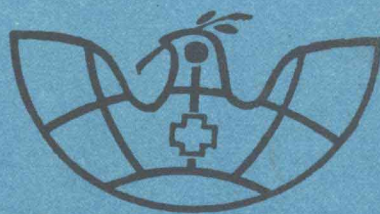


医学进展专题讲座资料

微循环与临床



1984

哈尔滨铁路局卫生环保处

哈尔滨铁路局医学科学技术咨询委员会

第 一 部 分

微 循 环 基 础

中国军事医学科学院 田 牛

前 言

六十年代以来，我国的微循环研究工作有了较大的进展，成绩是显著的。随着对微循环研究的不断深入和发展，医药卫生科技人员越来越认识到这一领域在医学科学的理论研究和临床应用方面的重要意义。微循环已成为研究人体许多生理及病理过程和现象中不可忽视的一个重要方面。

为了提高微循环的基础理论、掌握微循环的临床观察方法学和诊断指标，以及提高微循环研究的水平。我局特邀国内微循环专家田牛教授，曾照炜副教授进行专题学术讲座，并编写这本专题讲座资料。同时，为介绍国外微循环研究情况，邀请白凤阁、邓开伯、程倩、沈稚舟主任等特翻译了日本《微小循环》一书中的第三部分“脏器的特异性与疾病”编入本专题讲座资料中，供同道们参考。

内容简介：

本书共分为三部分，第一部分为微循环基础，主要讲述微循环的基础理论，生命器官的微循环与临床；第二部分为微循环观察的临床应用；第三部分为译文——脏器的特异性与疾病。

由于编辑工作水平有限，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。

哈 尔 滨 铁 路 局 卫 生 处

哈尔滨铁路局医学科学技术委员会

1984年8月

目 录

第一部分 微 循 环 基 础

.....田牛

第一章 微循环的形态和功能

.....	(1)
第一节 细胞组织的物质交换.....	(1)
第二节 微循环的基本概念.....	(1)
第三节 微血管的分类.....	(2)
第四节 基本微细结构和功能.....	(3)
第五节 微血管构型和脏器含血量.....	(7)
第六节 微循环动态.....	(8)
第七节 微血管的通透性.....	(10)

第二章 微循环的调节

第一节 微循环调节的具体意义.....	(13)
第二节 调节的作用环节.....	(14)
第三节 调节机构.....	(15)
第四节 调节障碍.....	(21)

第三章 生命器官的微循环

第一节 心脏微循环.....	(24)
第二节 肺微循环.....	(30)
第三节 肝脏微循环.....	(36)
第四节 胃微循环.....	(41)
第五节 小肠微循环.....	(43)
第六节 胰腺微循环.....	(49)

第二部分 微循环观察的临床应用

.....曾昭炜

第一章 设备条件与微循环功能检查

第一节 设备条件.....	(52)
第二节 介绍几种微循环功能检查方法.....	(55)

第二章 临床微循环观察

第一节 人体表微循环观察的意义	(60)
第二节 临床各系统微循环障碍的症状	(60)
第三节 人体微循环观察部位的选择	(61)
第四节 关于舌唇微循环观察的评价	(62)

第三章 临床微循环观察能解决些什么问题

第一节 眼球结膜微循环观察在临床诊断中的作用	(63)
第二节 甲皱微循环观察在临床上的应用	(67)
第三节 皮肤微循环观察的临床应用	(72)

第三部分 脏器特异性与疾病 (译文)白凤阁等

1、心脏微循环动态——心动周期引起的各种变化	(78)
2、肺与微循环	(82)
3、腹腔微循环	(88)
4、肾脏微循环	(94)
5、肌肉——尤其是关于运动性充血	(98)
6、皮肤微循环	(105)

第一章 微循环的形态和功能

微循环是在组织、解剖、生理、生化等基础医学；内科、外科、儿科、妇科等临床医学及流体力学，生物流变学等理论上，借助生理、病理技术，光镜、电镜技术、电子技术、放射性同位素以及细胞培养技术等发展起来的新兴边缘学科，它的发展又促进了基础和临床医学的发展。^[1,2,3,4]为了认识微循环的意义，在临床上正确开展微循环的应用，有必要对微循环的形态和功能做简要的介绍。

第一节 细胞、组织的物质交换

生物的基本特征之一是和周围环境不断地进行物质交换、单细胞生物、多细胞生物以及高级生物的组织、细胞无一不需要物质交换以维持其生存，保证其结构，完成其功能。唯独它们进行物质交换的方式不同而已。

单细胞生物可以通过细胞膜直接和外界进行物质交换。如草履虫以胞体运动寻找适合进行物质交换的地方。生物进化至节肢动物，内脏的细胞，组织已经不能直接同外界直接接触，它们不再能直接同外界进行物质交换，而和细胞、组织间隙中的血淋巴进行物质交换。血淋巴由两端开放的血管驱动缓慢流动于细胞，组织之间，故称为开放性循环。脊椎动物如鱼、蛙、鸟、鼠、狗，人类机体各器官已经分化形成，其功能，代谢已经定向，其形态、位置已经相对稳定，这样才能高效率地完成各种精密的功能。依靠血、淋巴缓慢流动于细胞、组织间隙的开放性循环已不能满足物质交换的需要，这阶段循环系统已经由于开放性循环进化为闭锁循环，血液能够在心、血管系统内以相对比较高的速度进行循环。毛细淋巴管已经形成，淋巴液得以通过毛细淋巴管进入淋巴循环。流动于组织，细胞间隙中液体不再是血淋巴，而是没有血细胞的组织液。闭锁性循环系统的基本功能是保证组织、细胞的物质交换，其各部分如心脏、动脉、微血管、静脉、淋巴管是一统一整体，其各部分各有精细分工。只有微血管（细动脉、毛细血管、细静脉）和毛细淋巴管才直接参与组织、细胞的物质交换。

第二节 微循环的基本概念

一、基本概念：

微循环是直接参与细胞、组织物质交换的体液（血液、淋巴液、组织液）的循环动态。单细胞生物和开放性循环的低级动物，其细胞、组织可以直接和外界或血淋巴进行物质交换，这一阶级没有我们现在所理解的微循环。脊椎动物已经分化成闭锁循环，血管壁分隔血液和组织、细胞，两者不能直接接触，淋巴管分隔淋巴液和组织、细胞，它们互相间也不能直接接触。此时组织、细胞的物质交换只有通过血管壁、淋巴管壁才能完成。大动脉、小动脉、

大静脉、小静脉及小淋巴管壁一般物质都不能直接通过。在循环系统中，只有细动脉、毛细血管、细静脉和毛细淋巴管的管壁便于物质的通过，适于组织、细胞的物质交换。由于组织液存在于细胞，组织之间无明显界限，淋巴液无色透明，不藉助染料和特殊方法，不能直接观察组织液和淋巴的流动状态，这在临床上是不容易做到的。因此从临床实际观察角度看，微循环可以理介为直接参与细胞、组织物质交换的血液循环动态，即在细动脉、毛细血管、细静脉范畴内的血液循环动态。但分析、考虑观察结果时不应忘记组织液和淋巴液的流动动态。

二、影响微循环的四种因素：

讨论直接参予细胞、组织物质交换的体液循环动态即微循环必然涉及这样一些问题即什么物质；在什么部位，以什么方式进行流动。这自然包括下列问题：（1）流动着的血液、淋巴液及组织液的理化性质和流变学特点；（2）微血管、毛细淋巴管的分布、构型、结构以及其功能、调节；（3）微血管及毛细淋巴管周围的组织结构如组织嗜碱细胞、网状细胞、成纤维细胞、各种纤维和基质；（4）微血管前的心脏，大、小动脉及微血管后小、大静脉等的功能、结构状态。上述四部分功能、结构、代谢的完整是保存正常微循环的条件，其中任何一部分的异常都会互相影响，导致微循环的障碍。

在临床微循环观察时，切忌把甲皱、球结膜、舌、口唇、皮肤微循环动态简单化——只理介为血液循环动态；同时对待观察到的微循环变化，不要只从血液或微血管局部进行分析，应该从上述四个方面进行考虑，全面分析，才能更有利于认识微循环改变的本质和意义。

三、微循环和微血管

一些文献常常混淆微循环和微血管两个不同的概念。（1）微血管是形态学概念，指的是细动脉、毛细血管、细静脉。其内涵不包括血液循环动态。因此微血管不等于微循环。

（2）微循环是直接参与细胞、组织物质交换的体液循环动态，它自然包括血液、淋巴液、组织液在微血管、毛细淋巴管、组织间隙内的循环动态。其内涵也自然包括微血管、毛细淋巴管、组织间隙、血液、淋巴液、组织液。因而微循环是比微血管更广泛的概念，切不可把微循环只理解为微血管。

第三节 微血管的分类

微血管的分类、名词尚不完全一致。各脏器间微血管的分布，结构亦不完全一样。现以球结膜、肠系膜、耳廓等膜样或薄组织为例，微血管可以分为细动脉、分枝毛细血管、网状毛细血管、集合毛细血管、细静脉。

一、毛细血管

1、网状毛细血管：

微血管中管径（2—8 μ m）细、互相吻合成网的是网状毛细血管。其走行弯曲给人以柔软园滑的感觉。网状毛细血管血流慢，呈粒流。其流速以至血流方向可以改变。

2、分枝毛细血管：

分枝毛细血管位于网状毛细血管上游，管径细（5—10 μ m），走行较直，分枝成网状毛细血管。分枝毛细血管血流快、呈线粒流，给人以紧张的感觉。

3、集合毛细血管：

由数个网状毛细血管汇集而成，管径较前者粗（8—20 μ m），其走行弯曲分枝多，途径较短，血流速度较慢为粒线流，注入细静脉。

二、细静脉：

细静脉分段汇集多数集合毛细血管，管径较粗，一般为15—50 μ m，管壁较薄，走行略有弯曲给人以松软的感觉，血流速度明显快于集合毛细血管，一般为线粒流。

三、细动脉：

多数脏器和部位细动脉和细静脉并行，管径约与并行细静脉之1/2—1/3。管壁较厚，走行刚健，分枝较小，血流速度快为线流。

四、动静脉短路枝：

动脉血不流经网状毛细血管，通过直通血管直接注入细静脉或小静脉，这种直通血管称为动、静脉短路枝。机体几乎所有脏器都有动、静脉短路枝。但其数量和形态（或管状短路枝或球状短路枝）因脏器、部位而不同。

五、淋巴管：

一般活体观察和动脉灌注墨汁、明胶色素，塑料的标本看不到淋巴管。小鼠耳廓循环活体观察在微血管通透性亢进的情况下可以看到边缘清晰外形不规则，管径约为毛细血管的4—6倍的透明区，走行短是毛细淋巴管。

第四节 基本微细结构和功能

构成微血管的基本成分有（1）内皮细胞；（2）基底膜；（3）外周细胞和平滑肌细胞。

一、内皮细胞：

机体的所有生命活动是在血液保持应有的流动性，血液和组织的物质交换顺利进行的条件下才能完成。内皮细胞结构和功能的完整是完成这一功能的关键。可以认为内皮细胞的基本功能是提供一个适宜的内表面，既保证血液的流动性及阻止血液的凝固。

体腔和心脏、血管腔表面都被复一层细胞，体腔被复一层来自内胚叶的上皮细胞，而心脏血管腔被复一层来自间胚叶的内皮细胞，内皮细胞具有多种功能和多样的结构。

（一）网状毛细血管最少可由1—2个内皮细胞，细静脉可由8—14个内皮细胞组成^{〔1〕}。内皮细胞一般为扁平形，核形椭圆，胞浆菲薄，高尔基氏器一般不发达，线粒体数不多，粗面小泡体短少，根据不同部位和功能状态，小饮泡数多少不等。

微血管的内皮细胞可分三类：（1）连续内皮细胞：内皮连续完整如脑、肌肉、肺泡、睾丸毛细血管；（2）有窗内皮细胞：内皮细胞胞浆局部菲薄，内外二层胞膜融合形成一层膜样结构称为窗，如肠绒毛、肾小球及一般内分泌腺毛细血管；（3）有洞内皮细胞，即内皮细胞有洞隙如肝窦，骨髓血窦等。

内皮细胞具有三个侧面，即腔侧面，内皮细胞间侧面，外侧面。探讨内皮细胞的结构、功能也要从三方面讨论。

（二）内皮细胞腔侧面——内皮细胞和血液的关系。

内皮细胞腔侧面直接面对血流，和血液各种成分接触。一般认为内皮细胞表面被复一层

粘多糖和蛋白质的复合物称为糖皮层 (Glycoalyx) [5]。

正常时由于糖皮层的存在, 尽管有血流的剪切作用 (Shearing action) 微血管壁仍然保持功能、结构的完整, 血浆仍然保持其流动状态。血管局部损伤可发生血小板、白细胞贴壁粘附现象。早期离体工作认为微血管腔侧面尚有一层纤维素层, 最近内皮细胞培养证明有胞浆素原激活因子 [6], 提示有纤维层的可能。

(三) 内皮细胞间侧面——内皮细胞和内皮细胞的关系。

毛细血管能够维持完整的管状, 有赖内皮细胞的相互连接和基底膜的支持。内皮细胞间的粘合是由一种叫做 Fibronectin 的糖蛋白粘合。Fibronectin 被认为是冷球蛋白。在某些病态时它不呈液相, 红细胞悬液加纯 Fibronectin 则引起红细胞聚集 [7]。毛细血管能够维持完整的管状, 有赖内皮细胞的相互连接和基底膜的支持。内皮细胞间的粘合是由一种叫做 Fibronectin 的糖蛋白粘合, Fibronectin 被认为是冷球蛋白。在某些病态时它不呈液相, 红细胞悬液加纯 Fibronectin 则引起红细胞聚集 [7], 微血管, 毛细淋巴管的相互连接有三种方式 (1) 一般连接: 相邻内皮细胞浆突起互相重叠, 但不融合, 两细胞膜间有细的孔隙如毛细淋巴管、脾窦、骨髓血窦, 血浆中物质可以通过细胞膜的间隙; (2) 部分紧密连接: 相邻内皮细胞间局部膜融合或由粘多糖类物质充填粘合, 如多数脏器的毛细血管; (3) 紧密连接: 相邻内皮细胞间全长达由粘多糖类物质粘合或融合加固如脑毛细血管等。少量白蛋白能加强细胞间物质的作用 [8]。

钙的缺乏和不能被利用可引致内皮细胞连结的松散, 核形极度扭曲, 表示细胞内附着于紧密结合的微管、微丝收缩, 亦可导致内皮连结的裂开, 内皮细胞膜通透性增高, 内皮细胞肿胀亦可引起内皮联结的改变。

(四) 内皮细胞外侧面——内皮细胞和其周围组织结构的关系。

微血管内皮细胞外侧面由基底膜包围, 毛细血管基底膜之外有外围细胞胞浆突起, 细静脉、细动脉则为平滑肌细胞。外围细胞、平滑肌细胞及内皮细胞都可伸出突起穿过基底膜互相直接接触。毛细血管内皮细胞隔基底膜可以和成纤维细胞、胶原纤维, 基质以及散在的组织嗜碱细胞接触。基底膜、外围细胞、平滑肌细胞以及成纤维细胞、胶原纤维、基质对维持微血管结构和功能完整十分重要。

(五) 内皮细胞的功能:

内皮细胞是来源于间胚叶的代谢很活跃的细胞, 其功能除被复 (管壁) 和屏障之外, 尚有许多功能。

1、传输: 内皮细胞向血液和血管周围双方面传递各种低分子的代谢有关物质, 尤其是 O_2 和 CO_2 。

2、摄取和吸附: 内皮细胞具有多种受体, 可摄取或吸附下列物质如儿茶酚胺、5-羟色胺、缓激肽、血管紧张素、肝素、凝血酸。

3、合成: 内皮细胞可以合成10余种物质, (1) 胞浆素原激活因子; (2) 抗血栓因子; (3) 第Ⅷ因子; (4) 血液抗原; (5) 组织因子; (6) 前列环素; PGI_2 ; (7) γ -谷氨酰转酞酶; (8) 胶原纤维; (9) 转换酶; (10) 游离脂酸等。

4、防栓: 生成 PGI_2 及胞浆素原激活因子以防止血栓形成。

5、再生：内皮细胞可以分裂、增殖以更新，并形成新的毛细血管或修复损伤的内皮细胞。

(六) 内皮细胞的收缩：

前一个阶段曾经认为内皮细胞不能收缩。我们自己多年工作证明血管内皮细胞具有收缩能力。活体观察，针刺毛细血管可见管腔闭锁，墨汁灌注透明标本的光镜观察，墨汁呈串珠状充盈，电镜观察可见相邻内皮细胞边缘处伸长，形成舌状突起突向腔内，内皮细胞核形扭曲，表面凹陷形成烧瓶样陷囊，内皮细胞绝大部分胞体突入腔内阻滞管腔，内皮细胞间出现空隙等都表明内皮细胞可以收缩。

近年来已证明内皮细胞胞浆中有收缩蛋白如肌动蛋白、原肌球蛋白（Troponin），内皮细胞胞浆中有微纤维。高血压病时内皮细胞胞浆内微纤维增多〔9〕。

Ca^{++} 参与内皮细胞收缩功能，注射 Na_4EDTA 影响 Ca^{++} 的平衡， Ca^{++} 浓度减少，内皮细胞胞浆中微纤维增多，胞体收缩变圆，细胞间出现大空隙。注射Cytochalasin可抑制内皮细胞内微纤维的形成和活性，防止内皮细胞的收缩，可以明显减轻 Na_4EDTA 对微血管的损伤〔9〕。

二、基底膜：

基底膜是围绕血管内皮细胞的电子密度较高，厚约300—1500Å，由粘多糖类物质构成的微细结构。近年来，基底膜的重要性逐渐受到人们的重视，因为（1）某些疾病基底膜出现明显的改变；（2）完成组织功能方面基底膜具有很重要的作用；（3）胚胎发育、分化过程中基底膜可能具有调节、诱导作用〔10〕。

（一）超微结构研究证明基底膜是由宽约40Å的微纤维不规则地排列在微细颗粒状的基质之中，它可分为三层，从内皮细胞侧起为透明层，致密层、网状层。透明层、网状层电子密度低，而致密层电子密度高〔11〕。从微细结构方面观察，细动脉、毛细血管、细静脉的内皮细胞有一定差别，但它们的基底膜的结构尚未发现有明显不同。

根据肾小球基底膜的生化分析和染色特性，认为它是由胶原和多糖组成。但它和一般基质不同，基底膜中不含有透明质酸。

（二）新生血管一般没有基底膜，随生长、成熟微血管逐渐形成基底膜，故基底膜是微血管成熟的标志。根据脏器功能、代谢的特点，脏器微血管的基底膜的存在形式不同。小肠、脑微血管内皮细胞周围有连续完整的基底膜；脾窦内皮细胞外有厚但不连续的基底膜；骨髓血窦、肝窦及毛细淋巴管内皮细胞外无基底膜。根据我们观察微血管外基底膜对病理刺激反应十分明显，不能把微血管基底膜看成固定的结构。当内皮细胞损伤时原来的基底膜可以增厚，无基底膜部位可出现基底膜样结构。

（三）基底膜的功能：

基底膜具有多种功能，已为近年来一些工作证实，但迄今为止，尚有不少问题未被认识。

1、支持结构：基底膜在支持和保证毛细血管完整性方面具有重要意义，它是维持组织形态的必需结构。基底膜和组织细胞接触才能发挥作用，这种接触需要细胞表面的糖蛋白、 Ca^{++} 和 Mg^{++} 。坏血病时基底膜形成障碍，内皮细胞失去有力支持而不稳定，则易发生出血。

2、屏障和过滤：基底膜作为一种屏障组织分隔血液和血管外的结缔组织，防止它们直接接触，同时又要保证血液和组织细胞间必要而充分的物质交换，基底膜又要作为滤膜和分

子筛而起到过滤作用。基底膜有二种过滤：（1）机械过滤，基底膜有 $2-4\mu\text{m}$ 的小孔，分子量在4万以下的物质可以通过；（2）电过滤，基底膜中的糖蛋白质GAG的阴电荷作用起到电过滤的作用。

3、诱导作用：在胚胎期基底膜是较早出现的细胞间物质，它对细胞分化和组织发生具有诱导作用。

4、影响再生：基底膜和细胞再生有密切关系，根据基底膜的状态，破坏组织的再生可分二类：（1）再生决定于基底膜的破坏程度，基底膜没有破坏，细胞沿基底膜生长可完全修复，如基底膜的连续性破坏，则细胞不能完全再生修复导致瘢痕形成。肺上皮细胞及其毛细血管的再生属于这一类；（2）先形成新的基底膜，然后细胞沿之再生。肾、皮下神经及肌肉毛细血管的再生属于此种类型。

三、外周细胞：

（一）毛细血管的外侧一般都有一种细胞附着，它被包围在基底膜之中，称为外周细胞。其形态和结构类似成纤维细胞，其胞浆突起不全包围毛细血管壁。在分枝毛细血管和集合毛细血管外周细胞突起包围管腔的面积增大。外周细胞可能是具有多向分化潜力的细胞，它可以和平滑肌细胞分化，细静脉即可出现外周细胞向平滑肌过渡的细胞，在超微结构上胞浆中已经出现平滑肌纤维，但仍残留外周细胞的一些结构。细动脉的内皮细胞外为平滑肌细胞。

（二）外周细胞的主要功能是生成基底膜、胶原纤维、支持微血管、防止血管闭合，限制血液中物质过多外流吞噬异物。外周细胞突起可以穿过基底膜和内皮细胞直接接触，这种接触可能是传递信息和物质的有效方式之一，在调节微血管功能方面其有重要意义。

四、平滑肌细胞

（一）细动脉、细静脉及小动脉、小静脉的管壁有平滑肌细胞、细动脉的平滑肌细胞多为一层，位于基底膜之外，而小动脉的平滑肌细胞呈多层排列，位于内弹力板之外。血管平滑肌因部位如大动脉、肠系膜动脉、门脉等有很大区别。

血管平滑肌细胞一般呈长梭形，其大小因功能状态而不同。核呈长梭形，核两侧小器官较多可见高尔基氏器、小的线粒体，少数粗面内质网及糖原颗粒。平滑肌细胞和横纹肌一样胞浆中也有细肌丝肌动蛋白和粗肌丝肌凝蛋白。由于平滑肌肌凝蛋白的溶解性高，在细胞内的离子环境中不能保持肌丝状态，故而电镜观察其肌丝排列不规则，也没有横纹，只是呈现多数微纤维和梭形致密小体，后者相当于横纹肌的Z带。细动脉平滑肌细胞部分胞体可直接和内皮细胞接触。

（二）血管平滑肌的主要功能是保持血管的紧张性和收缩、舒张。平滑肌细胞内有二种收缩蛋白，肌动蛋白、肌凝蛋白、 Ca^{++} 的调节蛋白（Tropo-myosin, Leobonin）、膜系统。 Ca^{++} 在平滑肌细胞内的浓度因收缩、舒张而变动，舒张时为 10^{-7}M ，收缩时浓度升高为 10^{-5}M 。Leobonin在Tropomyosin存在条件下活化肌动蛋白的能力依赖于 Ca^{++} 的浓度。 Ca^{++} 浓度高时活化肌动蛋白，促进肌动蛋白和肌凝蛋白相互作用则平滑肌收缩。当 Ca^{++} 浓度降低时，则平滑肌弛缓。

第五节 微血管构型和脏器含血量

一、构型：

微血管的立体形态即其分布、排列样式称为构型。在进化过程中脏器微血管和其实质细胞结构形成密切协调，高度适应的立体结构，单就微血管论就是微血管的构型，极而言之体内没有微血管构型完全相同的二种脏器，但为了便于研究，脏器微血管构型可以归纳为六类〔1〕（图1）

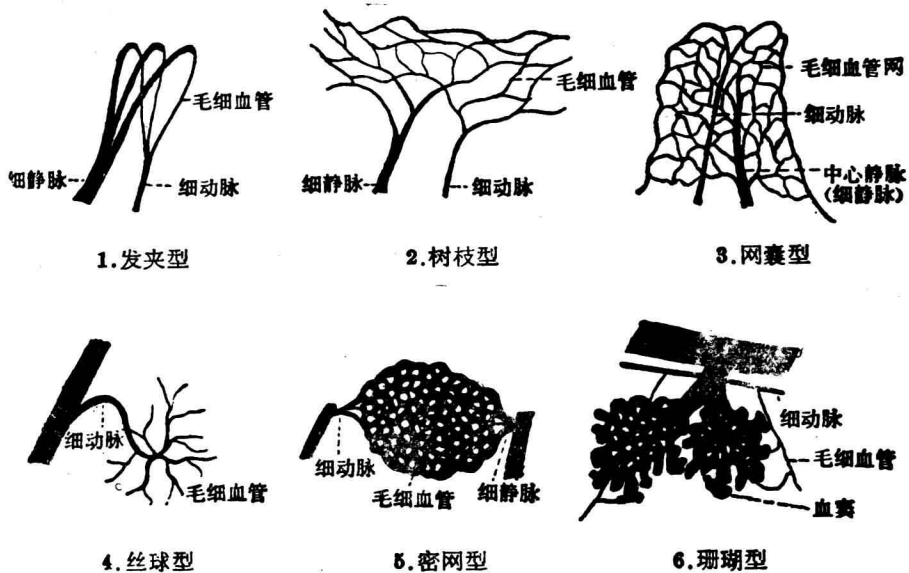


图1 微血管的构型

1、发夹型：由一个细动脉分出数个毛细血管，每个毛细血管在途中急剧回转，管径变粗，形成毛细血管的输出端，汇合注入细静脉。发夹型是最简单的微血管构型。皮肤（甲皱）、口唇粘膜、牙龈粘膜等体表，可见粘膜部位的微血管都是发夹型。这种构型除保证局部物质交换外，适于体温调节。

2、树枝型：微血管排列呈树枝状，管径较细，互相间距离较大。球结膜、肠系膜、肌肉、大脑、食道、膀胱粘膜的微血管都属树枝型。这种构型主要是保证局部的物质交换。

3、网囊型：毛细血管缠络呈密网状，管径较细，网眼较小，细动脉、细静脉居中，毛细血管网围绕周围，形成囊状。小肠粘膜绒毛、甲状腺滤泡的微血管是网囊型。这种构型的特点是，细动脉、细静脉所属的毛细血管表面积特大，适合吸收、分泌的功能。

4、丝球型：微血管排列如菜花状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。细动脉或其分枝多由一侧进入丝球体，微血管管径因脏器而粗细不等。肾小球、肾小体、淋巴结初级和次级小体以及胰腺的胰岛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：毛细血管管径粗，缠络紧密，形如密网。细动脉和细静脉分布于两侧。肺脏、肝脏的微血管是密网型。密网型微血管表面积特大，毛细血管缠络紧密，细动脉、细静脉分布于两侧，血液弥漫性流动。这种构型最适于大量气体和物质交换。

6、珊瑚型：集合毛细血管、细静脉部分膨大迂曲，互相缠络，毛细血管、细动脉、数量少，静脉系统的容积明显大于毛细血管、动脉系统的容积。骨髓的红髓、脾脏髓质微血管属于这种构型。珊瑚型微血管构型与贮血、造血及血细胞的破坏功能相适应。

六种构型远不能概括全身所有微血管的立体形态分布；同一构型内各脏器间差别很大；同一脏器不同部位，如小肠绒毛和肌层、皮肤乳头层和汗腺周围微血管构型完全不同。

一个脏器的微血管构型，只是在脏器分化成熟时才形成的。随脏器的功能状态，微血管构型状态也有相应的变化，如骨髓的血窦，淋巴结次级小体的微血管和脏器的其他组织同样发生变化。

从图1可以清楚看出不同微血管构型脏器的血管容量和实质细胞容量的比例是不同的。

二、血含量：

脏器血含量是指血管内血容量和出至血管外血液量之和。在没有出血的情况，脏器血含量就代表血管内血液量。我们利用 ^{51}Cr 体内红细胞标记的方法测定了小鼠13个脏器血含量（图2）。

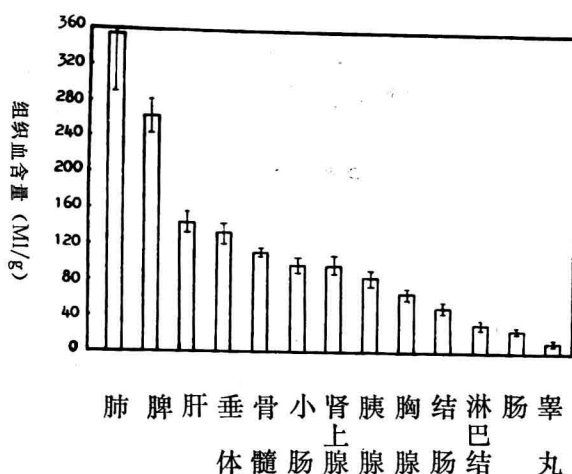


图2 正常小鼠脏器血含量

肺是气体交换的器官，脾过滤并储存血液，血管容量大。肝是体内最大代谢器官，垂体是重要中枢性内分泌器，骨髓是造血器官，它们血管内含量十分庞大。其次为小肠、肾上腺、胰腺、结肠血管内含量不大。这都和脏器的特殊功能相适应。淋巴结主要是淋巴的过滤器官，淋巴窦占去很大空间故其血管内容量较小。脑是中枢神经器官，睾丸是生成精子和男性激素的器官，其功能在维持个体生命和种属延续方面都十分重要，在器官中更多的空间要让给神经组织和上皮组织，血管内容量在13个器官中属于最小的一类。

第六节 微循环动态

血液和组织、细胞的物质交换，必需以血液不间断的流动为前提。血液能在血管内流动，除心脏的有节奏地搏动外，又需要血管的收缩和舒张。

一、紧张性:

由于微血管壁细胞(平滑肌细胞、外周细胞、内皮细胞)和纤维的作用,微血管对一定的内脏能保持一定的管径,这一现象称为紧张性。在病状时管壁丧失紧张性,陷于麻痹性舒张状态,此时易出现血流缓慢、血球血浆分离或血流停滞。

二、收缩和舒张:

细动脉、细静脉管壁平滑有肌,它们具有主动收缩和舒张的能力,这是比较一致的看法。毛细血管壁无平滑肌细胞,是否能主动收缩,认识尚不完全一致,最近关于内皮细胞的运动性已有多方面的证据,毛细血管的收缩能力已基本肯定。

三、运动性:

血管自发地出现周期的管径变化或流速变化,其周期与心跳呼吸无关,这种现象称做血管运动性。血管运动性细动脉最为明显,细静脉、毛细血管亦可出现,血管运动性是血管功能紧张状态的一种指标,血管紧张度极度低下或高度紧张收缩状态时,血管运动性减弱或消失。

四、血压:

在闭锁管道内压差是液体流动的基础,血管内血液是由压高处向压低处流动。微循环范畴内细动脉的收缩压一般是70 mmHg,舒张压是30 mmHg,分枝毛细血管血压一般约为30 mmHg,集合毛细血管压约为15 mmHg,细静脉血压约为13 mmHg。上述压差保证了微循环,即血液由细动脉向细静脉不间断地流动,凡是血流停滞都不是正常现象。

五、层流:

小动、静脉,细、动静脉近管壁处阻力较大血液流速较慢,血浆多沿管壁流动(缘流)。愈近血管中轴,阻力渐小,流速增大,血细胞多集中于轴附近流动(轴流),这种现象称为层流。正常微循环在细动脉、细静脉由于白细胞、红细胞都在轴流如同线状看不到白细胞贴壁和红细胞散乱聚集的现象。

六、流速:

微循环系统各部位的血液流速是不同的,由于测定方法不同各家的结果也不尽相同,做为参考数据则主动脉的流速是400—800 mm/秒,腔静脉是150—300/秒,细动脉为1.7 mm/秒,毛细血管为0.4 mm/秒,细静脉为0.9 mm/秒。血流速度的准确测量比较复杂,需要特殊仪器。根据我们的经验在活体观察时以半定量的将流速分为七种等级。

- 1、线流:血流快呈光滑的索条状,毫无颗粒感,形如塑料带。
- 2、线粒流:血流快呈光滑的条索状,稍有颗粒感,形如绸带。
- 3、粒线流:血流较快连续成线,有明显颗粒感,形如布带。
- 4、粒流:血流较慢如泥沙流,形如麻带。
- 5、粒缓流:血流呈泥沙,连续缓慢流动。
- 6、粒摆流:血流呈泥沙状,前后摆动仍能向前流动。
- 7、停滞:血流停滞不动。

小动脉、细动脉为线流,网状毛细血管多为粒流,集合毛细血管多为粒线流,细静脉多为线粒流或粒线流,需要指出脏器部位不同血流速度差别较大。

七、血流量:

利用 ^{51}Cr 标记的巨球蛋白测量上海种小鼠15个脏器的相对血流量(图3)。

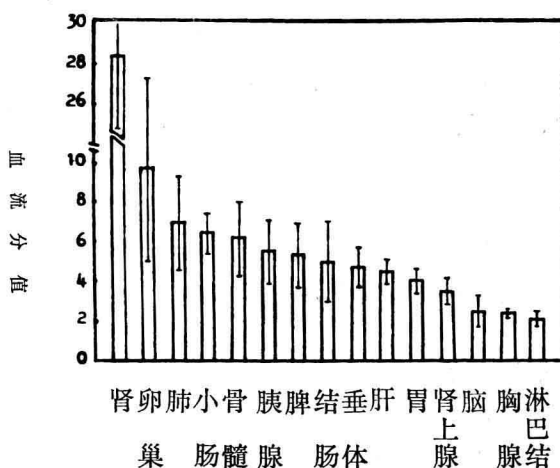


图3 正常大鼠器官血流分值

1、肾(单位重量)的血流分值最大,这与肾的过滤功能有关。

2、卵巢的血流分值较高,同时其变动较大,这与性成熟小鼠排卵有关。小肠、骨髓、胰腺、脾、结肠、垂体、胃、肾上腺的血流分值界于7—3之间,即每克组织的血流量属于中等水平。

3、肺支气管动脉系统和肝动脉系统的血流分值分别约为7、5也属于中等水平。但肺的主要供血是肺动脉系统,肝主要供血是门脉,故每单位重量肺、肝的全部血流分值要远远高于上述测量值。

4、脑、胸腺、淋巴结单位重量的血流分值在15个脏器中属于最低的一类,这三个脏器的毛细血管前即动脉系统的血管容量较小。

第七节 微血管的通透性

微血管通透性是通过微血管壁血液成份出到血管外的现象。它直接关系组织细胞和血液进行物质交换。讨论微血管通透性应该包括组织和血液之间屏障——即内皮细胞、基底膜、外周细胞及平滑肌细胞对物质的通透问题。基底膜、外周细胞、平滑肌细胞的功能已在前面讨论。这里主要从微细结构角度讨论内皮细胞通透性。

一、通过内皮细胞:

(一) 窗

内皮细胞胞体局部有直径约 $70\mu m$ 小孔,腔侧面有糖皮构成的薄膜被复封锁小孔如同小窗,只见于毛细血管故称有窗毛细血管。凡是小于窗的物质较易通过小窗,故这类毛细血管的透性较高。如肠粘膜内分泌腺(睾丸除外)、肾丝球体毛细血管。

(二) 泡饮:

血管内皮细胞在腔侧面,基底膜侧面以及侧面的细胞膜有小凹陷,直径 $70\mu m$,开口闭合,深入泡浆内,形成小泡,输至对侧和细胞膜融合开口放出小泡内物质。这是参予大分子、小分子物质大量运输的一种方式,已被用铁蛋白、脂蛋白颗粒等方法证实。

参 考 文 献

- 1、田 牛： 微循环 科学出版社 1980
- 2、Kaley, G, Altuva, B M Microcirculation
Llniversiy ParK Press, Baltimore 1980
- 3、东健彦： 微小循环 1979
- 4、Чернух, А М, АЛехсандроВ, П, А, АлексееВ, О, В
МНКРОЧРКУЙЫНЯ 1975
- 5、Zweitach, BW: Advances in microcirculation
VO19 P202
- 6、Todd, A, S: B: bl, Anat 12: 98, 1973
- 7、Birpwell, CR: Proc, Nat, Acad, Sci, USA, 75: 3273, 1978
- 8、Mason, J, C: Microvasc, Res, 13: 185, 1977
- 9、Chernukh, A, M: B: bl, Anat, 16: 377, 1977
- 10、Kefalides, N, A: Advances in microcirculation 9: 295, 1980
- (11) 梶川钦一郎：代 谢 19: 1259 1982