

眼微循環及其相關疾病

OCULAR MICROCIRCULATION AND ITS RELATIVE DISEASES

張惠蓉 編著



北京醫科大學 聯合出版社
中國協和醫科大學

眼微循环及其相关疾病

Ocular Microcirculation and Its Relative Diseases

张惠蓉 编著
北京医科大学第三医院
眼科教研室

Zhang Hui Rong, M. D.
Professor of Ophthalmology
The Third School of Clinical Medicine
Beijing Medical University
Beijing

北京医科大学 联合出版社
中国协和医科大学

(京)新登字 147 号

眼微循环及其相关疾病

张惠蓉 编著

责任编辑:庄鸿娟 余 木

※ ※ ※

北京医科大学
中国协和医科大学 联合出版社出版

(社址:北京医科大学院内)

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

北京医科大学印刷厂印刷

※ ※ ※

开本:787×1092 1/16 印张:24.5 字数: 580 千字

1993 年 6 月第 1 版 1993 年 6 月第 1 次印刷 印数: 1—3000 册

ISBN7—81034—202—9/R·202(精) 定价: 34.80 元

内 容 简 介

本书是一本有关眼微循环及其相关疾病的专著,内容包括眼微循环特点、研究方法、微循环生理、血液流变学和微循环、血视网膜屏障的生理和病理、眼血管的发育、眼各组织血管的走行分布和超微结构,视网膜和脉络膜微循环障碍疾病,以及全身性血管病在眼部的表现。书中附图 297 张、参考文献 794 篇,是一本内容比较丰富的参考书。

本书可供各科临床医师、眼科专业医师、大专院校眼科研究生、大学生及有关科技人员参考。

前 言

眼的微循环直接反应眼及全身许多器官的生理功能状态和病理过程,与疾病的发生、发展和临床预后均有密切的关系,研究眼的微循环对了解眼部和全身疾病均具有重要的临床意义。

目前国内尚无一本有关眼微循环的专著。作者从70年代初系统从事眼微循环的临床研究工作,80年代初又开展了微循环形态学和病理学的基础研究,通过动物实验、透射电镜、扫描电镜、树脂铸型、消化铺片和荧光造影等方法对人、猴、猫、狗、兔、鼠等人和动物眼的血管发育及三维立体结构进行了大量的研究工作,拍摄透射和扫描电镜照片1700多张,为本书的照片提供了大量资料。在我院领导和同道们的鼓励和支持下,根据作者多年的临床实践和基础研究工作,并参阅了794篇中外文献,完成了本书的编写。

本书共分为16章。前8章为有关眼微循环的基础研究,内容包括眼微循环特点、研究方法、微循环生理、血液流变学和微循环、视网膜屏障的生理和病理,眼血管的发育,眼各组织血管的走行分布和超微结构等;后8章为有关视网膜和脉络膜微循环障碍疾病的临床部分,包括各种视网膜和脉络膜的血管病和全身病影响血管和血液成分的疾病在眼部的表现。书中共有照片297张,由我科田力同志洗印,其中三张照片(图8—2、8—82、8—83)由赵颖医师提供,线条图1—3等征得解放军总医院田牛教授同意由作者绘制而成,在此一并致谢。

由于篇幅和水平限制,本书所涉及的内容还不够全面,参考文献也还不够丰富,有些观点可能有错误和不当之处,希望同道们提出批评、指正,以便进一步改进。

张惠蓉

1993. 2.

目 录

第一章 微循环概论	(1)	第二节 血管通透性观察方法	(17)
第一节 微循环的定义和特点	(1)	一、染料法	(18)
第二节 微血管的形态和构型	(2)	二、荧光染料法	(18)
一、微血管的命名和分类	(2)	三、放射性同位素和放射自显影法	(18)
二、微血管的构型	(3)	四、酶蛋白示踪法	(18)
三、血流通过微循环的途径	(4)	第三节 血管形态学研究方法	(18)
第三节 微血管的超微结构	(5)	一、组织切片和光学显微镜	(18)
一、微动脉	(5)	二、消化铺片技术	(19)
二、微静脉	(6)	三、微血管 X 线造影	(21)
三、毛细血管	(6)	四、血管灌注	(21)
第四节 微血管的通透性	(8)	五、透射电镜和扫描电镜	(23)
第五节 微循环动态	(10)	六、血管树脂铸型	(28)
一、微血管血压	(10)	第三章 血液流变学改变和微循环	(33)
二、微血管的运动性	(10)	第一节 概述	(33)
三、微血管的血流速度	(10)	第二节 血液的流变性	(33)
第六节 微血管的调节	(11)	一、牛顿液体和非牛顿液体	(33)
一、神经性调节	(11)	二、血液的流变特性	(34)
二、体液性调节	(11)	第三节 影响血液粘度的因素	(35)
三、代谢性调节	(12)	一、红细胞压积	(35)
四、肌原性调节和自动调节	(12)	二、红细胞的变形能力	(35)
第二章 眼微循环研究方法	(13)	三、红细胞聚集	(36)
第一节 血流动力学观察方法	(13)	四、血小板的聚集	(36)
一、热电偶法	(13)	五、血浆粘度	(36)
二、血管插管法	(13)	六、血流动力学和血管大小	(36)
三、巩膜开窗法	(13)	七、血管长度和管壁平滑度	(37)
四、惰性气体清除法	(14)	八、温度、渗透压和 pH 值	(37)
五、放射性 ⁸⁵ Kr 清除法	(14)	第四节 血液流变学的临床意义	(37)
六、放射性微球标记法	(14)	一、血液流变因素异常的相关疾病	
七、裂隙灯显微镜和检眼镜	(14)		
八、荧光血管造影	(15)		
九、扫描激光检眼镜	(17)		
十、多普勒超声血流仪	(17)		
十一、激光多普勒测速仪	(17)		

二、血液流变异常的治疗	(39)
第四章 眼微循环特点	(42)
第一节 眼微血管的超微结构	(42)
一、视网膜血管	(42)
二、脉络膜血管	(43)
三、睫状体血管	(44)
四、虹膜血管	(44)
五、视神经血管	(44)
六、巩膜和结膜血管	(45)
第二节 眼毛细血管的通透性	(45)
一、视网膜血管的通透性	(45)
二、视乳头血管的通透性	(46)
三、脉络膜血管的通透性	(46)
四、睫状体血管的通透性	(47)
五、虹膜血管的通透性	(47)
六、结膜毛细血管的通透性	(48)
第三节 眼血流动力学	(48)
一、血液流变性与眼血流	(48)
二、血管内压力、弹性和眼血流	(48)
三、眼内血流量和血流速度	(49)
四、眼内压和眼血流	(50)
第四节 眼血循环的调节	(51)
第五章 血-视网膜屏障的生理和病理	(53)
第一节 血-视网膜屏障的部位	(53)
一、内屏障	(53)
二、外屏障	(53)
第二节 血-视网膜屏障的生理功能	(54)
一、被动转运	(54)
二、主动转运	(55)
三、膜动转运	(55)
第三节 血-视网膜屏障的病理	(56)
一、内屏障的病理	(56)

二、外屏障的病理	(57)
第四节 血-视网膜屏障破裂的临床表现	(57)
一、引起内屏障破裂的疾病	(57)
二、引起外屏障破裂的疾病	(58)
三、血-视网膜屏障破裂的眼底症状	(59)

第六章 眼血管的发育	(60)
第一节 原始血管系统	(60)
第二节 玻璃样血管系统和晶状体血管膜	(60)
一、血管的发育和消失	(61)
二、血管的超微结构	(61)
第三节 视网膜血管发育	(62)
一、历史的回顾	(62)
二、视网膜血管的来源	(62)
三、视网膜血管的形成和分化	(62)
四、视网膜血管细胞成份的发育	(64)
第四节 脉络膜血管的发育	(64)
一、脉络膜三层血管的发育	(64)
二、脉络膜血管结构的发育	(65)
第五节 虹膜睫状体血管发育	(65)
一、虹膜血管	(65)
二、睫状体血管	(65)

第七章 眼球及其附属器的血液供给	(67)
第一节 动脉系统	(67)
一、颈内动脉	(67)
二、眼动脉	(68)
第二节 眼球的血液供给	(70)
一、视网膜中央血管系统	(70)
二、睫状血管系统	(74)
第三节 眼附属器的血液供给	(77)
一、泪腺动脉	(77)
二、肌动脉	(77)
三、筛后动脉	(78)
四、筛前动脉	(78)

五、眶上动脉	(78)
六、睑内侧动脉	(78)
七、滑车上动脉	(79)
八、鼻背动脉	(79)
九、颈外动脉的分支	(79)
第四节 静脉系统	(79)
一、眼静脉	(79)
二、海绵窦	(80)

第八章 眼血管树脂铸型扫描电镜

观察	(81)
第一节 视网膜血管	(81)
一、视网膜血管的分布特点	(81)
二、动脉周围无毛细血管区带	(86)
三、动脉和静脉的解剖特点	(86)
四、视网膜毛细血管分布的临床意义	(87)
第二节 脉络膜血管	(88)
一、脉络膜血管的分布特点	(88)
二、脉络膜血管间的吻合	(91)
三、脉络膜血管分区供应的临床意义	(91)
第三节 虹膜睫状体血管	(92)
一、虹膜动脉大环	(92)
二、虹膜动脉小环	(92)
三、虹膜血管	(93)
四、睫状体血管	(93)
五、虹膜睫状体血供特点和生理意义	(95)
第四节 涡状静脉	(96)
第五节 视神经血管	(97)
第六节 巩膜血管	(98)
第七节 眼睑血管	(98)
第八节 结膜血管	(99)
第九节 眼外肌血管	(99)
第十节 泪腺血管	(100)

第九章 视网膜循环障碍疾病

第一节 视网膜血管病的眼底征象	(101)
一、概述	(101)
二、视网膜血管改变	(102)

三、血-视网膜屏障破裂的表现	(104)
四、血管病的并发症和后遗症	(107)

第二节 视网膜动脉阻塞

发病率	(108)
病因和伴随疾患	(108)
一、血管栓子	(108)
二、血管壁的改变和血栓形成	(109)
三、血管痉挛	(109)
四、血管受压	(109)
临床表现	(109)
一、视网膜中央动脉阻塞	(109)
二、视网膜分支动脉阻塞	(110)
三、前毛细血管小动脉阻塞	(111)
四、睫状网动脉阻塞	(111)
鉴别诊断	(111)
一、眼动脉阻塞	(111)
二、缺血性视乳头病变	(111)
并发症	(112)
预后	(112)
治疗	(113)

第三节 视网膜静脉阻塞

发病率	(113)
分类和分型	(114)
病因	(115)
一、血管壁的改变	(115)
二、血液流变性的改变	(115)
三、血流动力学的改变	(116)
临床表现	(116)
一、视网膜中央静脉阻塞	(116)
二、视网膜半侧静脉阻塞	(117)
三、视网膜分支静脉阻塞	(118)
荧光造影形态特点	(118)
诊断和鉴别诊断	(120)
一、低灌注视网膜病变	(120)
二、糖尿病视网膜病变	(120)
三、高血压视网膜病变	(120)
并发症和后遗症	(120)
一、黄斑囊样水肿	(120)
二、黄斑部其他改变	(121)
三、新生血管	(121)

四、新生血管性青光眼	(122)	治疗和预后	(134)
五、玻璃体后脱离	(123)	第四节 巨细胞动脉炎	(135)
病程和预后	(123)	发病率	(135)
治疗	(123)	临床表现	(135)
一、纤溶制剂	(124)	一、视力	(135)
二、激光治疗	(124)	二、眼底表现	(135)
三、血液稀释疗法	(126)	三、其他眼部症状	(136)
四、抗血小板聚集剂	(127)	四、全身体征	(136)
五、激素治疗	(127)	实验室检查	(137)
六、活血化瘀中药	(127)	诊断和鉴别诊断	(137)
七、其他	(127)	病理	(137)
第十章 视网膜血管炎症	(128)	病程和预后	(137)
第一节 视网膜静脉周围炎	(128)	治疗	(137)
发病率	(128)	第五节 获得性免疫缺陷综合征的眼部表现	(138)
病因	(128)	发病率	(138)
临床表现	(129)	病因和致病危险因素	(138)
病理	(129)	眼部体征	(138)
病程和预后	(129)	一、眼底改变	(138)
治疗	(130)	二、眼部感染	(138)
一、光凝治疗	(130)	三、结膜 Kaposi's 肉瘤	(139)
二、药物治疗	(130)	全身体征	(139)
三、病因治疗	(130)	治疗和预后	(139)
四、玻璃体切割手术	(130)	第十一章 视网膜其他血管病和血管异常	(140)
第二节 节段状视网膜动脉周围炎	(130)	第一节 早产儿视网膜病变	(140)
病因	(130)	病因	(140)
临床表现	(131)	一、氧对未成熟视网膜血管的毒性	(140)
治疗	(131)	二、发病原因	(140)
第三节 急性视网膜坏死综合征	(131)	三、其他高危因素	(141)
命名	(131)	国际分类	(141)
发病率	(132)	临床表现	(142)
分期	(132)	一、急性活动期	(142)
病因	(132)	二、退行期	(142)
临床表现	(132)	三、瘢痕期	(142)
一、自觉症状	(132)	诊断和鉴别诊断	(143)
二、眼部检查	(132)	并发症	(143)
荧光血管造影	(133)	治疗和预后	(143)
诊断和鉴别诊断	(133)		
病理	(134)		

第二节	Coats 病	(144)	眼部其他改变	(159)
	发病率	(144)	伴随疾病	(159)
	病因	(145)	发病机理	(159)
	临床表现	(145)	病理	(160)
	病理	(146)	治疗和预后	(161)
	诊断和鉴别诊断	(146)		
	治疗和预后	(147)	第二节	动脉硬化的眼底改变
第三节	视网膜血管瘤病	(148)		 (162)
	发病率	(148)	一、老年性动脉硬化	(163)
	临床表现	(148)	二、动脉粥样硬化	(163)
	病理	(149)	三、小动脉硬化	(163)
	治疗和预后	(149)	第三节	高血压的眼底改变 ..
第四节	视网膜大动脉瘤	(149)		全身体征
	临床表现	(149)		眼底表现
	病理	(150)	一、高血压视网膜病变	(165)
	鉴别诊断	(150)	二、高血压脉络膜病变	(166)
	治疗和预后	(150)	三、高血压视乳头水肿	(166)
第五节	旁黄斑毛细血管		临床病理	(166)
	扩张症	(150)	高血压眼底改变分级	
	临床表现	(150)		 (167)
	鉴别诊断	(151)	治疗	(167)
	病理	(151)	第四节	妊娠高血压综合征的
	病因	(151)		眼底改变
	治疗	(151)		发病率
第十二章	全身性疾病的眼底			全身体征
	改变	(153)		眼底表现
第一节	糖尿病视网膜病变 ..	(153)		荧光血管造影
	发病率	(153)		治疗和预后
	分期	(153)	第五节	眼缺血综合征
	一、单纯型	(153)		临床表现
	二、增殖型	(153)		一、一过性黑朦
	眼底表现	(154)		二、低灌注视网膜病变
	一、背景性糖尿病视网膜病变			三、眼前节缺血综合征
	 (154)			诊断和鉴别诊断
	二、增殖性糖尿病视网膜病变			治疗和预后
	 (156)		第六节	主动脉弓综合征的眼底
	荧光血管造影	(157)		改变
	暗适应和电生理检查			发病率
	 (157)			全身体征
				眼部表现
				荧光血管造影
				(175)

	病因	(175)
	病理	(175)
	治疗	(175)
第十三章	高粘度综合征及其他血液病的眼底表现	(176)
第一节	红细胞增多症的眼底改变	(176)
	发病率	(176)
	临床表现	(176)
	一、自觉症状	(176)
	二、眼底改变	(176)
	三、眼前节改变	(177)
	四、全身体征	(177)
	眼底改变的机理	(177)
	治疗	(177)
第二节	白血病的眼底改变	(178)
	发病率	(178)
	眼底表现	(178)
	其他眼部表现	(179)
	全身体征	(180)
	病理	(180)
	预后	(180)
	治疗	(181)
第三节	镰状细胞血红蛋白病变	(181)
	临床表现	(181)
	病生理	(182)
	病程、转归和预后	(182)
	治疗	(182)
第四节	血内蛋白异常的眼底改变	(183)
	致病原因	(183)
	眼底表现	(184)
	全身体征	(184)
	治疗	(184)
第五节	贫血的眼底改变	(184)
	眼底表现	(185)
	全身症状或体征	(185)

治疗	(185)
----------	-------

第十四章	脉络膜和视神经循环障碍疾病	(186)
第一节	血-视网膜外屏障破裂的眼底表现	(186)
	一、水肿	(186)
	二、渗出	(186)
	三、出血	(186)
	四、视网膜下新生血管	(187)
第二节	急性多灶性缺血性脉络膜病变	(187)
	临床表现	(187)
	伴随症状	(188)
	鉴别诊断	(188)
	发病机理和病因	(188)
	治疗和预后	(189)
第三节	睫状后动脉阻塞	(189)
	病因	(189)
	临床表现	(189)
	实验研究	(190)
	病理改变	(190)
	治疗	(190)
第四节	前部缺血性视神经病变	(190)
	历史回顾	(191)
	发病率	(191)
	病因和伴随疾病	(191)
	临床表现	(192)
	鉴别诊断	(194)
	病理检查	(194)
	治疗和预后	(194)

第十五章	视网膜新生血管	(195)
第一节	视网膜前新生血管	(195)
	一、产生视网膜前新生血管的眼病	(195)
	二、新生血管的形成和转归	(196)
	三、产生新生血管的危险因素	(196)

四、产生新生血管的机理	(197)	二、黄斑囊样水肿的	
五、新生血管生长因子	(198)	原因	(204)
第二节 视网膜下新生血管 ...	(200)	三、临床表现	(204)
一、产生视网膜下新生血管的		四、临床过程和视力	
眼病	(200)	预后	(205)
二、临床形态和发展过程	(200)	五、病理研究	(205)
三、新生血管超微结构观察 ...	(200)	六、预防和治疗	(206)
四、新生血管发病机理	(201)		
第十六章 黄斑囊样水肿	(202)	参考文献	(209)
一、产生黄斑囊样水肿		索引	(239)
的眼病	(202)	照片图	(247)

第一章 微循环概论

第一节 微循环的定义和特点

人体和动物体内的细胞、组织和脏器要维持其正常活动必须随时接受营养物质和运出代谢产物,也即不断地进行物质交换以维持其生命力。微循环就是直接参与细胞、组织的物质代谢的体液循环动态。体液包括血液、淋巴液和组织液。各种组织和细胞的物质交换有赖于这些液体的流动。但由于淋巴液流动于淋巴管,组织液存在于细胞和组织之间,不易观察。而血液循环从心脏流动于血管内,被认为是一封闭系统,容易观察和研究,而微血管遍布全身各脏器和组织内,故最具有微循环的代表性。因此一般称的微循环即血液循环的终末部分。该处血管走行途径不规则,血流速度最慢,这种变慢的血流和与细胞接触的最大表面积血管有利于该处微循环进行物质交换。

关于微循环的范围还没有完全统一的看法^{[1][2][3]}。有以下几种:第一种看法认为微循环应包括小动脉、细动脉(又称微动脉)、毛细血管、细静脉(又称微静脉)和小静脉在内的血液循环动态。这种看法的缺点是扩大了微循环的范围,因为其一,小动脉和小静脉不直接参与物质交换。其二,小动脉和小静脉的功能为运输,故不能包括在微循环的范畴内。第二种看法认为微循环只应局限于毛细血管之内的血液循环动态。这种看法的缺点是缩小了微循环的范围,因为微动脉和微静脉都参与物质代谢,是构成脏器或组织最小的物质交换功能单位,应包括在微循环的范畴之内^[2]。第三种看法认为微循环的范围应包括微动脉、毛细血管和微静脉在内的血液循环。我们认为第三种看法比较适宜。因为这是血液循环最末梢的部分,而且遍及全身各处,分布在各个脏器和组织内。通过血液循环向全身各组织、细胞输送营养和运出代谢产物,在血液的微循环和细胞间进行物质交换。当然,微血管和细胞之间的物质交换还必须借助于流动在细胞间和组织间的组织液,特别是对少数无血管的组织更重要。而微循环也受小动脉和小静脉功能状态的影响,但物质交换主要在微循环功能单位内进行。

微循环与一般循环不同,具有以下特点^{[2][3]}:

1. 微循环既是循环系统的最末梢部分,又是脏器或组织的重要组成成分。例如微动脉、毛细血管、微静脉是循环系统的最末梢部分。它们与脏器和组织的细胞结构,排列形成有机的结合,构成以微血管为重要支架的立体结构。如睫状体中的微血管分布与睫状突和平坦部排列一致。如果用树脂铸型,腐蚀掉睫状体的细胞、组织结构之后,仍然可以清晰的看到 70 多个睫状突的血管呈环状排列。充分说明微血管形成各组织的支架结构。除了眼球内的角膜、晶状体和玻璃体之外,全身几乎不存在没有微血管的脏器。

2. 微循环在形态上既具有血管的共性,又具有脏器或组织的特征。微血管在形态上均呈空腔管状,这是血管的共性。但微血管的排列、形态和结构,又根据不同组织的特点而有不同的形态特征。甚至同一组织不同部位,其微血管的排列也不相同。如色素膜以丰富的血管作为支架,但在虹膜、睫状体和脉络膜又根据其功能和组织的结构不同,血管的排

列、形态和结构也不一样。如脉络膜微血管的排列呈小叶状结构,互相嵌合平铺排列如一层薄纸位于视网膜外面。而睫状体的微血管即在一个个睫状突中排列形成冠状。虹膜的微血管则均匀一致地围绕瞳孔形成放射状排列。又如泪腺的微血管其排列如泪腺的分叶状结构。故微血管的排列与脏器或组织的形态相一致。

3. 微循环在功能上既是循环的通路,又是物质交换的场所。微血管伸入到每一个组织内和细胞间,借助流动于微血管、细胞和毛细淋巴管之间的组织液以灌注组织和细胞。即使像角膜、晶状体和玻璃体这些无血管的组织,也由睫状体产生的特殊组织液房水、流动于前后房之间,输送营养给这些无血管的组织,进行物质交换。

4. 微循环在调节上既受全身性神经、体液的调节,又受局部的调节。除了全身性的神经体液调节外,为了适应局部组织功能代谢的需要,在微血管平滑肌细胞、内皮细胞以及周细胞的参与下,及时改变微循环的血流量、流速、毛细血管的数量和微血管的管径等。不同脏器其局部调节程度各不相同。

因此,微循环具有两重性。即在属性、形态、功能、调节方面,既具有一般循环系统的共性,又具有所供给脏器的特殊性。

第二节 微血管的形态和构型

一、微血管的命名和分类

微血管是构成微循环的重要组成部分。但多年来,关于微血管的命名和分类各作者意见不同。如关于血管名称问题所用标准不同而有不同命名。像细动脉又称微动脉,后微动脉(Metarteriole)又称中间微动脉或后小动脉或终末微动脉(Terminal arteriole),毛细血管前括约肌又称前毛细血管或肌性血管,通血毛细血管(Throughfare channel)又称直捷通路(Preferential channel),动静脉吻合支(A-V anastomosis)又称动静脉短路(A-V shunt),细静脉又称微静脉等^[4]。究竟如何划分微循环各个部位,尚无统一标准。有人根据电镜观察动脉肌层和肌细胞的多少来划分各类动脉。由于血管为一连续性的管道,其肌细胞的减少是逐渐的,很难根据肌细胞的多少来截然划分那一段属小动脉,那一段属微动脉或前毛细血管微动脉。有的作者根据管径来划分,如 Rhodin^[5]提出小动脉管径在 50~100 μm 之间,终末小动脉为 30~50 μm ,或更小。然而不同脏器,不同组织微血管管径相差较大,很难用管径来截然划分,只能以管径作为参考。田牛提出根据参与微循环的基本功能划分,把细动脉、细静脉限制在能直接参与细胞、组织物质交换的微血管范围内。他将微血管划分为细动脉→分枝毛细血管→网状毛细血管→集合毛细血管→细静脉。1970 年第 11 次国际解剖学会将微血管分类为细动脉→动脉性前毛细血管→真毛细血管→静脉性后毛细血管→细静脉。我们习惯用微动脉→前毛细血管微动脉→毛细血管→后毛细血管微静脉→微静脉。在树脂灌注标本中,我们常先找到毛细血管网,然后再从毛细血管网两端寻找微动脉和微静脉,其一般标志如下:

1. 微动脉:常与微静脉并行,管径为并行静脉的 1/2~1/3。管壁较厚,走行刚健且较直,可见动脉周围有无毛细血管区带,分枝较少(图 1—1)。有的微动脉从小动脉发出处显狭窄,或可见环状结构,或可见细胞压迹。

微动脉和前毛细血管微动脉的区别在于:①前毛细血管微动脉直接与毛细血管连接。

②前毛细血管微动脉不与后毛细血管小静脉伴行。微动脉和小动脉的区别在于：①小动脉管径一般较大，约在 $30\mu\text{m}$ 以上。②小动脉经几次分枝才能和前毛细血管微动脉连接。

2. 微静脉：管径较粗，管壁较薄，迂曲走行，周围无毛细血管区带不明显，分枝多而密，可见一枝或多枝后毛细血管微静脉同时汇入微静脉（图 1—1）。微静脉再组合成一枝或多枝汇入小静脉。进入小静脉处无环状结构。

微静脉和后毛细血管微静脉的区别在于：①后毛细血管微静脉直接与毛细血管连接，并不与动脉伴行。②微静脉管径较粗，与微动脉伴行。

微静脉和小静脉的区别在于：①小静脉管径较粗大，约在 $50\mu\text{m}$ 以上。②小静脉经几次分枝形成微静脉后才和毛细血管网连接。

3. 毛细血管：不论在什么组织内，毛细血管总是迂曲走行，互相连络成网，走行方向可以前后左右变更（图 1—2A），管径细、流速慢。前毛细血管微动脉和后毛细血管微静脉位于毛细血管网的两侧（图 1—2B）。前毛细血管微动脉管径较细，走行比较直，分枝较少。后毛细血管微静脉管径较前毛细血管微动脉略粗，分枝多而密，且分枝较短，常可见二枝或三枝静脉同时汇流入微静脉，且走行比较迂曲，不如动脉刚直。

无论任何脏器或组织、毛细血管都具有共同的特点：①管径细（平均 $7\mu\text{m}$ ）。②数量多。③总横截面积大。④血流缓慢（ $0.4\sim 1\mu\text{m}/\text{秒}$ ）。⑤血管短（平均 0.5mm ）。⑥管壁薄（约 $1\mu\text{m}$ ）。⑦通透性强。⑧分布广。⑨压力低（ $2.67\sim 3.33\text{kpa}$ ）。⑩张力低^[4]。因此，毛细血管区域最利于物质交换。

二、微血管的构型

微血管的三维立体分布、形态和排列样式称为构型。人体各脏器和组织的功能和形态不同，因此微血管的构型也多种多样。大致可归纳为以下 6 种类型^{[2][3]}（图 1—3）：

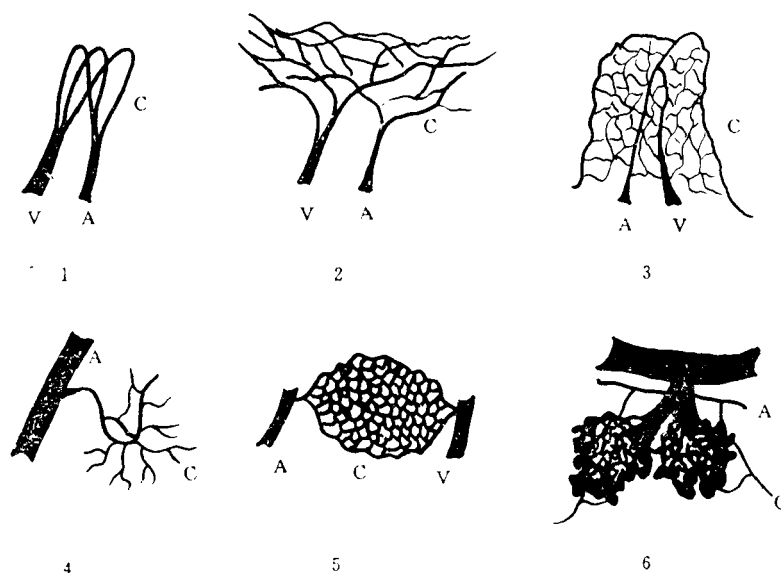


图 1—3 微血管的六种构型

1. 发夹型 2. 树枝型 3. 网型 4. 丝球型 5. 密网型 6. 珊瑚型

A. 微动脉 V. 微静脉 C. 毛细血管

1. 发夹型:由一支微动脉分出数枝毛细血管,每支毛细血管并不迂曲走行,而是急剧回转,管径变粗,形成后毛细血管微静脉,汇合注入微静脉。这是最简单的微血管构型,皮肤、口唇粘膜以及在视网膜近锯齿缘处的微血管类似于这种结构。

2. 树枝型:又称疏网型。微血管排列呈树枝或呈网状。血管管径较细,网眼较大。大脑、食道、球结膜血管网、巩膜浅层血管丛及角膜缘血管网,以及眼外肌的血管都属于树枝型。这种构型主要是保证局部的物质交换。

3. 网囊型:毛细血管排列呈密网状。血管管径较细,网眼较小且密,微动脉和微静脉位于中央,毛细血管网围绕其周围形成囊状。小肠粘膜微血管属于此型。视网膜微血管、脉络膜小叶结构也类似网囊型。这种结构的特点是微动脉和微静脉所属的毛细血管表面积特别大,适合于供血、吸收、分泌的功能。

4. 丝球型:毛细血管排列如同菜花或互相缠络呈丝球状。丝球的境界清楚,微血管疏密程度不等,微动脉多由一侧进入丝球体。肾小球、胰腺的胰岛以及泪腺的微血管都属丝球型。这种构型最适于过滤和分泌。

5. 密网型:毛细血管缠络紧密、排列如密网。血管管径比较粗,微动脉和微静脉分布于密网两侧。由于毛细血管排列如密网,故毛细血管不仅容量多,而表面积也很大,一方面血流在血管内弥漫流动,一方面可进行大量物质交换。肝脏和肺脏的微血管属于此型。睫状体的睫状突微血管排列类似密网型,即微动脉自睫状突顶端进入,在睫状突中外 1/3 处走行,沿途发出毛细血管,而集合微静脉位于微动脉两侧,形成致密毛细血管网位于中央,微动脉和微静脉位于两侧的构型。

6. 珊瑚型:后毛细血管微静脉和微静脉部分膨大、迂曲、互相缠络。毛细血管和微动脉数量较少,故静脉系统的容积明显大于毛细血管和动脉系统的容积。这类构型与贮血、造血和血细胞的破坏功能相适应。如骨髓的红髓、脾脏髓质微血管属于这种构型。

实际上体内各脏器组织千差万别,微血管的构型状态也与脏器和组织的形态相适应,即使同一脏器同一组织的不同地区,其微血管的分布和构型也不一样。因此,以上六种微血管构型远远不能包括全身所有微血管的立体形态分布。

三、血流通过微循环的途径

动静脉短路 血流直接从动脉经过直通血管进入静脉而不经迂曲缠绕的毛细血管,称这种直通血管为动静脉短路。这种动静脉短路用生物显微镜或用树脂铸型扫描电镜均可发现。可存在于表浅组织或深部器官内,如皮肤、肝脏、肺脏、肠系膜和球结膜等。这种短路支可存在于小动脉和小静脉之间,也可存在于微动脉和微静脉之间。我们用树脂铸型发现猴眼视网膜小动脉和小静脉存在这种直通吻合支。在猫、猴和人眼视网膜周边部存在微动脉和微静脉的吻合支。短路支的结构从形态上看有两种。一种短路支比较大,管径可达 $12\sim 45\mu\text{m}$,走行较短,不分枝。常存在于微动脉和微静脉之间。可见于鼠、兔、狗的肠系膜。短路支动脉侧稍细,管径约 $5\sim 7\mu\text{m}$,静脉侧变粗,管径可达 $12\sim 18\mu\text{m}$,神经纤维丰富。另一种短路支管径较长,迂曲或环绕。平滑肌细胞发育好,可达其总长度的 $1/2\sim 1/3$ 。以上动静脉短路支存在于正常组织内,但在病理情况下,也可形成动静脉短路支,如任何原因造成的视网膜缺血,在无灌注区的附近常可见动静脉短路形成。

直捷通路 又称通血毛细血管。血流从微动脉进入毛细血管之前分流经过后微动脉

(Metarteriole)直接进入微静脉(图 1—2),称为直捷通路。可见于荷兰猪的肠系膜、鼠回肠、人眼球结膜等。本质上,直捷通路类似于动静脉短路。由于从微动脉至微静脉压差较大,管径又较粗,故血流速度快。后微动脉在起始部有一单层肌细胞,随着管径变小,肌细胞数量逐渐减少,直至不能辨认,以后微动脉肌细胞段至毛细血管的联结部称为毛细血管前括约肌。

微循环的血流通道根据脏器的形态不同而千差万别,其走行可上下左右迂回缠绕,并非简单模式可以完全代表。但为了研究方便,总的说来可归纳为以下三种途径(图 1—4):

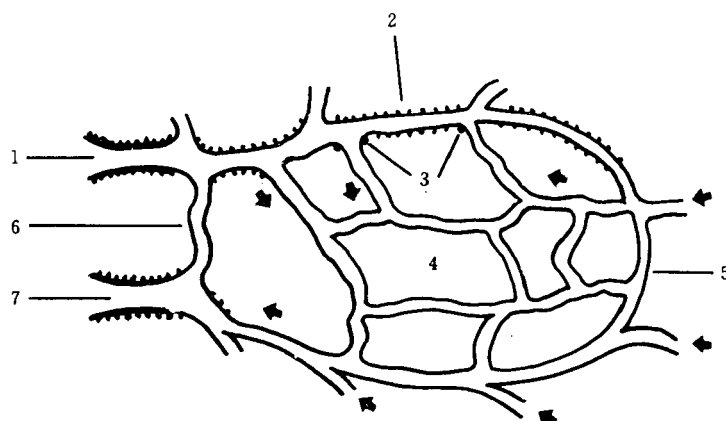


图 1 4 微循环模式图

1. 微动脉 2. 后微动脉 3. 毛细血管前括约肌
4. 真毛细血管 5. 直捷通路 6. 动静脉短路 7. 微静脉

1. 直路:微动脉→后微动脉→直捷通路→微静脉。在正常安静状态下,微循环的大部分血流经此途径回到微静脉。其特点是流量大,流速快,血液与组织间物质交换少。

2. 小路:微动脉→前毛细血管微动脉→毛细血管→后毛细血管微静脉→微静脉。这是一条迂回曲折的小路,由于毛细血管走行迂曲缠绕,故与组织和细胞直接接触面积大,流速慢,血液与组织间物质交换充分。

3. 短路:微动脉→动静脉短路→微静脉。平时不经常开放,在病理情况下,部分微循环血液经过此途径回流入静脉。

在眼的组织中,特别是视网膜和球结膜微血管中可看见这三种途径的血管结构。

第三节 微血管的超微结构

微血管由微动脉、微静脉和毛细血管组成。

一、微动脉

管径大小各脏器和组织有很大差异,约 $10\sim 30\mu\text{m}$,如视网膜的微动脉就比其他器官者小,管径只有 $8\sim 10\mu\text{m}$,而有的器官微动脉管径可超过 $30\mu\text{m}$ 。其共同结构分为三层:即内膜、中膜和外膜。内膜由内皮细胞及其基膜构成。中膜为平滑肌细胞,开始为 1~2 层平滑肌细胞环绕血管壁,随着血管管径增大,平滑肌细胞层数加多,可达 3~4 层,有的尚有