Tamai 曾在狗身上作了同种异体膝关节移植的实验性研究。1978年, Taylor 等吻合旋髂浅血管游离移植了髂骨带皮肤的复合组织。1980年蚌埠医学院黄恭康等, 吻合旋髂深动脉游离移植了髂骨。

1979年, 广州中山医学院朱家恺等, 在人体上进行异体卵巢移植, 对妇女内分泌功能紊乱的治疗取得了成效。

1979年, 第一军医大学张兆武等, 用自体阑尾游离移植修补尿道缺损, 取得成功。

第二节 应用解剖学是显微外科重要基础之一

显微外科技术是现代外科学成就之一。促进显微外科的发展, 除了需要现代外科学的各种基础知识和技能以外, 还有两个重要因素: 一个是显微外科的技术装备和操作技巧, 另一个是显微外科应用解剖学。

临床医学的发展同基础医学的发展是紧密联系、互相促进、不可分开的。基础医学的成果为临床医学的发展提供了理论根据, 临床医学发展的需要又必然促进基础理论研究的提高。外科学与外科解剖学就是这样相互依赖、相互促进的。例如早在1889年 Manchot 的经典性论文《人体皮肤动脉》(Die Hautarterien des Menschlichen Körpers) 中, 就论及了对皮肤动脉所作的详细解剖及注射研究, 介绍了皮肤内部血液供应的概念, 并将全身划分为45个血管分布区。但当时整形外科尚未很好发展, 还看不出这些解剖学基础理论对临床医学有何重要意义。后来, 由于外科学发展的需要, 这个解剖学基础便指导了整形外科许多带血管蒂皮瓣转移的实践。当整形外科进展到显微外科技术阶段, 小血管、小神经缝接术得到突破以后, 不少传统的带蒂皮瓣又被吻合血管神经的游离皮瓣所代替, 从而扩大了手术的范围。手术的改革和设计都涉及到相关的小动脉、小静脉、小神经的应用解剖学。过去积累的解剖学资料已远远不能满足新手术设计的需要, 这样就必然促使解剖学者和外科学者进行深入一步的研究。

开展一种新的显微外科手术, 通常要做两方面的准备。一是动物实验, 从动物身上充分掌握显微镜下对细小结构进行各种外科操作的技术, 取得合乎治疗方针的实验结果。

另一方面,还必须熟悉与手术相关的解剖学知识,了解手术区主要结构的正常情况和可能出现的变异情况,拟订出相应的手术方案,才能提高手术治疗的成功率。许多有成就的外科学家,开展手术前都十分重视动物实验和尸体解剖的研究。例如:O'Brien 等进行阻塞性淋巴水肿临床治疗之前,在近百只狗身上做过淋巴管与静脉吻合的实验;Taylor 作腹股沟游离皮瓣的设计时,研究过 100 例腹股沟部浅血管的尸体解剖;张涤生等进行肠段移植修复食管缺损之前,曾在狗身上做过实验;杨东岳等开始作第二趾游离移植再造拇指时。手术长达 18~22 小时,当他们应用自己在 50 具尸体上的解剖学研究成果去改进手术方法后,手术时间缩短到 4~6 小时左右;朱家恺等进行淋巴管静脉吻合的临床实践之前,曾经反复在人体淋巴灌注标本上研究应用解剖学规律,根据肢体淋巴管的分布,提出将肢体分四段进行手术的设计,还节省了在患者身上术前淋巴管造影的环节;张兆武等开展阑尾代尿道手术前,在狗身上做过实验性研究,又在尸体上对阑尾血管及会阴部血管进行过应用解剖学的研究。

第三节 显微外科解剖学科研概况

在解剖学领域中,肉眼解剖与显微解剖之间还存在一片很大的地区,即巨视微视解剖学(Macro-Microanatomy)。这是肉眼解剖难以涉及,而显微镜解剖(组织学)又已经遗弃的地区。过去虽然也有人强调开拓这个领域的科研工作,也曾做出一些成果,但在有巨大生命力的崭新的显微外科发展起来以前,巨视微视解剖学的应用价值并不是那么明确,现实要求不是那么迫切,整个巨视微视解剖学的成果还是比较小的。

显微外科技术的发展,对解剖学提出了许多新要求,迫切需要巨视微视领域内的解剖学资料作为手术设计的理论基础,这就是解剖科学中,显微外科应用解剖学这门分支科学必然要出现,而且必须进一步发展的趋势。国外的解剖学者从事显微外科解剖学研究的较少,解剖学刊物一般看不到显微外科应用解剖学的资料,但是较多出现在临床学科的刊物上,说明了临床医学的迫切需要。国外的学者如 Sunderland, Buncke, Harii, Taylor, Daniel, Smith, O'Brien, Chater 等在各类临床论文或专著中,都有显微外科应用解剖学的研究资料。

在我国,显微外科解剖学的研究,不少也是由临床工作者开展的。近年来解剖学者已经从各个方面开展了显微外科应用解剖学的研究。例如:大网膜的解剖学研究(宁夏医学院,1977);颅内动脉吻合术的外科解剖学(钟世镇等,1978);足趾移植再造拇指的解剖学研究(吴晋宝等,1978);游离腓骨移植的研究(郑思竞、郭汾,1978);游离肌瓣的解剖学研究(第二军医大学,1978);脑血管的显微外科解剖学(张为龙,1978);游离皮瓣的解剖学研究(李赋庄、程耕历、何光簏等,1978);周围神经干的显微外科解剖学(钟世镇等,1979);淋巴管静脉吻合的解剖学研究(刘牧之等,1979);肠段代食管和肠段代阴道的解剖学研究(陶永松等,1980;孙博等,1982);阑尾代尿道的解剖学研究(钟世镇等,1980);胰腺、甲状腺、肾上腺移植的解剖学研究(徐达传等,1980~1982);肋骨的应用解剖学研究(任国宝等,1980);髂嵴前部的血供(苗华等,1980);输卵管的显微外科解剖学研究(曹昱等,1980);动脉干网状血管皮瓣的解剖学研究(李吉等,1980);肌间隔及肌间隙血管皮瓣的解剖学研究(钟世镇等,1981,1982);肾移植有关的解剖学研究(张为龙等,1981);喉返神经在迷走神经干内的定位研

究（王启华等，1981）；中耳有关的显微外科解剖学（韩永坚等，1981）。

综观我国显微外科解剖学的研究，在1978年的中国解剖学会学术年会上仅仅是个开始。但到1980年和1982年学术年会上，已经涌现了一大批科研成果，无论在数量和质量上都有很大提高。我们希望通过本书的编写，整理出目前可能收集到的显微外科应用解剖学资料，为促进显微外科的发展，为祖国的现代化建设做一点工作。

如上所述，近年来我国的显微外科解剖学已取得了一定的成绩，积累了不少资料，为许多新的手术设计和革新提供了可靠的基础。同时存在一些基础不适应于临床需要的情况，某些空白急需填补。也还有一些外科临床上尚未涉及的，但随着科学的发展，终将到来的应用解剖学问题，例如：许多外科学者还没有把器官内脏神经的吻接提到重要日程上来，对内脏神经的应用解剖学的要求看来还不甚迫切。但是，可以预见，当免疫学抗排斥难题一旦能完善解决，影响器官功能的内脏神经吻接必将上升为重要的课题。因此，显微外科解剖学还有大量的问题需要进行研究。希望解剖学家能与显微外科临床医学家进一步衷心协作，在较短的期间，在临床实践上和基础理论上取得更多更大的成就。

（钟世镇 朱家恺 韩永坚）

第二章

小血管的解剖组织学

第一节 概 述

长期以来,一般把直径1毫米以下的动脉列为小动脉。从形态结构来说,小动脉和中动脉均属于肌性动脉,它具有二层以上的平滑肌,最小的毛细血管前动脉仅有一层分散的平滑肌,当小动脉管径达到60微米以上时,其管壁三层结构才较为完整,内膜与中膜之间具有完整的内弹性膜。中膜平滑肌呈环行或螺旋状排列,并与较大的肌性动脉的中膜相连续(图2-1)。外膜为薄层的结缔组织组成,含有较多的胶原纤维和网状纤维。小静脉亦具有三层结构,但与伴行的动脉相比,腔较大,壁较薄,平滑肌及弹性纤维均较少。由于各个器官所在的地位和功能的不同,其间的小动脉在结构上有所差异。

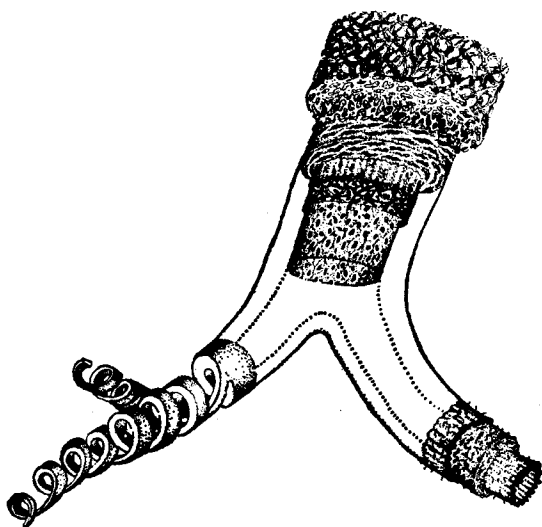


图 2-1 中、小动脉壁结构及肌层走向模式图

第二节 人体不同部位小血管结构特点

一、小动脉一般情况

小动脉的管腔较小,管壁的内膜、中膜、外膜三层结构较明显。小动脉外径、内径及壁厚有一定规律性,其比值为 $1:0.57:0.2$ (图2-2)。但管径的大小及管壁的厚薄可随所在的器官及血管本身的机能活动情况有所不同,有的相差很大。分布在四肢皮下组织、肌间、泌尿器官及某些生殖管道等处的小动脉壁较厚;分布在脑、胃肠道和肺内的小动脉壁较薄。我们在不同的器官测量了管径1毫米以下的小动脉75例,其壁厚平均为104.1微米,壁厚与外径的比值为 $1:5$ 。管壁三层各占一定的比例(图2-3),但不是绝对的,视各部位而不同。

(一) 内膜 较薄,由内皮及内弹性膜构成,厚度在2.5~25微米之间,平均9.5微米,占壁厚的9%。在某些器官有明显的差异:冠状动脉、精索等处的小动脉,由于内弹性膜的层数增加而增厚。

1. 内皮:细胞呈扁平梭形,细胞宽约10微米,长约20~50微米。其长轴与血管的长轴一致(图2-4)。在细胞的中央,有圆形或椭圆形的细胞核。固定后,有核的地方

常向管腔微隆起，厚约 2~4 微米，其余胞质菲薄。内皮外周有一层极薄的基膜，厚约 300~1,500 埃。

我们在电镜下观察到内皮细胞通过紧密连接与相邻细胞连接，在连接面附近的细胞表面常有微绒毛、微皱襞等结构。扫描电镜观察到内皮细胞表面微绒毛的有无、多寡和形态随部位的不同而异。大网膜的小动脉内皮细胞表面微绒毛较多（图 2-5），微绒毛末端稍膨大呈鼓槌状；胃左动脉的分支内皮细胞表面微绒毛较少，但较为粗短（图 2-6），或表面出现一些微皱襞，但有些细胞如图 2-4 表面光滑。内皮细胞含有直径约 700 埃的吞饮小泡及明显的微丝束。内皮细胞有时还可伸出突起，穿过内弹性膜的“窗孔”与内面的平滑肌细胞的突起相接，即与肌细胞的突起形成“突触”，其连接的间隙约 50 埃。

内皮细胞之下为内皮下层，在较小的小动脉此层缺如，只有稍大的小动脉中可以看到是极薄的一层，为无定形基质，主要为酸性粘蛋白。基质通过内弹性膜的窗孔与中膜的基质相通。在内膜的基质，特别是稍大的小动脉，有时可见少量纤细的弹性纤维和胶原纤维。

2. 内弹性膜：小动脉的内弹性膜一般都发育得很好，光镜下清晰可见。它是由许多纤细纵走的弹性纤维构成的膜，固定后常皱缩呈波浪形，膜上有许多小孔，称“窗孔”。当血管斜切时，窗孔是显而易见的。窗孔的大小约 1~3 微米（图 2-7）。小动脉一般只有一层内弹性膜，厚约 2~3 微米。随器官部位的不同，有时亦可增至 2~3 层的内弹性膜。小动脉内弹性膜的厚薄、发达与否，明显与它所在器官机能及环境有关。特别是一些特殊的小动脉，如大脑及肺内小动脉因其所在环境不受外压及张力的影响或其血压较低，而内弹性膜较厚。冠状动脉的内弹性膜也是很发达的。当血管正常老化加速时，常会使动脉和小动脉发生改变，例如正常肾小叶间动脉内膜很薄，只有一层内弹性膜。但在良性高血压病人常见内膜增厚，这常是由于内弹性膜发生纤维变性所致（Porter, 1976）。

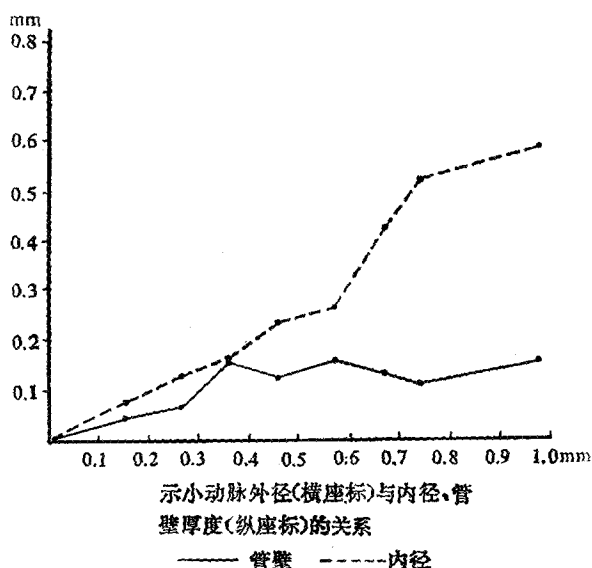


图 2-2 小动脉外径、内径与管壁厚度关系图

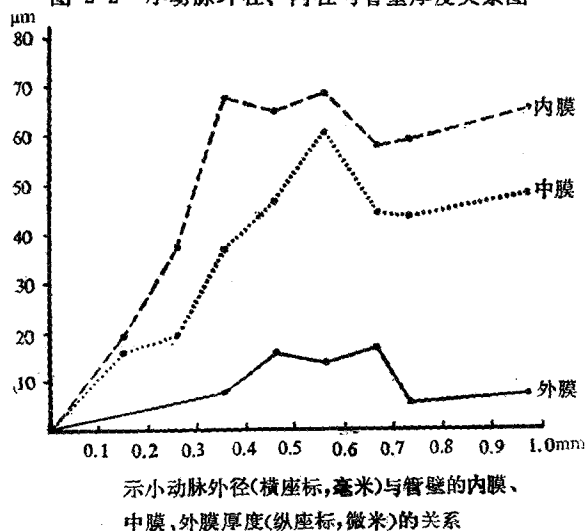


图 2-3 小动脉壁三层厚度与外径关系图

O'Brien 指出, 当小血管修复时, 内弹性膜的重建是由于血管中层细胞增生和弹性蛋白的原纤维的形成, 这些增生的细胞可能是平滑肌细胞, 可通过内弹性膜到内膜, 并产生纤细的弹性蛋白的原纤维, 这些原纤维以后紧缩成为新的内弹性膜。内弹性膜及中层较严重的破裂可导致修复时内膜过度的增生, 而造成血管腔的狭窄甚至分成几个管腔, 而影响手术的效果。

(二) 中膜 构成小动脉中膜的主要成分为环行的平滑肌和在肌纤维之间少量的胶原纤维、弹性纤维、网状纤维及基质。

直径 1 毫米以内的小动脉, 中膜的厚度为 20~70 微米, 平均约 55 微米, 占壁厚的 53%。小动脉中膜的厚度主要由平滑肌层数的多少而决定, 平滑肌可由 2 层至 10 数层, 平均约为 7 层。平滑肌层数的增加与管径的增大有一定的关系。小动脉外径平均为 0.2 毫米时, 中膜约有 4 层平滑肌; 外径 0.3 毫米时, 则有 7 层平滑肌; 外径 0.4 毫米时为 10 层; 外径 1 毫米时为 14 层。然而平滑肌的层数又与所在器官的不同而有所差异, 如分布四肢皮下、肌间、男女生殖管道、子宫旁组织、阔韧带、肾脏及输尿管等处的中膜较厚, 平滑肌较多。脑、肺、胃肠粘膜下层的小动脉中膜较薄, 平滑肌较少。以图 2-8、2 大脑的小动脉及图 2-8、1 肾的小动脉为例, 它们的中膜厚度相当, 但前者的外径却比后者大一倍。同等口径的小动脉, 下肢的中膜比在上肢者厚。某些小动脉的中膜可以很厚, 如肾的输入小动脉中膜的平滑肌特别厚, 有许多还成了纵走的肌性垫, 它缺少内弹性膜。又如分布于输尿管外膜或精索的小动脉亦明显增厚。另外一些血管, 如大脑的小动脉在它分支的部位, 中膜非常薄, 甚至完全没有。但在内膜则可有散在的纵走平滑肌, 一般认为它们是由中膜的平滑肌通过内弹性膜而来的。

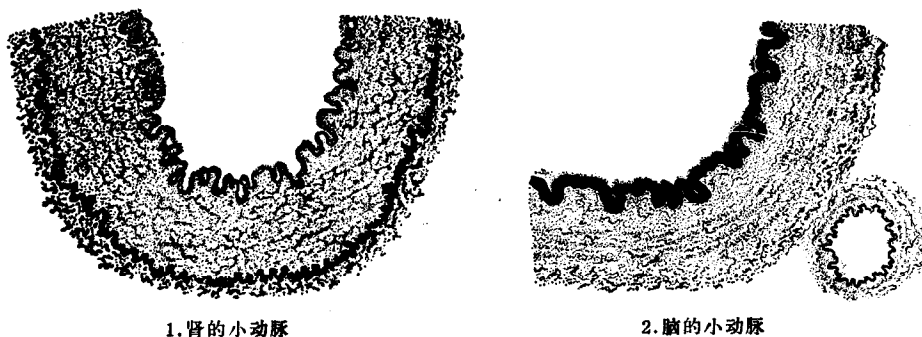


图 2-8 大脑与肾小动脉的比较

Weiger 氏弹性纤维染色

小动脉中膜的平滑肌与较大的肌性动脉的平滑肌相延续, 都是沿螺旋方向环行的 (图 2-1)。小动脉借弹性纤维和平滑肌的作用能自动地调节管腔的大小, 控制所在器官的血液流量。平滑肌细胞呈梭形, 长约 20 微米, 有核处厚约 5 微米, 平滑肌细胞有薄的基膜, 并有极细的网状纤维包绕。在肌细胞之间有少量的基质和纤细的弹性纤维和胶原纤维。肌纤维间的弹性纤维在血管横切时呈波浪形, 其数量的多少, 随所在器官的血管有所不同, 如四肢皮下, 肌间、肾、输尿管、输精管的血管中膜、肌间的弹性纤维较多; 在大脑的小血管则极少。在各器官小动脉的中膜里都没有发现成纤维细胞, 此层平滑肌具有成纤维细胞的功能, 其间的基质及结缔组织纤维均为平滑肌细胞所产生。这

点已为电子显微镜的观察所证实，在血管内膜和中膜的修复和再生中起主要作用。

(三) 外膜 直径1毫米以内的小动脉，外膜比中膜稍薄，平均约40微米，占壁厚的38%。四肢皮下、肌间、子宫旁组织、输尿管等处的小动脉，外膜较厚；大脑、大网膜等处的小动脉，外膜很薄。组成外膜的成分主要为结缔组织，含有胶原纤维、弹性纤维和少量网状纤维，基质较丰富，可见到成纤维细胞、组织细胞和脂肪细胞。有些小动脉还可有分散的平滑肌细胞及神经纤维。这些结缔组织排列疏松，靠近中膜处较致密，一般有较薄的外弹性膜。外弹性膜随着管径变小而变薄，并成为断断续续不完整的一层，到外径0.1毫米以下则消失。肾、肺等处的小动脉的外弹性膜的弹性纤维较为发达。某些动脉为适应所在器官的特殊环境和生理机能，血流供应有所不同，其管壁有相应的独特结构，称之为特殊小动脉。这些特殊小动脉不论是大、中、小型，它的管径、管壁的微细结构都和一般小动脉有不同程度的变异。

二、具体的小动脉

(一) 肺小动脉 肺的小动脉的特点是管径大，管壁薄，具有丰富的弹性纤维，内径与外径的比值为0.48，壁厚与外径比值为0.19。当管径大于1,000微米时，其管壁弹性纤维特别多，结构与弹性动脉相似，管径1毫米以下的小动脉其结构相当于肌性动脉，但中膜较薄，肌纤维并不多，但具有多层的内弹性膜，外膜亦有较多的弹性纤维。在100微米以下的肺小动脉中膜也很薄，但还具有一层平滑肌，较突出的是毛细血管前小动脉仍有明显的内弹性膜，外膜的弹性纤维也较丰富，与肺泡壁的弹性纤维相连续。肺小动脉具有上述的特殊结构是与肺的生理机能相适应的。因肺动脉的血压较体循环的动脉压为低（约为主动脉搏的六分之一）。肺动脉沿呼吸管道行走，外周阻力较小，血管的扩张性较大，肺小动脉这样的结构正好适应机能上的需要。

(二) 冠状动脉 冠状动脉管径虽小，但管壁较厚，且弹性纤维、弹性膜很发达。冠状动脉的特点是内膜较厚，内皮下层弹性纤维较丰富，内弹性膜很发达，常可有数层，其间可有少许纵走的平滑肌。中膜除环行平滑肌外，亦可看到不少纵肌，甚至可以成层。外弹性膜则不发达。在人体由于左心负荷大，心壁厚，左冠状动脉血流量亦较右冠状动脉大，因而左冠状动脉所含弹性纤维比右冠状动脉更为丰富。可以认为冠状动脉具有丰富的弹性纤维和发达的肌层与心肌繁重活动需要供应较大的血流量有关，特别当心肌加强活动时，冠状动脉内血流量往往增加4~5倍，冠状动脉具有上述特殊结构，则可很好缓冲较大的血流冲击及自动调节血量，以适应心肌活动的需要。

(三) 脑的小动脉 脑的小动脉是肌性动脉。由于颅腔是相当固定的，因而脑膜和脑室等处的小血管也相应地比较固定，血管的收缩舒张幅度较小，肉眼很难看到脑动脉的搏动。虽然脑动脉的血流量较大（约占体循环20%），但一般也比较恒定，变化的幅度没有其他器官大，一般只在正负30~50%之间（心肌加强活动时的血流量可增加4~5倍，而骨骼肌的血流量甚至可高达15~20倍之多）。因而脑小动脉的管腔较大，管壁较薄，内弹性膜较厚，而中膜平滑肌及外膜均不甚发达。在外径均值为0.53毫米时，其内径均值为0.36毫米。内径与外径的比值为0.68（一般血管为0.57）。管壁厚度为78微米，管壁与外径的比值为0.15（一般小血管为0.20）。由此可见，其管腔大，壁薄为其特点。上述血管的内膜厚度为4.6微米。内皮很薄，主要是很厚的一层内弹性膜，有时亦可有两层，内弹性膜的增厚对缓冲腔内血流对管壁的冲击起重要的作用。内弹性膜

一直延伸到口径极细的动脉仍是相当明显而完整。当接近毛细血管时，仍可见到极薄的一层。中膜厚度为 40.5 微米，平滑肌层数为 2~12 层，排列分散，在肌纤维之间偶见少量极纤细的弹性纤维或完全缺如，而代之以较多的胶原纤维，这也是脑血管与其它器官血管区别的标志。外膜厚 32 微米，较中膜为薄，主要为胶原纤维及少量网状纤维和弹性纤维，结构较为疏松。在 1 毫米以下脑的小动脉没有外弹性膜，外径 1 毫米时，也只有断断续续不完整和很纤细的弹性纤维。特别是脑内小动脉和硬脑膜的小动脉其外膜更薄，几乎缺如。

(四) 男、女性生殖器官小动脉 阴茎小动脉，在青春期以后，内膜厚，有纵走的平滑肌，并形成纵嵴。中膜也较厚，外膜也有纵走的平滑肌束。子宫及卵巢的小动脉，精索的小动脉均有较丰富的平滑肌。在内膜及外膜亦常有纵走平滑肌，并在内膜常形成纵走的内膜垫。特别是子宫及卵巢的小动脉，中膜肌层还随月经周期的变化而有所增减。在妊娠期子宫小动脉中膜的肌层发生退行性变化，内膜弹性纤维及胶原纤维增生，因而内膜显得更厚，并产生新的平滑肌，最后在退行性变化的中膜周围形成一层结缔组织薄膜。这些小动脉，多呈弯曲螺旋状，也就是所谓的螺旋动脉，这样的形态结构与器官特殊的生理功能是相适应的。

不同部位的小动脉其管壁的结构有所差异，在显微外科进行血管吻合时，应该加以考虑。

三、小静脉

在毛细血管后的静脉，习惯称之为毛细血管后静脉，结构上与毛细血管颇为相似，但管壁上有比较清楚和紧密的薄层结缔组织。当管径达到 50 微米时，在结缔组织中出现个别散在的平滑肌细胞，并有薄层结缔组织构成的外膜。在管径增大到 200 微米左右时，其中膜才具有一层连续的平滑肌，一般称为小静脉的是指直径在 0.2~1 毫米之间的静脉。小静脉在结构上与伴行的小动脉相似。但一般有以下区别：①弹性纤维较少，内、外弹性膜不发达或缺如，三层界限不明显；②中膜比较薄，平滑肌细胞比较少，但有较多的胶原纤维，并具有成纤维细胞；③外膜的厚度与中膜相当或稍薄一些（中静脉以上的外膜比中膜厚）。

一般小静脉的中膜具有 2~4 层环列的平滑肌，在肌纤维间有较丰富的含纵走弹性纤维网的疏松结缔组织。管径在 0.3 毫米以下的小静脉几乎没有内弹性膜，就在稍大的小静脉内弹性膜也并不完整。

小静脉的内径比伴行小动脉略大，我们测得小静脉内径与外径的比值为 0.61（小动脉为 0.57），壁厚与外径的比值为 0.18（小动脉为 0.20）。由此可见，小静脉比小动脉管腔大些，管壁薄些，但按比例来说，小静脉的管壁还是较厚的，（中静脉的管壁与外径的比值约为 0.10；大静脉的比值则只有 0.05 左右）。小静脉内膜的厚度约占壁厚的 5.2%，中膜占 47.1%，外膜占 47.7%。

为了适应局部器官血液循环的特殊需要，以及血流动力学的影响，不同器官的小静脉在结构上的差异比小动脉更大。其差异特别表现在平滑肌纤维含量的多少、走向及位置上。此外弹性纤维的变化也是较大的，分布在四肢、肌肉、精索、肾上腺、妊娠子宫等器官的小静脉管壁较厚，肌纤维较丰富，特别是有较多的纵肌，管壁的哪一层厚些，则随所在器官有所不同。肾上腺髓质内小静脉在内皮下常有较多的纵肌。皮下小静脉常

见可使管腔变窄的内膜隆起，精索静脉丛、肾内小静脉等其外膜纵肌较厚。脑、视网膜、骨及阴茎海绵体等处的小静脉平滑肌很少，中膜较薄。在肺小静脉及精索静脉丛则有较多的弹性纤维。在四肢皮下、肌肉内的小静脉，其肌纤维及在肌纤维周围的纵走弹性纤维和胶原纤维排列得很有规律，整齐。小静脉移接小动脉后，其管壁很快得到增厚，说明血压与管壁的结构有非常密切的关系，而且有较大的可塑性。

(钟如川 张癸恩 何清华 黄霞英)