

田牛著

微
循
環

微 循 环

田 牛 著

科 学 出 版 社

内 容 简 介

本书是一本有关微循环的基础和应用的专业参考书。书中的主要观点和材料既来自自己的实践,又吸取了国内外的先进经验,同时附有 185 张图片,可以加深形象的认识。

全书共十二章。前五章属于基础部分,系统地叙述了微循环的研究方法、形态、功能、调节和病理改变。后七章属于应用部分,分别描述了供临床应用的甲皱、球结膜、口唇、舌及各种疾病的微循环;供实验研究用的耳廓、肠系膜、骨髓、脾、淋巴结、脑、心、肠、胃、肝、肾、肺及炎症、休克、肿瘤的微循环。

本书可供生理学、生物学科学工作者、临床医生以及大专院校有关专业师生参考。

微 循 环

田 牛 著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980 年 9 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1980 年 9 月第一次印刷 印张: 11 1/2

印数: 0001—4,970 字数: 259,000

统一书号: 14031·24

本社书号: 1859·14

定价: 1.80 元

前 言

本书是有关微循环的基础和应用的专业参考书。书中的主要观点和材料既来自我们自己的实践,又吸取了国内外的先进经验。167 幅图片全部是我们自己的材料,18 幅模式图是根据我们自己的工作,又参考文献设计绘制的。

《微循环》一书实际上是集体劳动的结果。参加工作的有(按时间先后)刘凤英、邱丽玲、王玉芝、刘育英等同志。很多图片是摄影室、电镜组帮助拍摄洗印的。初稿形成之后,承刘永教授、罗毅、常世琴(北京)、徐永年、刘及(长春)、庄昭勤、田广仁(广州)、刘淑华(简阳)等同志帮助审阅,提出了一些修改意见,又由我的同事陈家佩同志做文字方面的修改,特致谢意。由于著者理论不足和实践有限,时间又比较仓促,错误和缺点在所难免,请同志们批评和指正。

田 牛

1978 年 6 月

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 微循环	(1)
第二节 微血管	(1)
第三节 值得商榷的三种看法	(2)
第四节 微循环的特点	(3)
第五节 在基础和临床医学中的意义	(4)
第六节 主要内容	(5)
第二章 研究方法	(7)
第一节 形态学方法	(7)
第二节 生理学方法	(10)
第三节 生物化学方法	(14)
第三章 形 态	(16)
第一节 微血管和脏器结构	(16)
第二节 一般形态	(17)
第三节 微细结构	(20)
第四节 构 型	(25)
第四章 功能和调节	(28)
第一节 末梢通路	(28)
第二节 交换场所	(35)
第三节 调 节	(40)
第五章 病理改变	(48)
第一节 敏感的基本改变	(48)
第二节 管径的改变	(48)
第三节 流速的改变	(50)
第四节 红细胞聚集	(51)
第五节 白细胞贴壁	(53)
第六节 白色微小血栓	(55)
第七节 渗 出	(57)
第八节 漏出性出血	(59)
第九节 微血管的萎缩消失	(62)
第六章 甲皱微循环	(64)
第一节 甲皱微血管和血液循环通路	(64)
第二节 观察方法	(65)
第三节 观察指标及其改变	(66)
第四节 临床应用的评价	(72)
第七章 球结膜、口唇、舌微循环	(75)

第一节	球结膜微循环·····	(75)
第二节	口唇粘膜微循环·····	(84)
第三节	舌粘膜微循环·····	(86)
第八章	耳廓、肠系膜微循环·····	(89)
第一节	小鼠耳廓微循环·····	(89)
第二节	肠系膜微循环·····	(95)
第九章	脏器微循环(一)·····	(101)
	骨髓、脾脏、淋巴结·····	(101)
第一节	骨髓微循环·····	(101)
第二节	脾脏微循环·····	(111)
第三节	淋巴结微循环·····	(116)
第十章	脏器微循环(二)·····	(123)
	脑、心、肝、肠、胃、肾、肺·····	(123)
第一节	脑微循环·····	(123)
第二节	心微循环·····	(129)
第三节	肝微循环·····	(131)
第四节	肠、胃微循环·····	(136)
第五节	肾微循环·····	(141)
第六节	肺微循环·····	(144)
第十一章	炎症、休克、肿瘤的微循环改变·····	(149)
第一节	炎症的微循环改变·····	(149)
第二节	休克的微循环改变·····	(153)
第三节	肿瘤的微循环·····	(156)
第十二章	主要疾病可见部位的微循环改变·····	(162)
第一节	生理和外界因素的影响·····	(162)
第二节	心、血管疾病·····	(163)
第三节	呼吸系统疾病·····	(165)
第四节	消化系统疾病·····	(166)
第五节	血液病·····	(167)
第六节	神经、精神疾病·····	(168)
第七节	代谢、内分泌疾病·····	(169)
第八节	胶原性疾病·····	(169)
第九节	肾炎·····	(170)
第十节	传染病·····	(171)
第十一节	妊娠及妊娠毒血症·····	(172)
第十二节	耳鼻喉科疾病·····	(172)

第一章 概 论

近年来国内外对微循环的研究给予很大的重视。医学方面从基础到临床的各主要学科, 物理学方面从流体力学、流变学到电子、工程等学科都大力开展微循环的研究。微循环的理论和应用取得很大进展, 促进了基础医学和临床医学的发展。

第一节 微 循 环

动物体内细胞、组织、脏器维持生存, 执行功能所不可缺少的条件是: 不断地进行物质交换以维持内环境的稳定, 及时、适宜地调整代谢过程以保证动态平衡。因此细胞、组织以及脏器一方面要接受营养及调节物质, 另一方面要输出产品, 排除废物。这就是物质交换。微循环就是直接参与上述细胞、组织物质交换的体液循环动态。脊椎动物(闭锁循环)的体液包括血液、组织液、淋巴液三种(表 1-1)。毛细血管和毛细淋巴管与细胞的间隔最小, 但仍介有结缔组织。微血管、毛细淋巴管和细胞以及组织的物质交换必须借助于流动于细胞间、组织间的组织液。

表 1-1 体液的颜色和存在部位(脊椎动物)

体 液	颜 色	部 位	管 壁
血 液	红 色	血 管 内	有
淋巴液	无	淋巴管内	有
组织液	无	细 胞 间 组 织 间	无

实际上能够直接观察的微循环只限于血液循环部分, 借助染料及造影也能观察淋巴循环。由于组织液存在于细胞、组织之间, 无明显的界限, 本身无色, 不能直接观察。因此从实际观察角度看, 微循环也可以理解为直接参与细胞、组织物质交换的血液循环动态, 具体说就是细动脉、毛细血管、细静脉范畴内的血液循环动态(图 1-1)。但是分析和考虑微循环问题时, 不可忘记淋巴液、组织液的流动。

第二节 微 血 管

血管系统是连续管道, 小动脉进入脏器分枝成直径为 15 微米左右的细动脉, 细动脉再分枝成直径为 5—8 微米的毛细血管, 毛细血管汇集注入细静脉(8—30 微米), 细静脉汇合成为小静脉。机体某些脏器和组织, 如肠系膜、球结膜、小鼠耳廓的毛细血管, 又可区分为分枝毛细血管、网状毛细血管、集合毛细血管三部分。微血管包括细动脉、毛细血管、细静脉等直接参与组织细胞物质交换的血管部分。

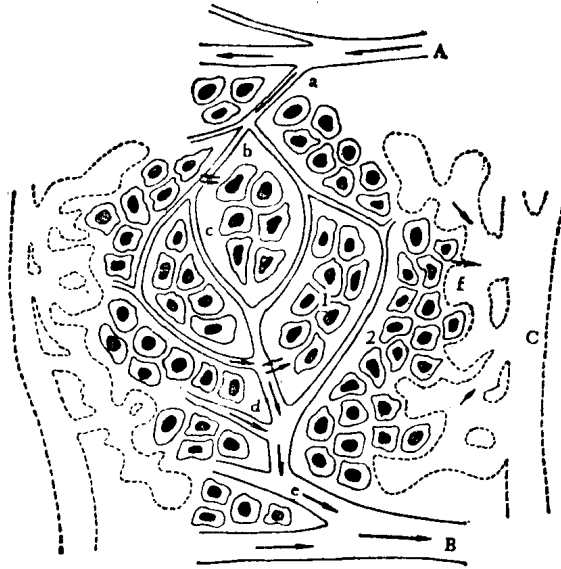


图 1-1 微循环模式图

- | | | |
|------------|------------|------------|
| A. 小动脉; | B. 小静脉; | C. 淋巴管; |
| a. 细动脉; | b. 分枝毛细血管; | c. 网状毛细血管; |
| d. 集合毛细血管; | e. 细静脉; | f. 毛细淋巴管; |
| 1. 细胞间隙; | 2. 组织间隙; | ⇌ 液流方向。 |

从血管壁的结构看,小动脉管壁厚、有内弹力板、一至数层平滑肌细胞;小静脉管腔大、管壁较厚、内压低。现有材料都证明,不能通过小动脉、小静脉壁进行物质交换。毛细血管壁的基本结构是由内皮细胞、基底膜、外周细胞组成。管腔增大,外周细胞向平滑肌转化是细静脉。管壁稍厚有一层平滑肌细胞是细动脉(图 1-2)。毛细血管、细静脉以及细动脉的管壁结构适于物质通过。大量实验工作证明,毛细血管、细静脉、细动脉及毛细淋巴管是血液、淋巴液和细胞组织进行物质交换的场所。

第三节 值得商榷的三种看法

由于微循环的研究还处于开展阶段,有些问题的看法还不完全一致。

一、微循环只限于血液循环

认为微循环只是在微血管范围内的血液循环,而没有考虑淋巴液和组织液的流动。微循环的基本功能,是直接参与细胞、组织的物质交换。从种属进化和个体发生过程看,开放性循环阶段,血液流经细胞和组织间,直接和细胞组织进行物质交换;进化至闭锁性循环阶段,血液循环于血管腔内,进而出现淋巴管。细胞、组织的物质交换有赖于组织液、血液和淋巴液的流动。因此哺乳动物微循环的研究,必须考虑血液、淋巴液及组织液的流动动态,才有利于从根本上认识微循环的本质。目前由于研究方法的限制,微循环的研究主要着重于血液循环方面。相信随着科学的进展,微循环范畴内的淋巴液和组织液的流动动态的研究将逐渐增多。

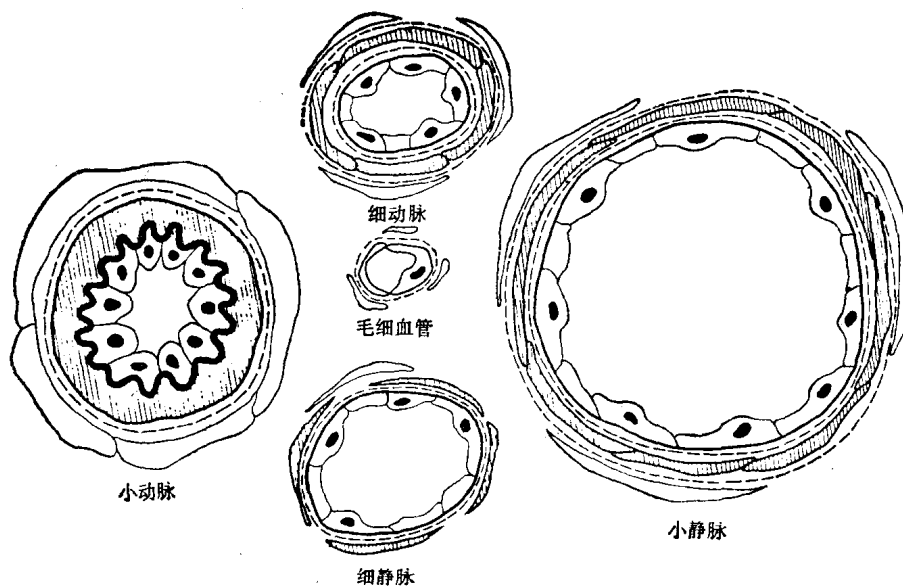


图 1-2 血管结构模式图

内皮细胞; 平滑肌细胞; 基底膜;
 外周(膜)细胞; 外周细胞向平滑肌细胞分化; 内弹力板。

二、微循环范畴的扩大

认为微循环是小动脉、细动脉、毛细血管、细静脉、小静脉范畴内的血液循环动态。从血液流动动态看, 这种认识存在两个矛盾。(1)小动脉、小静脉由于管壁结构(图 1-2)不能直接参与细胞组织的物质交换;(2)小动脉是压力血管, 主要功能是输送血液, 小静脉是容纳血管, 主要功能是回输血液, 两者主要受全身调节, 很少受局部(细胞、组织)的影响。因而这种看法扩大微循环范畴, 不利于对微循环的认识。

三、微循环范畴的缩小

认为只有毛细血管范畴内的血液循环动态才是微循环。这种看法忽视了两个事实:(1)细静脉、细动脉都积极参与细胞、组织的物质代谢, 如水、晶体及小分子色素可以通过细动脉, 水、晶体、大分子和蛋白结合的色素以及白细胞等主要通过细静脉;(2)细动脉、细静脉和毛细血管都是脏器最小功能单位的重要组成部分, 其分布、构型都适合脏器组织的特殊功能。因此, 把细静脉和细动脉屏除于微循环之外, 缩小微循环的范畴, 不利于全面、准确地认识微循环。

第四节 微循环的特点

微循环和一般循环比较, 具有四个特点:

1. 在属性上既是循环系统的最末梢的部分, 又是脏器的重要组成成分。微血管、毛细淋巴管都是循环系统的最末梢部分, 属于循环系统。很多脏器的实质细胞、组织都和细动脉、毛细血管、细静脉以及毛细淋巴管有机地结合, 形成以微血管为重要支架的立体结构, 所以它们又是脏器的重要组成成分。哺乳动物中不存在没有微血管的脏器, 也没有完全脱离实质细胞而单独存在的微血管。

2. 在形态上既具有脉管的共性, 又有脏器的特征。微血管、毛细淋巴管在形态上呈空腔管状, 便于血液、淋巴液的流动, 这是脉管的共同形状。但微血管的排列、形态和结构各脏器都具有各自的特点, 如小肠绒毛、肺泡、肝、骨髓微血管的排列、形态和结构都不完全相同。甚至同一脏器不同部位如淋巴结、脾脏, 其小体和髓质部位的微血管各具特点。

3. 在功能上既是循环的通路, 又是物质交换的场所。微血管是循环的通路, 全身的循环血液, 除部分流经动、静脉短络支外, 几乎全部流经微血管, 以灌注组织、细胞。组织液存在于组织、细胞之间隙, 流动于微血管、细胞、毛细淋巴管之间, 毛细淋巴管是细胞、组织的重要输出通道之一。因此微循环是细胞组织和血液、淋巴液进行物质交换的场所。

4. 在调节上, 既受全身性神经、体液的调节, 又受局部的调节(详见第四章)。

总之, 微循环不同于一般循环的特点, 是具有“二重性”, 即在属性、形态、功能、调节方面, 既具有一般循环系统的共性, 又有脏器的特殊性。

第五节 在基础和临床医学中的意义

一、全面了解循环系统的功能和改变

循环系统的根本任务是保证细胞、组织的物质交换。为了完成这一根本任务, 心脏作为循环的动力, 动脉作为压力、输送系统, 静脉作为受纳回输系统而发挥作用。只有微循环系统才直接参与组织、细胞的物质交换。微循环系统由于管壁薄、管腔小、内压低、流速慢, 在分布形态和循环动态方面都有一些特殊的问题, 需要专门研究。只有在一般循环系统的认识基础上, 进一步研究、阐明微循环的基本规律, 才能全面的了解循环系统的正常功能和异常改变(详见第二、三、四、八章)。

二、加深对脏器的功能和病变的认识

微血管和毛细淋巴管是脏器最小功能单位(如小肠绒毛、肝小叶、肾小球和其相连的肾小管等)的组成成分之一。微循环就是在脏器最小功能单位内的血液、淋巴液的循环动态。不同脏器如脑、心、肝、脾等其微血管的形态互不相同; 一个脏器的不同部位, 如小肠绒毛和隐窝、肾脏的皮质和髓质其微循环各具特点; 同一脏器的不同功能状态, 如骨髓造血功能的亢进和衰退、淋巴结接受抗原刺激前后, 其微循环有明显的差别。研究、阐明脏器微循环的特殊规律, 能够加深我们对脏器特殊功能和病变的认识(详见第三、四、八、九、十章)。

三、有利于认识发病机理

微循环的改变, 如微血管的收缩和舒张、血流速度减慢、通透性亢进、白细胞游出、红

细胞聚集、微小血栓、出血以及微血管的破坏和修复等是最基本的病理改变。充血、水肿、缺血、炎症、休克、肿瘤等基本病理过程都包含有互不相同的微循环改变。研究各种致病因素作用下微循环的改变,阐明充血、水肿、炎症等基本病理过程的微循环改变动态,有利于进一步认识基本病理过程和发病机理(详见第五、十一、十二章)。

四、有助于分析病情、辅助诊断

机体各个系统的主要疾病都伴有病变局部或全身的微循环改变。临床常用的甲皱和球结膜微循环观察,可以辅助临床诊断。许多疾病,如冠心病、脑血管病、肺心病、流脑及急腹症时,微循环改变比血压、呼吸、脉搏更能反映病情的变化。因此国内外都认为微循环观察有助于分析病情、辅助诊断(详见第六、七、十二章)。

五、广开治疗疾病的思路,提高疗效

许多疾病的微循环改变,可以做为确定治疗方针、选择治疗措施的主要依据之一。国内一些单位采用改善微循环障碍的治疗方法,明显降低了中毒性痢疾、暴发性流脑的死亡率,提高了胶原性疾病,暴发型肝炎、美尼尔氏综合症等的治疗效果。微循环的研究可以广开治疗疾病的思路,探索新的治疗措施(详见第五、六、七、十一、十二章)。

六、有利于中西医结合

祖国医学认为精、气、血、津液是维持脏腑生理机能活动的物质基础,气与血,一阳一阴,互相依存,“气为血帅,血为气母”。微循环是研究气、血的客观指标之一。国内不少单位利用微循环的方法,研究“活血化瘀”,取得很好成绩。针麻、中药麻也需要利用微循环方法进行研究。总之开展微循环的研究有利于中西医结合。

第六节 主要内容

微循环是当前多学科共同研究的领域。微循环研究的具体问题是多方面的,但主要内容是:

1. 研究在微血管、毛细淋巴管、细胞、组织间,血液、淋巴液以及组织液流动的一般规律,管壁和体液的相互关系;
2. 研究脏器(组织)微循环的特点,以及和脏器特殊功能代谢的关系;
3. 研究炎症、水肿、出血、过敏、休克、肿瘤、烧伤、冻伤等基本病理过程中微循环改变的规律;
4. 研究各种疾病、外伤时微循环的改变及其在诊断疾病,判断病情方面的意义;
5. 研究微循环改变对确定治疗方针、选择救治措施中的意义。

参 考 文 献

- [1] 后字 236 部队:微循环的基础知识。科技简讯 (2), 1, 1975.
- [2] Zweifach, B. W.: *Bibl Anat.*, 7: 2, 1965.
- [3] Zweifach, B. W.: *Functional behaviour of the microcirculation*. Springfield, 1961.
- [4] Davis, E. Landau, J.: *Clinical capillary microscopy*. 1966.
- [5] Jarret, A.: *The physiology and Pathology of the skin*. Vol. 2: 1, 1973.

- [6] Чернух, А. М. Александров, П. Н. Алексеев, О. В.: Микроциркуляция. 1975.
- [7] 土屋雅春, 桐生恭好: 微小循环。1965.
- [8] 西丸和义: 广岛医学 **19**: 585, 1966.
- [9] 西丸和义: 诊断と治疗, **63**: 347, 1975.
- [10] 中山龙: 医学のあゆみ, **98**: 168, 1976.

第二章 研究方法

微循环的管径细、管壁薄、血流动态的影响因素较多，并和脏器的组织细胞有机地结合在一起，不能单独分离，在研究观察方面比一般循环更为复杂。由于研究方法不够完备，微循环的研究落后于一般循环^[1, 2]。

近年来随科学的进展，逐步建立和改进了许多研究微循环的方法，如形态学、生理学以及生化学方面的方法。每种具体研究方法都有其较为特殊的优点，同时也有一定的局限性。因此在研究观察时要根据目的、对象和条件，权衡利弊，选择应用。本章概略地评述一般研究方法，以便有一个全面的了解，具体地介绍重点方法，以供应用时参考。

第一节 形态学方法

研究微血管的形态、结构及其和周围组织相互关系的形态学方法很多。我们着重介绍灌注墨汁(或明胶色素)、塑料铸型的方法。

一、组织切片和连续切片

镜下观察组织切片，可以了解微血管的断面形态、结构，能够观察微血管和其周围组织的关系。但一般组织切片仅能反映大约6微米厚的断面结构，不能了解微血管立体分布、走行。因而一般微循环的研究，很少单独采用组织切片的方法。

为了补救组织切片方法的缺陷，开展了连续切片，逐片观察，描绘、复制的方法。这种方法，除具有组织切片方法的优点外，又能描绘出微血管的立体分布、走行及相互关联。早年利用这种方法认识了一些脏器，如脾脏等的微血管的分布和形态^[3]。但由于工作量过大，缺少真实感等原因，没有推广应用。

二、透射电镜和扫描电镜

利用透射电镜观察微血管，对于微血管的微细结构、不同脏器微血管的特点、毛细血管和毛细淋巴管的差别、血管周围纤维、基质的认识，有了很大的进展。毛细血管、细静脉、细动脉的区分标准、毛细血管的系统分类、通过微血管壁的物质交换方式的认识，都有赖于透射电镜的应用。但电镜只能观察小块组织厚600埃的断面，有较大的局限性^[4]。

利用扫描电镜观察微血管的塑料铸型标本，可以获得完整的、精细的微血管的立体分布、形态；解决了某些脏器如脾脏(红髓微循环的通路)、骨髓(血窦壁是否有孔隙)、垂体(门脉系统)微循环中的争论问题，增加放大倍数可以观察微血管内表面的精细结构。这是其他形态学方法所不可比拟的优点。因此利用扫描电镜观察微血管塑料铸型标本，是研究微循环很有价值的形态学方法^[5, 6]。

三、灌注墨汁或明胶色素

左心室或动脉插管,注入墨汁^[7]或明胶色素^[8]充盈微血管,将周围组织透明,在解剖镜下可以清晰显示微血管的分布、形态以及微血管的相互关系。

1. 灌注液:比较理想的灌注液,应具备:①粘稠性接近血液,在完整的微血管内不易漏出;②流动性好,能够较好地注入并充盈微血管;③对血管和组织无刺激和损伤;④显色较深,和周围组织对比清晰;⑤不被酒精、冬青油溶解。比较符合上述条件,已经实际应用的,有二种灌注液,即墨汁和明胶色素液。

(1) **墨汁液**:北京牌墨汁 70 毫升,右旋糖酐 30 毫升混合均匀。

(2) **明胶色素液**:纯明胶加热溶解于蒸馏水中,配制成 10% 明胶溶液(A),配制 10% 胭脂红(Carmine)或 10% 柏林蓝(Berlin blue)溶液(B)。灌注前将 A 液、B 液等量混合,加热调匀,即可使用。

2. 灌注方法:可分为全身灌注及局部灌注二种方法。

(1) 穿刺、插管:

①全身灌注:只用于小动物。麻醉后,开胸,由心尖偏左进针,斜向上内方向穿刺,深度约 0.3—0.5 厘米,穿入左心室。

②局部灌注:适用于病人和大动物。清洗手术切除的脏器或死后不久的脏器。实验动物在麻醉状态分离好进出脏器的动、静脉,切口,分别向进出脏器的动、静脉插聚氯乙管(管径要和插入动、静脉的管径相仿),结扎固定(图 2-1)。

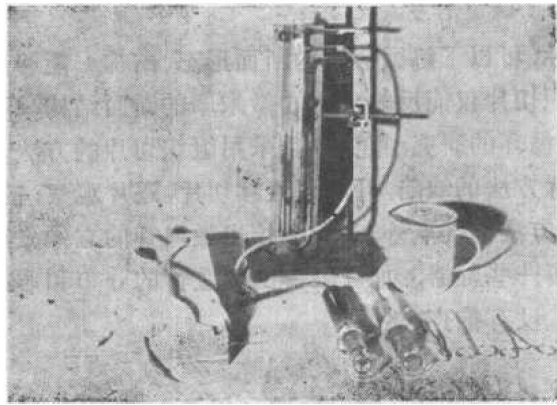


图 2-1 灌注墨汁的方法

(2) 冲洗:在不超过 90—120 毫米汞柱(局部灌注时,不超过脏器的输入动脉压为限)压力下灌注生理盐水。全身灌注时,剪开一叶肺,观察流出液的颜色,局部灌注时,以静脉流出液呈无色透明时为冲洗充分的标志。

(3) 灌注:灌注 70% 墨汁右旋糖酐液或 5% 明胶色素液,至全身或脏器逐渐均匀显色。注意灌注压不可超过脏器的输入动脉压;灌注速度不可忽快忽慢;灌注量因动物、脏器而不同。

3. 脱水、透明:灌注后解剖取脏器,必要时结扎进出脏器的动、静脉,以防灌注液流失。放置在 10% 福尔马林液中固定。经不同浓度酒精常规脱水。浸泡在冬青油或冬青油、苯甲酸甲酯(1:1)混合液中,经一至数日即可透明。骨髓标本固定后尚需脱钙,然后脱水

透明。

4. 观察: 大而厚的脏器需要切成 0.2 毫米左右薄片, 小而薄的脏器如小动物的肠、淋巴结, 浸泡在透明液中, 在 20—120 倍解剖镜下观察。

灌注墨汁或明胶色素液方法的突出优点是: (1) 能比较清晰地、直观地显示出微血管的分布、走行、形态; (2) 立体感比较强, 能观察细动脉、毛细血管及细静脉的相互关系; (3) 操作比较简单, 不需要特殊设备。因而是一种比较实用的研究微循环的形态学方法。

四、塑料铸型

血管内注入半聚合状态的塑料液体, 使其在血管内聚合成型后, 腐蚀掉周围组织, 显示出微血管的立体铸型。

1. 灌注液: 研究微血管理想的塑料灌注液, 应具备: (1) 流动性好, 能注入毛细血管; (2) 室温下能聚合, 多聚体有一定机械强度, 能成型, 耐酸硷腐蚀; (3) 对血管、组织无损伤, 不与组织相融; (4) 聚合后收缩率较低。

我们实验用的灌注液是丙烯酸塑料单体, 注前需要预聚合。

(1) 预聚合: 甲基丙烯酸甲酯 9 份, 加丙烯酸甲酯 (增韧剂) 1 份, 以上述液体容量之 6% 的比例加引发剂——过氧化苯甲酰, 放置烧杯中, 在 80°C 水浴中加热, 不断搅拌, 约 6—8 分钟溶液逐渐变稠, 呈糖浆样, 停止加热, 急剧冷却后, 加橡胶红 (染料) 浓度为 1/10, 000—1/1, 000。形成半聚合状态的、有一定粘稠度的流动液体。在冰箱内可保存一周左右。

(2) 灌注前调制: 上述预聚体中按 1% 的浓度加入加速剂二甲基苯胺, 迅速混合均匀, 即可灌注。

2. 灌注方法: 主要用于局部灌注。具体方法和墨汁灌注方法相同。只是冲洗后注入少量单体溶液, 以防止预聚体接触水, 表面硬化, 阻塞血管。然后注入灌注液。

3. 标本制作: 灌注后取出脏器, 室温下放置 24—48 小时即可聚合。浸泡在 20% 氢氧化钠中, 待周围组织腐蚀后, 用缓慢流水冲洗, 除去腐蚀组织, 晾干后即得血管铸型标本。

4. 观察: 在解剖显微镜或扫描电镜下观察。

塑料铸型方法的突出优点是: (1) 形成脏器血管系统 (包括微血管) 真实的、完整的铸型; (2) 微血管的空间分布、走行、形态、联系、过渡关系十分清晰; (3) 显示微血管内表面的结构; (4) 方法比较简单, 不需要特殊设备。因而是一种比较好的研究微循环的形态学方法。塑料铸型和扫描电镜配合, 是很有前途的一种方法。

五、微血管造影

临床所用的小血管 X 线造影, 其分辨力不超过 150—200 微米, 不适于微循环的研究^[14, 15]。

5% 明胶液加入 X 光用硫酸钡, 调制成 50% 浓度的混悬液, 加温搅拌均匀后, 用注射器穿刺注入脏器小动脉。取脏器、固定、切薄片, 利用超软 X 线机拍片。显微镜下能较清晰地显示微血管的分布、形态。利用这种方法研究了某些脏器, 如淋巴结的微血管获得一些认识^[8, 13, 16], 但影象缺乏立体感。微血管的走行、关系不易分辨, 且需要特殊设备, 因而不

是值得推广应用的方法。

纵观上述研究微循环的各种形态学方法,各自具有自己的突出优点。但它们共同的缺点是只能观察死后固定的标本,不能观察血管管径、血流速度、血细胞的动态变化。

第二节 生理学方法

研究小动脉、小静脉等大血管循环动态的定量方法很多,如测量血压、血流量、血流速度等。但是这些方法还不能直接应用于微循环的研究。目前研究微循环的生理学方法,可以分为二类:(1)间接方法,即测量描绘容积脉波、组织血流量、体表温度以间接推测局部微循环动态;(2)直接方法,即活体微循环动态的观察和单一微血管的容积脉波。我们着重介绍活体微循环的观察方法。

一、间接方法

1. 容积脉波:利用阻抗式脉波仪(一般所谓血流图仪),可以描记肢体及某些脏器的容积脉波^[17]。利用反射式光电脉波仪可以描记体表粘膜,如口唇、牙龈及脏器表面的容积脉波^[18]。

这种方法的优点是(1)相对的反映局部血流量;(2)显示血管主要是细动脉、小动脉壁的功能状态;(3)不损伤组织。可以借此间接地了解微循环动态。但由于:(1)影响脉波图形的因素较多;(2)不能反映毛细血管、细静脉的功能状态,因此只能作为微循环研究的辅助方法。

2. 组织血流量^[19]:根据热电效应,将热电偶二端或针状热变电阻珠放置在体表或插入脏器内,一端加热,较体温高 2°C ,另一端测量温度。两端的温度差和组织血流量有关。组织血流量大,则热扩散、消失也大,两端的温差变小。这种方法主要反映加热端周围半径为1.5毫米组织块内的血流量。文献报道利用这种方法测量皮肤、肌肉、肝、肾及脑的组织血流量。这种方法影响因素较多,测得的血流量只是相对数量,其结果只能作间接推测局部微循环状态的参考。

3. 体表温度:体表温度高低决定于两个方面:(1)组织的产热和传热;(2)血流动态即动脉血运来热和静脉血带出热的状态。安静状态下组织产热和传热是比较稳定的,故体表温度的高低主要决定于局部血流状态。

利用医用红外线摄影机,拍摄机体局部照片,根据照片明暗程度和分布,可以间接的反映局部血流动态。临床上可以用来帮助分析、诊断末梢血液和淋巴循环障碍,以及炎症,恶性肿瘤^[20,21,23]。

此法比较简便,但需要特殊仪器,其结果只能反映体表血流动态,尚属定性分析方法。

二、直接方法

1. 活体微循环的观察:借助显微镜选择人体或动物的适当部位,可以直接观察微血

管的形态、分布；血液及其中红细胞、白细胞的循环动态；毛细淋巴管内淋巴流动状态；直接了解组织的灌流情况。因此活体微循环的观察方法，广泛用于临床和基础研究^[24, 25]。

活体微循环观察的部位有一定限制。人的甲皱、球结膜、牙龈、舌、口腔粘膜及其他可见体表粘膜，小鼠的耳廓、豚鼠、大鼠的肠系膜及实质脏器的浅表部位等都可进行观察。显微镜、光源、照明方法的好坏直接影响观察效果。必须注意选择。

(1) 显微镜：观察微循环用显微镜最好能具备：①焦点深度(焦深)长，即能看清的厚度大；②立体感强；③分辨力比较高；④工作距离在 2.0—5.0 厘米之间；⑤配有照象装置等条件。由于设计和加工条件，我们目前还没有完全具备上述条件的显微镜。

表 2-1 微循环观察用显微镜

显 微 镜	优 点	缺 点
生物显微镜	分辨力高	1. 焦深短 2. 立体感差
解剖显微镜	1. 焦深大 2. 立体感强 3. 工作距离长	分辨力不如生物显微镜
毛细血管显微镜 (日制)	1. 分辨力较高 2. 可同时照像 3. 转动灵活	立体感差

(2) 光源：理想的光源应具备：①光强大；②温度低；③光谱接近日光；④体积小；⑤附属设备简单等条件。

表 2-2 微循环观察用光源

光 源	光 强	光 谱	温 度	体 积	附属设备	应 用
钨丝灯	弱	不同于日光	较高	较大		观察
高色温溴钨丝灯	较强	不同于日光	较高	小	变压器	观察、照像
超高压汞灯	较强	不连续	较低	较小	镇流器	观察、照像
氙 灯	强	近日光	高	较大	激发装置	观察、照像 拍摄电影

微循环观察用光源都应经透镜聚焦。照射局部温度高时，需要在光源前放置隔热玻璃或镀有冷光膜的隔热玻璃，以降低温度。

(3) 照明方法：观察局部必须有足够的亮度，镜下才能显示出清晰的图象。因此除光源外还要根据观察部位选择适当的照明方法(图 2-2)。