

“清华大学体育与健康科学研究中心”

健康系列丛书

百病之源

——微循环障碍

张冰 [美] 大卫·贝林 王纬◎主编

BAI BING
ZHI YUAN

WEI XUN HUAN ZHANG AI

人民东方出版传媒
东方出版社

“清华大学体育与健康科学研究中心”

健康系列丛书

百病之源

——微循环障碍

编 副主
委 主 编

王 左 王 李 张
雄 恩 晓 晓 冰
泽 泽 斐 慧 冰

王 张 郑 〔美〕
炳 可 丽 大 卫
栋 盈 君 贝 林

赵 王 周
静 悦 智 娟

郭 张 张
泽 展 建
长 嘉 化 王
伟 蔚 蔚 宇

BAI BING

ZHI YUAN

WEI XUN HUAN ZHANG AI

人民东方出版传媒

 东方出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

百病之源：微循环障碍/张冰, (美) 贝林, 王纬主编. —北京：东方出版社, 2016

ISBN 978-7-5060-8983-8

I. ①百… II. ①张…②贝…③王… III. ①微循环障碍-基本知识
IV. ①R541.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 058045 号

百病之源——微循环障碍

(BAIBING ZHI YUAN —— WEI XUNHUAN ZHANG'AI)

张冰 (美) 大卫·贝林 王纬 主编

责任编辑：鲁艳芳 王海丽

出 版：东方出版社

发 行：人民东方出版传媒有限公司

地 址：北京市东城区东四十条 113 号

邮政编码：100007

印 刷：北京佳顺印务有限公司

版 次：2016 年 5 月第 1 版

印 次：2016 年 5 月北京第 1 次印刷

开 本：710 毫米×1000 毫米 1/16

字 数：310 千字

印 张：22

书 号：ISBN 978-7-5060-8983-8

定 价：58.00 元

发行电话：(010) 85924663 85924644 85924641

版权所有，违者必究 本书观点并不代表本社立场

如有印装质量问题，请拨打电话：(010) 85924736

前 言（代序）

从 1954 年“微循环”一词在美国微循环学会第一次会议上被正式确定至今，有关人体微循环的研究已经走过了六十多年的历程。

中国是国际上较早开展微循环研究的国家之一，而且成果丰硕。1993 年，中国微循环学会成立，以时任国际微循环学会联合会常委、亚洲微循环联盟主席、中国医学科学院微循环研究所所长修瑞娟教授为代表的四十多名微循环专家，是当时这个领域的先锋。随着越来越多青年学者加入，中国微循环研究新的发展思路、新的研究领域、新的学术内涵得到不断发掘，研究成果更加系统。在日渐丰富的理论基础，微循环观测、微循环调节、微循环修复等方面的方法和技术也得到了快速发展，初步形成了从临床理论到临床实践有机结合、同步推进的可喜格局。

随着微循环障碍与功能性改变，功能性改变与慢性疾病的关系不断被认识，以及相关研究的日益深化，通过改善微循环遏制疾病发展，促进疾病康复，成为医学临床及康复医学的新实践。在国外，微循环修复主要用于体育运动员治疗，目的是快速消除运动损伤，恢复机体运动功能和运动后的筋膜再生。由于运动系统与微循环的关系更容易被我们感觉到，因此，用微循环修复方法医治运动系统损伤和运动疾病并不奇怪。我们知道，大量研究事实证明人体各大系统疾病都可以在微循环功能障碍方面找到端倪，因此，通过微循环修复技术应用，改善血流速和血液质量，进而改善血管质量，改善循环质量，促进各

种病症的治愈和功能康复，这不仅可能而且可行。一方面，微循环障碍累及关联系统、组织和器官；另一方面，人体各种病变也会引起微循环障碍，这与小河有水大河满，大河没水小河干的道理是一样的。着眼小流域治理，优化大区域环境，这在维护机体健康上同样适用。

“通则不痛，痛则不通”这句流传千年的中医铭训，早已告之人们通则病除的道理。任何针对人体的方法或技术，其目的都可以看作一个“通”字，不管大循环、小循环、内循环、外循环，还是微循环，围绕“通”字做文章肯定不会错。如同此书的编写，其目的无非是使大家了解更多有关微循环与疾病的知识，通过运动锻炼和身体物质能量代谢的增加与血液循环的加快及调动全身毛细血管网的参与，可以开启、疏通、扩增大小血液循环网络，特别是能够解决远端末梢微循环的真毛细血管网络通路障碍，达到通则病除的目的。本书通过相关微循环知识的介绍，启迪人们热爱运动、积极参与运动，提高全民积极参与体育锻炼的意识，掀起全民健身热潮，认真贯彻实施国务院“全民健身计划纲要”。把理论研究能够更好地贯彻到实践中，积累成功经验，以期见微知著、一通百通，更好地认识人体，清楚自己，为维护自己和大众的健康作出更有成效的努力和贡献。

郑燕康

第一章 认识微循环

- 第一节 微循环是什么 //2
- 第二节 什么是正常的微循环 //6
- 第三节 微循环研究的作用 //10

第二章 百变微循环

- 第一节 微循环变化的主要因素 //18
- 第二节 微循环主要形态改变的病理和生理基础 //26
- 第三节 血液成分及性质的变化 //35
- 第四节 血流速的变化 //49
- 第五节 血管、血液和流速的相互作用 //53
- 第六节 细胞的变化 //55
- 第七节 渗出、出血的病理生理基础 //63
- 第八节 微循环改变的基本过程 //64
- 第九节 主要组织的微循环变化 //66

第三章 微循环与疾病

- 第一节 临床微循环 //74
- 第二节 重要器官疾病的微循环障碍 //88
- 第三节 微循环障碍的表现特征 //120
- 第四节 微循环障碍与疾病的关系 //122

目 录

第四章

微循环观测技术发展

- 第一节 人体微循环观察方法与内容 //132
- 第二节 活体微循环观察用显微镜和光源 //133
- 第三节 激光多普勒显微镜 //137
- 第四节 微血管管径及血管密度测量 //139
- 第五节 微循环血流速度测量 //144
- 第六节 器官和组织血流量测量 //148
- 第七节 激光多普勒微区血流量测量 //151
- 第八节 微血管内血流状态观测 //154
- 第九节 微血管压力测量 //159
- 第十节 微血管通透性测量 //162
- 第十一节 血细胞荧光示踪活体观测方法 //164
- 第十二节 局部组织阻抗式容积脉波描记方法 //167
- 第十三节 光电反射式容积脉波描记方法 //172
- 第十四节 多点温度测量方法 //174
- 第十五节 显微摄影 //177
- 第十六节 显微摄像 //182

第五章

微循环的调节

- 第一节 微循环的功能单位 //186
- 第二节 微循环调节的根本任务 //189
- 第三节 微循环调节的途径 //191
- 第四节 微循环调节的方法 //206

第六章

微循环修复技术应用

- 第一节 微循环修复技术概要 //218
- 第二节 脉冲磁共振微循环修复技术 //219
- 第三节 骨科微循环修复 //224
- 第四节 神经科微循环修复 //241
- 第五节 心脑血管微循环修复 //251
- 第六节 微循环修复作用于缓解疲劳 //269
- 第七节 微循环修复作用于缓解疼痛 //275
- 第八节 呼吸系统微循环修复 //281
- 第九节 免疫系统微循环修复 //289
- 第十节 消化系统微循环修复 //293
- 第十一节 内分泌系统微循环修复 //294
- 第十二节 其他疾病的微循环修复 //298

第七章

微循环修复与运动医学

- 第一节 从劳动到运动 //304
- 第二节 运动损伤与运动疾病 //306
- 第三节 运动医学 //311
- 第四节 微循环修复在运动医学中的作用 //314
- 第五节 运动处方在改善微循环中的作用 //316

目 录

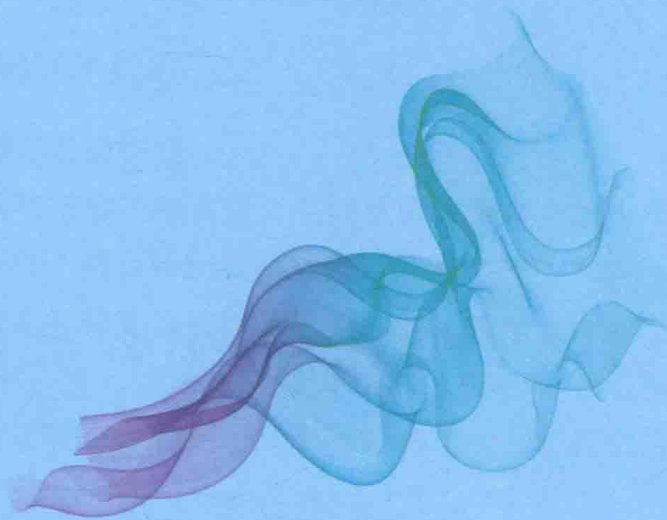
第八章

微循环呵护

第一节 重视微循环信号 //324

第二节 微循环的日常维护 //326

第三节 让正常微循环塑造我们的健康状态 //335



第一章

认识微循环

BAIBINGZHUYUAN:
WEIXUNHUANZHANGAI

第一节 微循环是什么

一、微循环的概念

微循环是指微动脉与微静脉之间微血管中的血液循环，是血液与组织细胞进行物质交换的场所，直接参与组织与细胞的物质、能量、信息传递。微循环只有在显微镜下才能观察得到。

微循环一般由微动脉、后微动脉、毛细血管前括约肌、真毛细血管、通血毛细血管、动-静脉吻合支和微静脉七部分组成，是心血管系统与组织细胞直接接触的部分。微循环的基本功能是实现物质交换，向各组织细胞输送养料、运走代谢产物。微循环模式如图 1-1 所示。

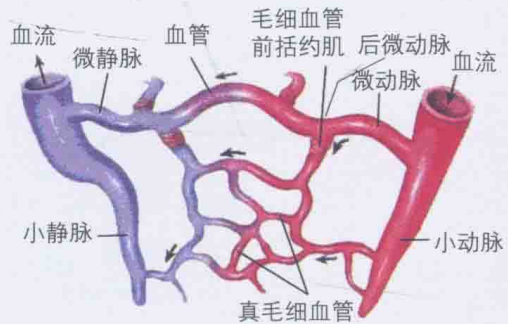


图 1-1 微循环模式图

微循环是生命的基本特征之一。单细胞生物通过细胞膜直接进行传递活动。节肢动物是通过组织间隙中的血淋巴进行传递。哺乳动物(如人)，只有肺和胃肠分别通过气管、食管和外界环境进行物质、能量、信息的传递，其他组织器官的位置、功能、代谢已经定型，构成器官的组织、细胞不能直接和外界环境沟通，只有通过组织液、血液、

淋巴液进行物质、能量和信息的传递。

二、微循环的构成

1. 微血管的构型

微血管又称毛细血管，是网状分布于各种组织和细胞间的最微细的血管，介于微动脉和微静脉之间，平均直径 $7\sim 9\mu\text{m}$ 。微血管的立体形态、分布和排列方式称为构型。微血管是人体各个系统组织和器官的组成部分之一，为最小功能单位的“支架”。微血管的构型反映了组织和器官的特点，并与组织和器官的功能需要相适应。微血管的构型大体上有七种：

(1) **发夹型**。微动脉分出的毛细血管急剧回转，汇合注入微静脉。分布在甲襞、齿龈、口唇黏膜。如图 1-2A 所示。

(2) **树枝型**。微血管排列呈树枝状，管径较细，血管间距较大。眼球结膜、肠系膜、肌肉、大脑、食管、膀胱黏膜的微血管都属树枝型。如图 1-2B 所示。

(3) **网囊型**。排列成网状，网眼密，微动、静脉居中。分布在小肠黏膜、大肠黏膜和舌黏膜。如图 1-2C 所示。

(4) **疏网型**。排列成网状，网眼大，血管口径较细。分布在肠系膜、肌、大脑皮质。如图 1-2D 所示。

(5) **丝球型**。排列成菜花状或丝球状。分布在肾小球、脾、小肠

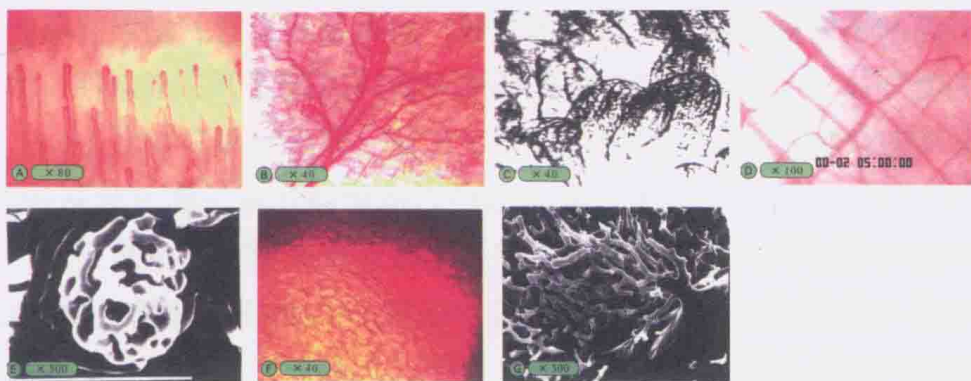


图 1-2 微血管的构型

淋巴结和胰岛。如图 1-2E 所示。

(6) **密网型**。排列成网状，网眼密，血管口径较粗。分布在肺脏和肝脏。如图 1-2F 所示。

(7) **珊瑚型**。微静脉部分膨大迂曲，相互缠络。分布在骨髓和脾脏。如图 1-2G 所示。

除以上构型外，还有球网型、菜花型等，并且远不止这些构型。同一网络形态内，同一器官的不同部位，微血管的形态也大不相同。

2. 微血管壁的形态

微血管壁由一层内皮细胞及一薄层基膜组成，厚约 $0.5\mu\text{m}$ 。基膜外面有薄层结缔组织，其中有纤维细胞、巨噬细胞等。最细的微血管由一个内皮细胞围成管腔；较粗的微血管由 2~3 个内皮细胞围成。

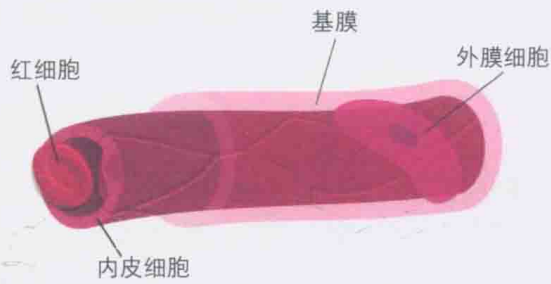


图 1-3 微血管壁结构示意图

微血管的管壁薄、通透性大、管径细 ($8\sim 10\mu\text{m}$)、数量多、血流速度慢，这些特点使其成为血液与组织液进行物质交换的场所，又称交换血管。

3. 微循环的血流通路

微循环的组成随器官而异。典型的微循环一般由微动脉、后微动脉、毛细血管前括约肌、真毛细血管、通血毛细血管、动-静脉吻合支和微静脉七个部分组成，微循环的血液可通过以下三条途径，由微动脉流向微静脉：

(1) **迂回通路**。血流从微动脉经后微动脉、前毛细血管括约肌、真毛细血管网汇流至微静脉。由于真毛细血管管壁薄，通透性高，交织迂回，血流缓慢，因此成为血液与组织进行物质交换的主要场所，故又称为营养通路。真毛细血管是交替开放的。安静时，骨骼肌中真毛细血管网大约只有 20% 处于开放状态；运动时，真毛细血管开放数

量增加，以利于血液和组织之间的物质交换，为组织提供更多的营养。

(2) 直接通路。血流从微动脉经后微动脉，再由通血毛细血管至微静脉的通路较直，流速较快，加之通血毛细血管管壁较厚，承受了较大的血流压力，故经常处于开放状态。因此这条通路的作用主要是使一部分血液通过微循环快速返回心脏。

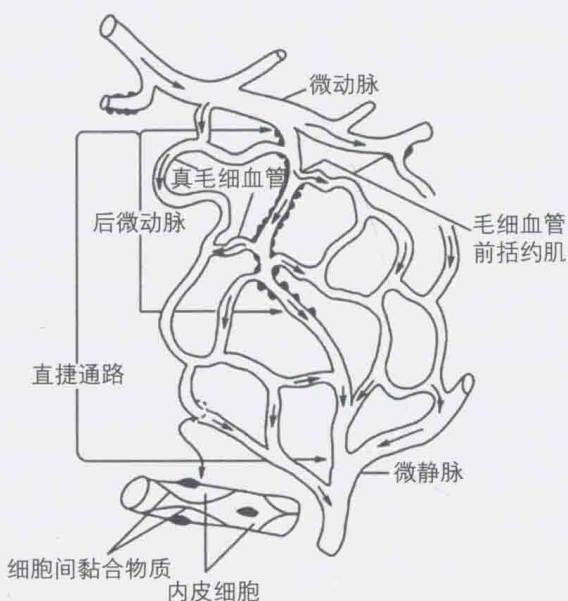


图 1-4 微循环模式图

(3) 动 - 静脉短路。血流经动脉通过动 - 静脉吻合支直接回到微静脉。动静脉吻合支的管壁厚，有完整的平滑肌层，多分布在皮肤、手掌、足底和耳廓，其口径变化与体温变化有关。当环境温度升高时，吻合支开放，血流量增加，有利于散发热量；当环境温度降低时，吻合支关闭，以利于保持体内的热量。

三、微循环的功能

微循环的基本功能是进行血液和组织液之间的物质交换。在正常情况下，微循环的血流量与组织器官的代谢水平相适应，以保证各组织器官的血液灌流量并调节回心血量：

(1) 物质交换的场所。血液给组织运来氧气、营养物质、激素和水等，带走二氧化碳和代谢产物。

(2) 调节血流和血量。微循环的血管数量极多、容量很大，是个大储血库。改变这个血库的容血量，就可以调节全身的循环血量和静脉的回心血量。一旦因某些原因引起全身微循环血管大量开放，将有大量血液淤积在微循环内，导致循环血量和回心血量减少，血压下降。

第二节 什么是正常的微循环

一、微循环功能正常的基本条件

1. 基本条件

微循环系统的功能是保证组织、器官和细胞的物质、能量和信息的充分、及时传递。从循环的角度看，要完成这么艰巨的任务，必须具备如下基本条件：

(1) 能够不断产生足以推动血液在闭锁的管道内流动的压力；(2) 能够不断地向器官、组织输送充足的血液；(3) 血液和组织、细胞有足够大的接触面积；(4) 流动的血液和组织、细胞有充裕的接触时间；(5) 血液和组织间的屏障——

微血管壁具有适宜而有效的通透性；(6) 能够及时、充分地收容流经组织、器官的血液。

2. 需要解决的问题

微循环的功能要正常发挥，需要解决好以下几个问题：

(1) **心脏泵血**。心脏不断地收缩、舒张，产生压力、排出血液的过程，是为血液循环提供动力的过程。

(2) **动脉运送**。动脉因弹性组织和平滑肌组织的作用，能保持一定压力，保证不间断地向组织、器官输送血液。通过微循环的血液输出不应受阻，受阻则血液瘀滞，影响组织、细胞的代谢。为了保证微

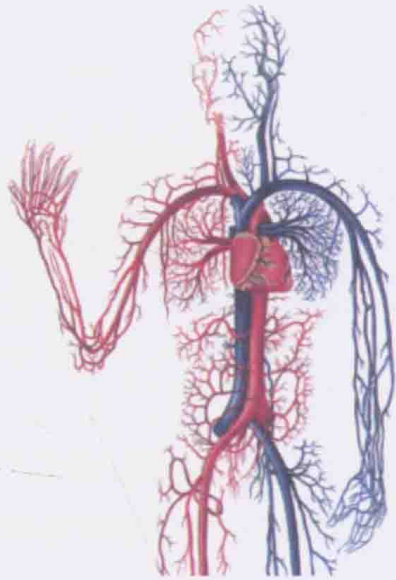


图 1-5 人体微循环示意图

循环不间断地进行，在动脉和微血管间，微血管和静脉间，必须维持一定的压差。微血管，尤其是毛细血管、细静脉，由于管壁菲薄、结构脆弱，进入其中的血液压力不能过高，否则会影响毛细血管、细静脉的功能，增加渗出，损伤管壁。由主动脉到细动脉间的多次分支，小动脉的阻力等既可降低血压，又可减小脉压，以维持进入微循环的适当压力。动-静脉短路支可以适当泄漏动脉血液，降低压力。

(3) 接触面积。微血管中毛细血管、细静脉、细动脉的总表面积足以保证血液和组织、细胞间有足够大的接触面积。

(4) 接触时间。一般主动脉的血流速度（直线速度）为 28cm/s ，小动脉为 $4.3\text{cm/s}\sim 4.7\text{cm/s}$ ，小静脉为 $0.69\text{cm/s}\sim 0.81\text{cm/s}$ ，大静脉为 1.9cm/s ，腔静脉为 18cm/s 。微血管中细动脉血流速度为 0.18cm/s ，毛细血管为 0.036cm/s ，细静脉为 0.039cm/s 。即在微血管尤其是毛细血管、细静脉中，血流速度最慢，保证血液和组织、细胞有比较充分的接触时间。

(5) 微血管的通透性。血管系统中，微血管壁具有适宜、有效的物质通透性。微血管壁对气体、脂溶性物质、小分子物质可以通透；大分子物质则根据需要要有选择性地借助载体，通过血管壁，借此保证血液和组织细胞间的物质、能量、信息的传递。血管中毛细血管、细静脉壁的通透性，一般要大于细动脉。

(6) 收容回输。静脉系统的压力低于毛细血管。管壁薄，伸展性强，血容量大，并及时回输心脏，能够保证及时、充分地收容流经器官、组织的血液。静脉血管伸展性好，容量大，具有庞大的静脉瓣等，都可适应微循环的需要，保证血液的收容和回输。

二、血液流变和微循环的关系

血液流变学是研究微循环的基础，而且微循环学与血液流变学研究的主要课题是一致的。研究微循环就是研究血液与它的组成及血管的一般流变性质及其变化规律在微循环这个特定环境中的具体表现，

如在微循环中，存在红细胞的径向迁移，血浆层与二相流、 Σ 效应、管壁效应、红细胞栓塞效应、法—林效应及其逆转。血液流态呈高速流、快速流、摆流、滞流、停顿、倒流、停止、出血等，这些都是血液流变性在微循环系统中的特殊表现。临床微循环观测，就是观测血细胞在毛细管中所处的流变学状态，如血细胞数量、运动状态、聚集、变形、黏附情况，以及血液、血细胞与毛细管的相互作用等。因此，也有人把微循环的这些研究内容称为微循环流变学。

微循环流变学是血液流变学的重要组成部分，不少疾病是由微循环障碍引起的，这可能与来自红细胞聚集性增强、来自红细胞变形性减弱、来自血液黏度增高、红细胞数量过多、体内自由基反应增强有关。血液流变学是因，微循环是果。血液流变性异常，才导致微循环障碍，形成恶性循环。这种因果关系，将两门学科有机联系在一起。所以，在很多医院，血液流变学与微循环学检查是同时进行的。

三、微循环与大、小循环的关系

人体的血液循环系统是由心脏和血管组成的。根据循环途径不同，可将血液循环分为大循环、小循环和微循环。

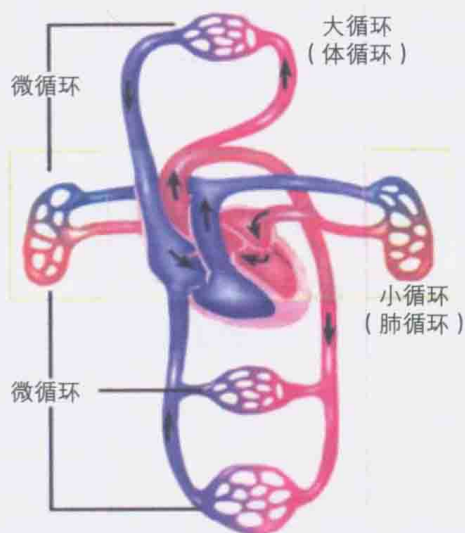


图 1-6 体循环模式

大循环又称体循环，其过程是由左心室射出的动脉血进入主动脉，流经动脉各级分支，流向全身各器官的毛细血管。血液在毛细血管内，经过毛细血管壁与组织细胞进行物质和气体交换。交换后，动脉血变成静脉血，静脉血再经各级小静脉进入中静脉，最后经上、下腔静脉回归右心房。大循环的主要特点是路程长，流经范围广。以动脉血滋养全身各组织，又将其代谢产物经静脉运回