



医学整合课程系列教材

● 丛书主编 龚爱华 ●

# 循环系统

贾俊海 金 雯 主编

CIRCULATORY SYSTEM

 江苏大学出版社  
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

非  
外  
借



医学整合课程系列教材

● 丛书主编 龚爱华 ●

# 循环系统

主 审 陈永昌  
主 编 贾俊海 金 雯  
副主编 李永金 鞠小丽  
编 委 丁红群 车力龙 王 瑛 李月英  
李永金 陈永昌 吴卫疆 吴 燕  
金 雯 杨 鲲 贾俊海 桑建荣  
陶 燕 蒋 璐 鞠小丽

图书在版编目(CIP)数据

循环系统 / 贾俊海, 金雯主编. — 镇江 : 江苏大学出版社, 2018. 8  
ISBN 978-7-5684-0895-0

I. ①循… II. ①贾… ②金… III. ①心脏血管疾病—诊疗 IV. ①R54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 164112 号

循环系统

Xunhuan Xitong

---

主 编/贾俊海 金 雯

责任编辑/李菊萍

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/镇江文苑制版印刷有限责任公司

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/19.75

字 数/505 千字

版 次/2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-5684-0895-0

定 价/65.00 元

---

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话: 0511-84440882)

# 医学整合课程系列教材

## 编审委员会

主 任 许文荣

成 员 龚爱华 邵启祥 钱 晖

黄新祥 王胜军 张 徐

李月英 许 潇 周峥嵘

# 前 言

近年来，课程整合已经成为医学课程模式改革的主要方向，进行课程整合的目的是为了突出知识的整体性、培养和提高医学生综合应用医学知识解决临床问题的能力。以器官—系统为中心的整合课程改革是医学课程整合的主要模式，已经成为一种新的发展趋势。

《循环系统》是医学整合课程系列教材的其中一部。本教材分两篇共十章，特色在于依照“结构—功能—疾病—药物治疗”的认知规律重新组织教学内容，将心血管系统所涉及的人体解剖学、组织学、生理学、病理学、病理生理学、药理学和心血管内科概论基础等相关学科知识进行有机整合，剔除重复内容，并加入最新的心血管系统相关前沿进展，建立起相对独立又相互关联的功能模块。本教材的编写坚持“淡化学科，注重整合”的原则，不仅注重知识内容的整合，也遵循传统教材编写的“三基”“五性”“三特定”等特点，同时也特别注意与临床课程教材的衔接。《循环系统》每章都以临床常见心血管疾病或综合征为线索，就其所涉及的结构学基础、功能学基础、病理改变、疾病发生发展规律、药物治疗原理展开论述，形成了完整的以常见心血管系统疾病的形态、功能基础及药物治疗为主线的基础医学课程模块。

在教材的规划和编写过程中，陈永昌教授提出了许多宝贵意见和具体修改建议，在此表示由衷的感谢。同时也得到了江苏大学医学院领导和江苏大学出版社的大力支持，在此一并致以诚挚的谢意。

鉴于编者自身水平有限，教材中难免存在疏漏与不当之处，敬请广大读者提出宝贵意见，以便今后在修订中进一步完善。

贾俊海 金 雯

2018 年 7 月

# Contents .....

## 目 录

### 第一篇 循环系统总论

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第一章 概 述 .....            | 3  |
| 第一节 循环系统的组成 .....        | 3  |
| 第二节 循环系统的功能 .....        | 6  |
| 第三节 循环系统和其他系统的相互关系 ..... | 9  |
| 第四节 循环系统疾病概述 .....       | 13 |
| 第五节 循环系统疾病防治 .....       | 17 |

### 第二篇 循环系统疾病的形态、功能基础及药物治疗

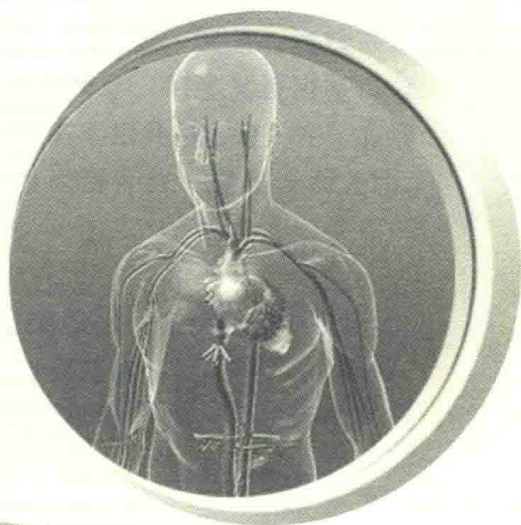
|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第二章 心功能不全 .....           | 27  |
| 第一节 心脏结构学 .....           | 27  |
| 第二节 心脏的泵血过程及心泵功能的评价 ..... | 38  |
| 第三节 心脏泵功能的调节 .....        | 45  |
| 第四节 心脏泵功能的储备 .....        | 50  |
| 第五节 心功能不全的病理生理基础 .....    | 51  |
| 第六节 抗慢性心功能不全药物 .....      | 71  |
| 第三章 心律失常 .....            | 84  |
| 第一节 心脏传导系统 .....          | 84  |
| 第二节 心肌的生物电现象和电生理特性 .....  | 86  |
| 第三节 心律失常发生的电生理机制 .....    | 108 |
| 第四节 抗心律失常药 .....          | 109 |
| 第五节 钙通道阻滞药 .....          | 116 |
| 第四章 心脏瓣膜病和心肌病的病理基础 .....  | 127 |
| 第一节 心音和心音图 .....          | 127 |
| 第二节 心脏瓣膜病的病理基础 .....      | 128 |



|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第三节 心肌病的病理基础·····                | 139 |
| 第五章 高血压·····                     | 146 |
| 第一节 动脉形态学基础·····                 | 146 |
| 第二节 动脉血压的形成·····                 | 154 |
| 第三节 动脉血压的调节·····                 | 162 |
| 第四节 高血压及其病理基础·····               | 176 |
| 第五节 抗高血压药·····                   | 191 |
| 第六章 静脉炎·····                     | 209 |
| 第一节 静脉形态学基础·····                 | 209 |
| 第二节 静脉血压和静脉回心血量·····             | 214 |
| 第三节 血栓性静脉炎·····                  | 218 |
| 第七章 心性水肿·····                    | 221 |
| 第一节 毛细血管形态学基础·····               | 221 |
| 第二节 微循环·····                     | 223 |
| 第三节 组织液的生成与回流·····               | 226 |
| 第四节 心性水肿·····                    | 228 |
| 第八章 休 克·····                     | 232 |
| 第一节 概述·····                      | 232 |
| 第二节 心源性休克·····                   | 248 |
| 第三节 其他类型休克·····                  | 255 |
| 第九章 动脉粥样硬化和冠状动脉粥样硬化性心脏病·····     | 259 |
| 第一节 冠脉循环·····                    | 259 |
| 第二节 动脉粥样硬化·····                  | 262 |
| 第三节 冠状动脉粥样硬化及冠状动脉性心脏病病理·····     | 273 |
| 第四节 抗动脉粥样硬化药·····                | 278 |
| 第五节 抗心绞痛药·····                   | 283 |
| 第十章 缺血-再灌注损伤 ·····               | 291 |
| 第一节 缺血-再灌注损伤发生的原因及条件 ·····       | 292 |
| 第二节 缺血-再灌注损伤的发生机制 ·····          | 292 |
| 第三节 心肌缺血-再灌注损伤的功能代谢与形态结构变化 ····· | 299 |
| 第四节 缺血-再灌注的适应性保护 ·····           | 301 |
| 第五节 缺血-再灌注损伤防治的病理生理基础 ·····      | 304 |

# 第一篇

## 循环系统总论





# 第一章

## 概述

### 第一节 循环系统的组成

循环系统 (circulatory system) 是一套连续的封闭管道系统, 分布于全身各处, 包括心血管系统 (cardiovascular system) 和淋巴系统 (lymphatic system) 两部分。心血管系统是一个完整的循环管道, 它以心脏为中心通过血管与全身各器官、组织相连, 血液在其中循环流动; 淋巴系统则是一个单向的回流管道, 它以毛细淋巴管盲端起源于组织细胞间隙, 吸收组织液形成淋巴液, 淋巴液在淋巴管内向心流动, 沿途经过若干淋巴结, 并获得淋巴细胞和浆细胞, 最后汇集成胸导管、右淋巴导管开口于左右静脉角。

#### 一、心血管系统组成

心血管系统是一个封闭的管道系统, 主要功能是进行血液循环。其由心脏、动脉、静脉及连于动、静脉之间的毛细血管组成。

##### 1. 血液

血液 (blood) 是存在于心血管系统的流体组织, 由血浆和悬浮于其中的血细胞组成。血浆是血液的液体成分, 血细胞是血液的有形成分, 血细胞可分为红细胞、白细胞和血小板三类。

##### 2. 心脏

心脏 (heart) 主要由心肌构成, 既是连接动、静脉的枢纽, 又是心血管系统的动力泵。心腔被房间隔和室间隔分为互不相通的左右两半, 每半又经房室口分为心房和心室, 故心脏有 4 个腔室: 左心房、左心室、右心房和右心室。左、右房室口和动脉口处均有瓣膜, 它们似泵的阀门, 可顺血流而开放, 逆血流而关闭, 以保证血液定向流动。

##### 3. 动脉

动脉 (artery) 是运送血液离心的血管, 动脉由心室发出, 在行程中不断分支, 愈分愈细, 最后移行为毛细血管。动脉内压力高, 血流速度快, 动脉管壁较厚, 富有弹性和收缩性等特点, 能够有效地调节器官和组织的血流量。在活体的某些部位还可扪及动脉随心跳而搏动。



#### 4. 静脉

静脉 (vein) 是引导血液回心的血管, 小静脉由毛细血管静脉段汇合而成, 在向心回流的过程中不断接受属支, 直径逐渐变大最后注入心房。与相应动脉比, 静脉管壁薄, 管腔大, 弹性小, 容血量较大。

#### 5. 毛细血管

毛细血管 (capillary) 是连接动、静脉的管道, 彼此吻合成网, 除软骨、角膜、晶状体、毛发、牙釉质和被覆上皮外, 遍布全身各处。血液由毛细血管动脉端经毛细血管网流至毛细血管静脉端。毛细血管数量多, 管壁薄, 通透性大, 管内血流缓慢, 是血液和组织液进行物质交换的场所。

### 二、淋巴系统组成

淋巴系统由淋巴管道、淋巴组织和淋巴器官组成 (图 1-1-1)。淋巴管道和淋巴结的淋巴窦内流动的无色透明液体称为淋巴 (lymph)。

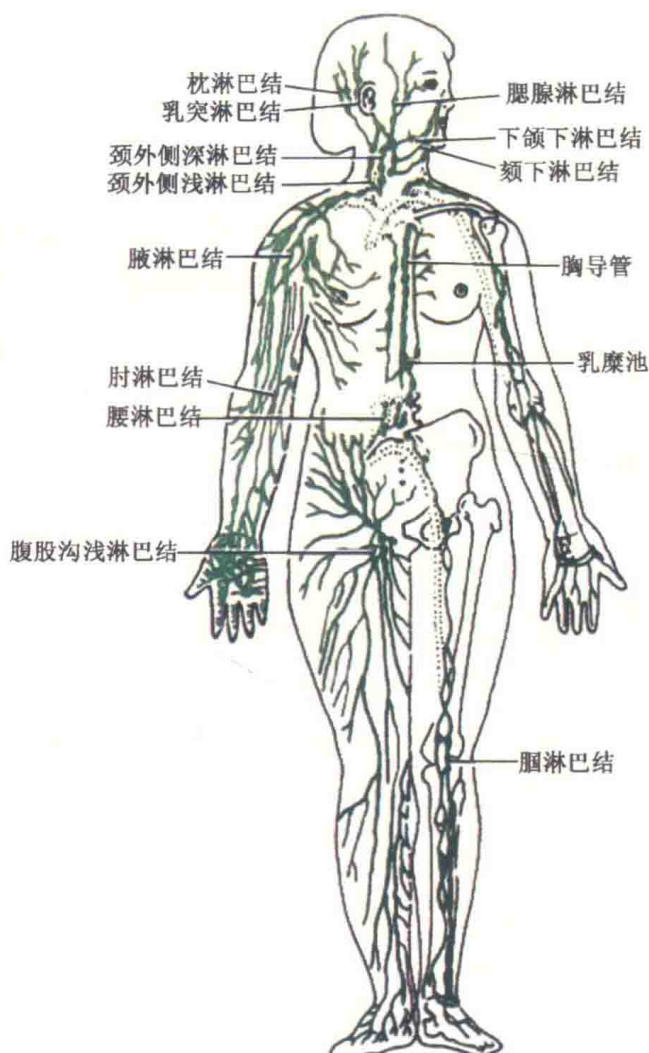


图 1-1-1 全身的淋巴管和淋巴结





第2腰椎之间,乳糜池接受左、右腰干和肠干淋巴的汇入。胸导管穿经膈肌的主动脉搏孔进入胸腔,再上行至颈根部,最终汇入左静脉角,沿途接受左支气管纵隔干、左颈干和左锁骨下干的汇入,即收集下半身及左上半身的淋巴。右淋巴导管为一短干,收集右支气管纵隔干、右颈干和右锁骨下干的淋巴注入右静脉角。两侧淋巴导管之间有交通。

## 2. 淋巴组织

淋巴组织是含有大量淋巴细胞的网状结缔组织,广泛分布于消化、呼吸、泌尿和生殖管道等处,可分为弥散性淋巴组织和淋巴小结,具有防御屏障的作用。

## 3. 淋巴器官

淋巴结、脾、胸腺、腭扁桃体、舌扁桃体和咽扁桃体等都属于淋巴器官。此处仅介绍淋巴结和脾。

主要的淋巴器官是淋巴结,淋巴结(lymph node)是灰红色的扁圆形或椭圆形小体,大多集中于颈部、肠系膜、腋及腹股沟等处,按其位置可分为浅表淋巴结和深部淋巴结。正常淋巴结多在0.2~0.5 cm,常成群聚集,多沿血管分布,位于身体屈侧活动较多的部位。胸、腹、盆腔的淋巴结多位于内脏门和大血管的周围。淋巴结的主要功能是滤过淋巴,产生淋巴细胞和浆细胞,参与机体的免疫反应。

脾(spleen)位于腹腔左季肋部,第9~11肋之间,其长轴与第10肋一致,正常情况下在肋弓下缘不能触及。活体脾为暗红色,质软而脆,易因暴力打击而破裂。脾的表面除脾门以外均被腹膜覆盖。脾是体内最大的淋巴器官,同时又是储血器官,并具有破坏衰老的红细胞、吞噬致病微生物和异物,产生白细胞和抗体的功能。

(杨 鲲)

## 第二节 循环系统的功能

### 一、血液循环的功能

心脏、血管组成了机体的心血管系统,血液在其中按一定方向流动,周而复始,称为血液循环(blood circulation)。根据循环途径的不同,可分为体循环和肺循环两种。体循环(systemic circulation),又称大循环,起始于左心室,左心室收缩将富含氧气和营养物质的动脉血泵入主动脉,经各级动脉分支到达全身各处组织的毛细血管,与组织细胞进行物质交换,即血中的氧气和营养物质为组织细胞所吸收,组织细胞的代谢产物和二氧化碳等进入血液,形成静脉血。静脉血经各级静脉,最后经上、下腔静脉及心冠状窦回至右心房。被称为小循环的肺循环(pulmonary circulation)则起于右心室,右心室收缩时,将大循环回流的血液(含代谢产物及二氧化碳的静脉血)泵入肺动脉,经肺动脉的各级分支到达肺泡周围的毛细血管网,通过毛细血管壁和肺泡壁与肺泡内的空气进行气体交换,即排出二氧化碳,摄入氧气,使血液变为富含氧气的动脉血,再经肺静脉回流于左心房

(图 1-2-1)。

体循环和肺循环同时进行，两个循环途径通过左、右房室口互相衔接。因此，两个循环虽路径不同，功能各异，但都是人体整个血液循环的组成部分。血液循环路径中任何一部分发生病变，如心瓣膜病、房间隔缺损、肺疾病等都会影响血液循环的正常进行。

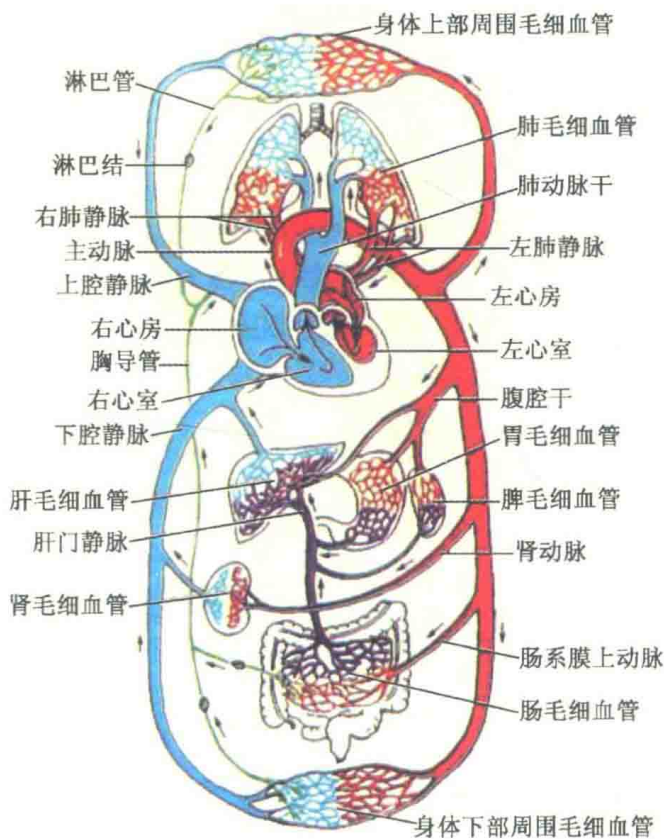


图 1-2-1 血液循环示意图

血液循环主要有以下功能：

- 1. 物质运输  
物质运输是循环系统的主要功能。血液在心血管组成的管道内按一定方向流动，周而复始，完成体内的物质运输，包括运输氧气、营养物质、激素、其他体液性因素和代谢产物。
- 2. 维持内环境稳态  
血液循环一方面可平衡不同器官的细胞外液（内环境）的多种理化指标（如 pH 值、离子浓度、渗透压、温度等）；另一方面也可通过运输对内环境有调节作用的生物活性物质，以及通过肾脏等排泄器官排出代谢废物，对内环境起调节作用。
- 3. 调节体温  
机体的产热组织，如肝脏、肌肉等（严格来说，机体的每一个活细胞都是一个产热单元）所产生的热量可通过血液循环被带到其他器官与组织，达到热量转



移和平衡的作用；同时，流动的血液也可将热量带到体表而散发；机体也可通过皮肤的血管收缩减少流经皮肤的血量及热量，从而起到减少散热、保存热量的作用（特别是在寒冷环境中）。

#### 4. 内分泌功能

心血管系统在功能上不仅维持血液循环，还是重要的内分泌器官。心脏和血管可分泌多种生物活性物质，如心脏分泌的心房钠尿肽、抗心律失常肽、心舒血管素、内源性洋地黄，以及血管分泌的内皮素、一氧化氮等。这些活性物质对全身多个脏器的功能有调节作用。

### 二、淋巴系统的功能

当血液通过毛细血管时，血液中的部分液体和一些物质透过毛细血管壁进入组织间隙，成为组织液。细胞从组织液中直接吸收所需要的物质，同时将代谢产物排入组织液内。组织液内这些物质的大部分通过毛细血管壁，再渗回血液；小部分则进入毛细淋巴管，成为淋巴。淋巴经淋巴管、淋巴结向心流动，最后通过胸导管、右淋巴导管注入静脉角而归入血液中，回流至心脏。因此，淋巴系统可以看作心血管系统的辅助部分。另外，淋巴器官和淋巴组织还具有过滤淋巴、产生淋巴细胞和进行免疫防御等功能。

#### 1. 淋巴的生成和回流

组织液进入淋巴管，即成为淋巴。因此，来自某一组织的淋巴的成分和该组织的组织液非常接近。在毛细淋巴管起始端，内皮细胞的边缘像瓦片般互相覆盖，形成向管腔内开启的单向活瓣。另外，当组织液积聚在组织间隙内时，组织中的胶原纤维和毛细淋巴管之间的胶原细丝可以将互相重叠的内皮细胞边缘拉开，使内皮细胞之间出现较大的缝隙，因此，组织液（包括其中的血浆蛋白质分子）可以自由地进入毛细淋巴管。

正常成人在安静状态下每小时有 120 mL 淋巴流入血液循环，其中约 100 mL 经由胸导管，20 mL 经由右淋巴导管进入血液。以此推算，每天生成的淋巴总量为 2 ~ 4 L，大致相当于全身血浆总量。组织液和毛细淋巴管内淋巴的压力差是组织液进入淋巴管的动力。组织液压力升高时，能加快淋巴的生成速度。

#### 2. 影响淋巴生成与回流的因素

毛细淋巴管汇合形成集合淋巴管。后者的管壁中有平滑肌，可以收缩。另外，淋巴管中有瓣膜，使淋巴不能倒流。淋巴管壁平滑肌的收缩活动和瓣膜共同构成“淋巴管泵”，能推动淋巴流动。淋巴管周围组织对淋巴管的压迫也能推动淋巴流动，如肌肉收缩、相邻动脉的搏动，以及外部物体对身体组织的压迫和按摩等。凡能增加淋巴生成的因素，也都能影响淋巴的回流量。淋巴管和淋巴结急慢性炎症、肉芽肿形成、丝虫虫体等均可引起淋巴系统阻塞，导致淋巴窦和淋巴管扩张，造成淋巴水肿（lymphedema）。

#### 3. 淋巴回流的作用

淋巴回流的生理功能，主要是将组织液中的蛋白质分子带回至血液，并且能清除组织液中不能被毛细血管重吸收的较大的分子及组织中的红细胞和细菌等。

小肠绒毛的毛细淋巴管对营养物质特别是脂肪的吸收起重要的作用。由肠道吸收的脂肪 80% ~ 90% 是经过这一途径被输送入血液的, 因此小肠的淋巴呈乳糜状。淋巴回流的速度虽较缓慢, 但一天中回流的淋巴相当于全身血浆总量, 故淋巴回流在组织液生成和重吸收的平衡中起着一定的作用。

(陶 燕)

### 第三节 循环系统和其他系统的相互关系

#### 一、循环系统和神经系统的关系

##### (一) 循环系统接受神经系统的调节

心血管活动受自主神经系统的紧张性活动控制。支配心脏的神经主要有心交感神经与心迷走神经, 其中心交感神经可使心率加快, 心肌收缩力增强, 传导速度加快, 心输出量增加; 而心迷走神经可导致心率减慢, 心肌收缩力减弱, 房室传导速度减慢, 心输出量减少。全身绝大多数血管受单一交感缩血管神经支配, 它平时就具有紧张性活动, 使血管平滑肌保持一定程度的收缩状态。神经系统对心血管活动的调节是通过各种心血管反射实现的。

##### (二) 脑循环是脑组织的血液循环

脑循环 (cerebral circulation) 是指流经脑组织的血液循环。脑的血液供应来自颈内动脉和椎动脉, 它们在颅底形成 willis 环, 然后各自发出分支营养脑组织。脑循环的主要功能是为脑组织提供氧和营养物质, 并排出代谢产物, 从而维持脑的内环境稳定。

##### 1. 脑循环的特点

脑组织的代谢水平高, 血流量较多。在安静情况下, 每百克脑组织的血流量为 50 ~ 60 mL/min。整个脑循环的血流量约为 750 mL/min。可见, 脑虽仅占体重的 2% 左右, 但血流量却占心输出量的 15% 左右。脑组织的耗氧量也较大。在安静情况下, 每百克脑每分钟耗氧 3 ~ 3.5 mL。或者说, 整个脑的耗氧量约占全身耗氧量的 20%。

脑位于颅腔内。颅腔是骨性的, 其容积是固定的。颅腔为脑、脑血管和脑脊液所充满, 三者容积的总和也是固定的。由于脑组织是不可压缩的, 故脑血管舒缩程度受到相当的限制, 血流量的变化范围明显小于其他器官。

在毛细血管血液和脑脊液之间存在限制某些物质自由扩散的屏障, 称为血-脑脊液屏障 (blood cerebrospinal fluid barrier)。这一屏障由无孔的毛细血管壁和脉络丛细胞中的特殊载体系统构成。在毛细血管血液和脑组织也存在类似的屏障, 称为血-脑屏障 (blood-brain barrier), 毛细血管内皮细胞、内皮下基膜和星形胶质细胞的血管周足等结构是构成血-脑屏障的基础。O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、乙醇和某些脂溶性麻醉药容易通过血-脑脊液屏障和血-脑屏障, 而不同的水溶性物质如葡萄糖、氨基酸及各种离子则需要毛细血管内皮细胞上特殊转运体的介导。

血-脑脊液屏障和血-脑屏障的存在, 对于保护脑组织周围稳定的化学环境和