# 第一章　人体心血管系统及脑血管的解剖及生理概要

心血管系统又称为血液循环系统。血液在心血管内按一定方向周而复始的流动过程，称为血液循环。顾名思义，心血管系统是由心脏和血管两大部分组成。心脏是推动血液流动的动力器官（血泵），而血管则是运输、分配血液及进行物质交换的管道和场所。心脏的节律性收缩与心瓣膜启闭的配合，保证血液单向流动，以完成血液的运输、防御、调节等生理功能。心血管活动在神经系统和体液因素的调节下，随机体代谢水平的变化而发生相应的改变，从而维持内环境的相对稳定，保证机体新陈代谢能正常进行。血液循环一旦停止，生命活动也就终止。因此，通常临床上把心跳停止作为临床死亡的一个重要指标。

## 第一节　心脏的解剖及生理

### 一、心脏的位置、外形及结构

1. 位置　心脏是中空性器官，是血液循环的动力器官。心脏位于胸腔的中纵隔内，约 2/3 位于正中线的左侧。心的前面大部分被肺和胸膜遮盖，只有小部分与胸骨下部和左侧第 2～5 肋软骨直接相邻。心的后方有食管及动脉，上方连有出入心的大血管。

2. 外形　心脏外形略呈倒置的圆锥形（图 1－1），可区分为底、尖和前、下两个面及左、右、下三个缘。心底朝向右上方，与出入心的大血管相连。心尖朝向左前下方。在左侧第 5 肋

间隙，左锁骨中线内侧 1～2 cm 处可触到心尖的搏动。前面（胸面）贴近胸骨体和肋软骨。下面（膈面）与膈相对。心脏表面紧贴一层心包膜（脏层），其外另有一层稍厚的心包膜（壁层），脏、壁两层构成密封的潜在腔隙，其中含有少量的浆液（心包液）起润滑作用，以利于心脏的跳动。

3. 结构　心腔被纵行的房间隔和室间隔分成 4 个空腔，即左、右心房和左、右心室。

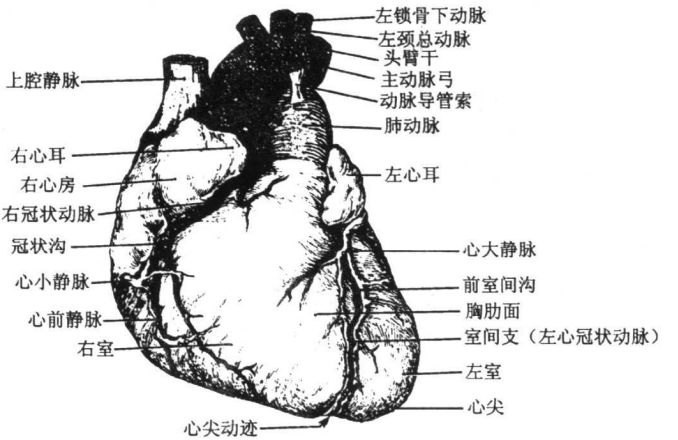



图 1－1　心的前面

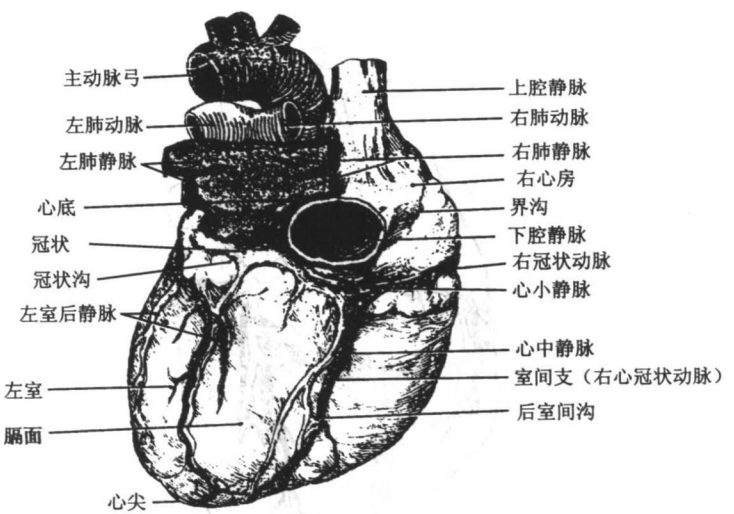
（1）右心房：构成心的右上部，壁薄腔大，其上壁有上腔静脉口，下壁有下腔静脉口。在下腔静脉口与右房室口之间有冠状窦口，是心脏本身的静脉血液流回心房的部位。右心房的出口为右房室口。在房室隔下部有一个浅窝称为卵圆窝，是胎儿卵圆孔闭锁的遗迹，先天性心脏病中的房室隔缺损多发生于此处。

（2）右心室：位于右心房的左前下方。其入口即右房室口，口的周缘附有 3 片瓣膜，称为右房室瓣（三尖瓣）。当右心室收缩时，右房室瓣受血液推顶而关闭房室口，可阻止右心室血液流回右心房。右心室的出口为肺动脉口，口的周缘附有 3 个半月形

瓣膜，称为肺动脉瓣。当心室舒张时，肺动脉瓣关闭，可阻止肺动脉内的血液返回右心室。

（3）左心房：位于右心房的左后方，其后部的两侧各有左、右两个肺静脉口，前下部有左房室口，通向左心室。

（4）左心室：位于右心室的左后方。其人口即左房室口，口的周缘附有 2 片瓣膜，称为左房室瓣（二尖瓣）。其作用是阻止主动脉内的血液逆流人左心室。左心室的出口为主动脉口，口的周缘附有 3 个半月形的瓣膜，称为主动脉瓣。当心室舒张时，主动脉瓣关闭，可阻止主动脉内的血液反流回左心室。主动脉瓣每片瓣膜相对的主动脉壁向外膨出，形成主动脉窦。在主动脉壁左、右侧。分别有左、右冠状动脉的开口（图 1－2）。




圈 1-2心的后面

## 二、心脏的血管

1. 动脉　营养心脏的血管为左、右冠状动脉，均起自主动

脉的起始部（主动脉瓣上方）。

（1）左冠状动脉：经左心耳与肺动脉干之间行向左前方，随即分为前室间支和旋支。前室间支沿前室间沟下行，分支分布于左、右室前壁的一部分和室间隔的前 2/3 部。旋支沿冠状沟至膈面，分支分布于左心房和左心室壁。

（2）右冠状动脉：经右心耳与肺动脉干之间入冠状沟，右行至膈面，下行于后室间沟内，改称后室间支。右冠状动脉沿途分支分布于左、右心室的下壁（膈面）和室间隔后 1/3 部以及右心房，此外还分支供应窦房结和房室结。

2. 静脉　主要有心大静脉、心中静脉和心小静脉，血液最后汇入位于冠状沟后部的冠状窦，再经冠状窦口流入右心房（图 1－3）.

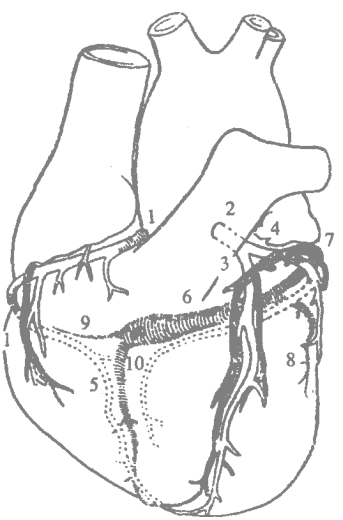



图 1－3　心脏的血管

1. 右冠状动脉　2. 左冠状动脉　3. 降支　4. 旋支　5. 后降支　6. 冠状窦　7. 心大静脉　8. 左室后静脉　9. 心小静脉　10. 心中静脉　11　心前静脉

## 三、心脏的传导系统

心脏的传导系统由一些特殊分化的心肌纤维构成，它们没有收缩性，但具有自动产生和传导兴奋的能力。心脏的传导系统包括窦房结、结间束、房室交界、房室束（希氏束）、左右束支和浦肯野纤维等部分（图 1－4）.

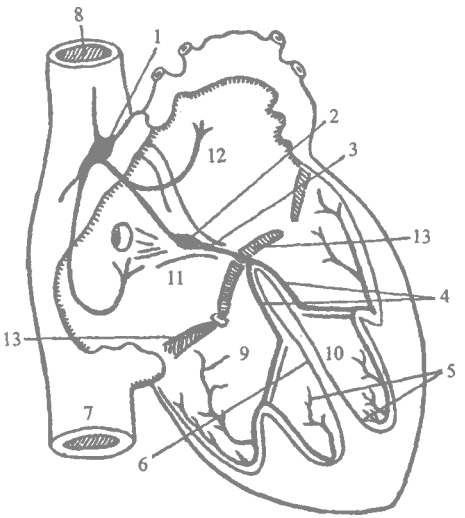



图 1－4　心的传导系统结构图

1. 窦房结　2. 房室结　3. 希氏束　4. 希氏束的两支　5. 浦肯野纤维网
6. 室中隔　7. 下腔静脉　8. 上腔静脉　9. 右心室　10. 左心室
11. 右心房　12. 左心房　13. 房室瓣

（1）窦房结：位于上腔静脉口前缘处的心外膜下。此结发出纤维分布于心房肌，并以结间束与房室结联络。它的中央有许多成群分布的能自动发生兴奋的细胞称为起搏细胞，是正常心跳的发源地。

（2）房室交界：位于房间隔下部右侧的心内膜下，是兴奋由心

房传入心室的通道。自上而下可分为房结区、结区和结希区 3 个部分。

（3）房室束（希氏束）：起自房室交界，穿入室间隔膜部，在室间隔的肌性部上缘分为左、右束支，分别沿室间隔左、右侧心内膜深面下行，再分支形成浦肯野（Pukinje）纤维网，分布于乳头肌和室壁肌。

心脏的传导系统简示如图 1－5：

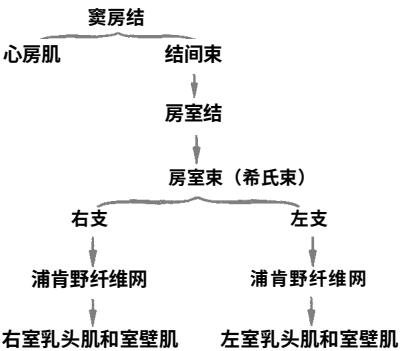



图 1－5　心的传导系统简示图

## 四、心脏的泵血功能

心脏在血液循环中起到动力器官（血泵）的重要作用，它是怎样完成泵血功能的呢？下面我们以一个心动周期来简要分析它的射血和充盈过程。

### （一）心动周期

心脏每收缩和舒张 1 次，称为一个心动周期。在心动周期中，心房和心室的活动总是按一定的顺序进行的。如果以正常成年人的心跳频率每分钟 60～100 次，平均 75 次/min 计算，则一个心动周期历时 0.8 秒；心房收缩 0.1 秒，舒张 0.7 秒；心室收缩 0.3 秒，舒张 0.5 秒。从图 1－6 不难看出，一是心房收缩在

先，心室收缩在后，有利于心室充盈；二是无论心房或心室，舒张的时间均长于收缩的时间，这表明心肌在每次收缩后都有足够的休息和自身的血液供应时间，使心脏能持久有序不停地跳动，直到生命的终止。

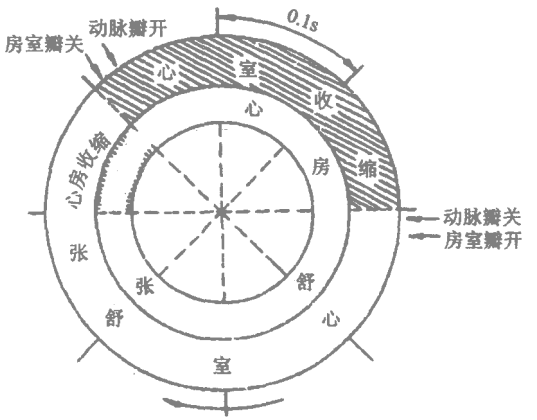



图 1－6　心动周期中心房、心室活动的顺序和时间关系

（二）心脏的射血和充盈过程

在每一个心动周期中，心脏要完成一次射血和充盈过程。血液是怎样由心室射入动脉，血液又是如何从静脉回流到心房的呢？在这两个过程中伴随着心房、心室的收缩与舒张，心房、心室和主动脉内压力的升高和降低，房室瓣、动脉瓣的开放与关闭，血液的射出与回流 4 个方面的变化。基本过程如下。

1. 射血过程

心室收缩→室内压增高至高于心房内压→房室瓣关闭→心室继续收缩→室内压增高至高于主（肺）动脉内压→动脉瓣开放→血液射出，进入主（肺）动脉。

2. 充盈过程

心室舒张→室内压降低至＜主（肺）动脉内压→半月瓣关

闭→心室继续舒张→室内压进一步降低至＜心房内压→房室瓣开放→血液流入心室。

在心室舒张期的最后 0.1 秒，心房开始收缩，进一步把心房内的血液挤入心室，心房收缩所致心室充盈量只占总充盈量的 25%～30%，其余靠心室舒张的抽吸作用。室内压力变化与相连的动脉、静脉之间产生压力差，成为推动血液流动的动力。瓣膜的规律性启闭控制血流的方向。而瓣膜的开放与关闭，取决于瓣膜两侧的压差。可见，心室充盈量的多少，主要取决于心室舒张期的长短和心室舒张的抽吸力量。

## 五、心脏的神经支配及其作用

心脏接受双重神经支配，即心交感神经和心迷走神经。

1. 心交感神经

心交感神经节前纤维起源于脊髓胸段第 1～5 节灰质侧角神经元，在星状神经节或颈交感神经节换元后发出节后纤维，组成心脏神经丛，支配窦房结、房室交界、房室束、心房肌和心室肌等。心交感神经节后纤维末梢释放的递质为去甲肾上腺素，与心肌细胞膜上的 $\beta_1$ 受体结合引起许多正性效应，可提高心肌细胞膜对 $Ca^{2+}$ 的通透性，促进 $Ca^{2+}$ 内流。对于自律细胞，去甲肾上腺素能加强其 4 期的内向电流，从而使自律性增大、传导性增强、兴奋性增高、收缩性加强，引起心率变快、心肌收缩力增强、心排血量增加等正性效应。

2. 心迷走神经

心迷走神经节前纤维起源于延髓的迷走背核和疑核，进入心脏后，在心内神经节更换神经元，节后纤维支配窦房结、心房肌、房室交界、房室束及其分支，心室肌也有少量迷走神经支配。右侧心迷走神经对窦房结的影响占优势；左侧心迷走神经对房室交界的作用占优势。

心迷走神经节后纤维末梢的递质是乙酰胆碱，它与心肌细胞膜上的 M 受体相结合，使心肌细胞膜对 $K^+$ 的通透性增加，促使 $K^+$ 的外流。乙酰胆碱除了抑制 $Ca^{2+}$ 通道、减少 $Ca^{2+}$ 的内流外，还可激活 NO 合成酶，使细胞内 cGMP 增多，进一步减少 $Ca^{2+}$ 的内流，从而对心脏产生多种负性效应，如自律性减低、传导性减慢、兴奋性降低、收缩性减弱，使心率变慢、心肌收缩力减弱、心排血量减少等。

## 第二节　血管的解剖及生理

血管系统是一个密闭的循环管道。血液由心脏通过动脉输送到全身各部位，与组织细胞进行物质交换，然后通过静脉又返回心脏，这就是我们常说的体循环。因此，血管系统的功能就是输送血液、分配血量和进行物质交换。由于各类血管在循环系统内所处的部位不同，其功能也各不相同，与功能相适应的组织结构也有很大的差异。一般把血管分为动脉血管、静脉血管和毛细血管 3 大类。

### 一、动脉

动脉是从心脏运送血液到全身各器官的血管。由左心室发出的主动脉及其各级分支运送动脉血液（体循环的动脉），而自右心室发出的肺动脉及其各级分支运送静脉血液（肺循环的动脉）。

#### 1. 主动脉和大动脉

由于它们的管壁厚，管壁内含有丰富的弹性纤维，扩张和收缩性均较好。当心室收缩射血时，管壁被动扩张，将一部分血液暂时储存。当心室舒张时，管壁因弹性回缩，将射血期暂时储存的血液向外周推出，使心舒期仍能有血液连续不断地流动，且维

持一定的舒张压。主动脉和大动脉的这种作用称为“弹性储器作用”。从主动脉和大动脉以后到各分支小动脉前的动脉，其功能是将血液输送到各组织器官，故称为分配血管。

2. 小动脉和微动脉

它们的口径细，分支多，血流速度快，其管壁含有丰富的平滑肌，在神经体液因素的调节下，可改变血管的口径。因此，小动脉和微动脉是产生外周阻力的主要血管，也是影响动脉血压和调节组织细胞供血的重要因素。

## 二、静脉

毛细血管与小静脉衔接，小静脉内的血液回流经中静脉、大静脉汇集于上、下腔静脉，最后回流入右心房。静脉血管与动脉血管相比，口径较大，管壁较薄易扩张且容量较大。循环系统中有60%～70%的血量容纳于静脉系统中，因此，称静脉为容量血管。微静脉因管径细，管壁也含有少量平滑肌，其舒缩也可改变毛细血管后阻力，故称其为毛细血管后阻力血管。

## 三、毛细血管

这类血管较多，口径较细，血流速度较慢，但总横截面积大。它们的管壁极薄，仅由一层内皮细胞和基膜构成，通透性极好，是血液和组织细胞之间进行物质交换最理想的场所，故称为交换血管。

## 四、血管的神经支配及其作用

除真毛细血管外，其余血管的管壁都含有平滑肌，小动脉和微动脉较多。大多数血管平滑肌受自主神经支配，它们的舒缩活动受神经调节。支配血管平滑肌的神经纤维可分为缩血管神经纤维和舒血管神经纤维两类，但以前者为主。

1. 交感缩血管神经

缩血管神经都是交感神经纤维，其节前神经元位于脊髓胸、腰段的中间外侧柱内，节后神经元位于椎旁和椎前神经节内，节后神经末梢释放的递质是去甲肾上腺素。血管平滑肌细胞有 $\alpha$ 和 $\mu_2$ 肾上腺素能受体。去甲肾上腺素与 $\alpha$ 受体结合，使小动脉收缩而提高外周阻力，小静脉收缩则增加回心血量；与 $\beta_2$ 受体结合，则导致血管舒张，增加局部血流量，但作用较弱，故去甲肾上腺素以缩血管作用为主。体内几乎所有的血管平滑肌都受交感缩血管神经支配，但不同部位的血管中缩血管纤维分布的密度不同。皮肤血管分布最密，骨骼肌和内脏次之，冠状血管和脑血管分布较少，血管的这种分布特点起到“移缓济急”的作用。

2. 交感和副交感舒血管神经

舒血管神经在人体内仅为小部分，包括交感和副交感舒血管神经。它们的末梢释放的递质都是乙酰胆碱，与血管平滑肌的 M 型胆碱能受体结合，使血管舒张。由于支配的是局部器官，因此，只扩张局部血管，增加局部血流量，对全身血压调节所起的作用不大。

## 第三节　脑血管的解剖

脑部的血液系由两条颈内动脉系统和两条椎动脉供给。前者的分支供应大脑半球的前 2/3 和间脑的前部，后者的分支主要供应脑干、小脑、间脑后部和大脑半球的后 1/3。两者供应范围大致以顶枕沟为界。临床上把脑的动脉分为颈内动脉系统及椎-基底动脉系统，此两系统供应大脑半球的分支可为皮质支和中央支。

（一）颈内动脉系统

颈内动脉起自颈总动脉，自颈部向上直至颅底经颈动脉管后

进入海绵窦，紧靠海绵窦的内侧壁，穿出海绵窦行至蝶骨的前床突内侧，其分支依次是眼动脉、后交通动脉、脉络膜前动脉、大脑前动脉和大脑中动脉，供应眼部及大脑半球前 3/5 部分（额叶、颞叶、顶叶及基底节等）。颈内动脉的海绵窦内段和前床突上段，临床上合称虹吸部，常呈 U 形或 V 形弯曲。一般年龄愈大，血管曲度愈小，是脑动脉硬化的好发部位之一。

（二）椎-基底动脉系统

椎-基底动脉系统是小脑、脑干及大脑半球枕部的血供来源。椎动脉起自锁骨下动脉，穿行第 6 至第 1 颈椎横突孔，经枕骨大孔入颅后窝，在脑桥延髓交界处左、右椎动脉汇合成一条基底动脉。后者继续沿脑桥腹侧面的基底沟上行，至脑桥上缘即分为左、右大脑后动脉。

（三）大脑动脉环

大脑动脉环：又称 Willis 环，由前交通动脉，两侧大脑前动脉起始段，两侧颈内动脉末端，两侧后交通动脉和两侧大脑后动脉起始段，在蝶鞍的上面环绕视交叉、灰结节及乳头体而形成的动脉环。此环使两侧颈内动脉系与椎-基底动脉系得以沟通。在正常情况下，来自两侧颈内动脉和椎动脉的血液各有供血区，互不相混以保持正常的平衡。

（四）脑的静脉系统

颅内静脉系统包括脑静脉及静脉窦。脑的静脉由浅、深两组静脉引流至静脉窦。

1. 大脑浅静脉　大脑皮质和皮质下髓质的毛细血管汇集成小静脉。小静脉在软膜内吻合成静脉网，并进而汇合成一些较大的大脑浅静脉。

2. 大脑深静脉　大脑深静脉主要引流脑室旁白质、基底节和其他中央各结构的血液。重要的大脑深静脉为大脑内静脉、基底静脉及大脑大静脉，最后回入直窦。

3. 静脉窦　颅内静脉窦是由硬脑膜的骨膜层与脑膜层间的空隙、四周围着内皮细胞而组成。脑部、脑膜及颅骨板障静脉的血液都汇集在各静脉窦。静脉窦内血液主要流入颈内静脉，但也有通过头皮导静脉和颈外静脉相通。

## 第四节　　血液循环概要

血液循环是指血液在密闭的心血管系统内按一定方向，周而复始的流动过程。它的主要功能是推动血液不停地流动，源源不断地把氧和营养物质运送到身体各组织器官，同时又把组织器官新陈代谢产生的废物运送到排泄器官排出体外，从而维持机体内环境的相对稳定，保证机体新陈代谢的正常进行。血液循环一旦发生障碍，重要生命器官（如心、脑、肾等）的新陈代谢活动将首先受到损害，出现功能紊乱，严重时可危及生命。人体血液循环的途径可分为体循环和肺循环两大部分。

一、体循环（大循环）

当心室收缩时，含氧及营养物质的动脉血由左心室输入主动脉，再经各级分支运送至全身的毛细血管。通过毛细血管完成与组织间的物质交换，将血液中的氧和营养物质释放给组织，同时，又将组织在新陈代谢过程中产生的二氧化碳及代谢产物回收入血液，形成暗红色的静脉血。静脉血由毛细血管的静脉端流入小静脉，经中静脉，最后汇成上、下腔静脉流回右心房，再流回右心室

、肺循环（小循环）

血液从右心室开始，经肺动脉入肺，再沿着各级动脉分支，流到肺泡毛细血管网，在此进行气体交换，机体呼出二氧化碳，

吸进新鲜氧气，形成动脉血液，然后经肺静脉返回左心房，再流入左心室。

### 三、冠脉循环

冠脉循环是指供给心脏本身的血液循环。

1. 冠脉循环的功能特点

冠脉循环途径短（详见心脏的血管），血流速度快，血液从冠脉入口处开始到右心房冠状窦口止，全程只需几秒钟；血流量大，在安静状态下，每 100 g 心肌血流量为 60～80 mL/min，占心排血量的 4%～5%，剧烈运动时，冠脉血流量可增大到每 100 g 心肌 300～400 mL/min；耗氧率高，安静状态时，每 100 g 心肌耗氧 7～9 mL/min，动脉血液流经心脏后，其中 65%～70% 的氧被摄取，比骨骼肌的耗氧率约大 1 倍，因此，剧烈运动时心肌可增加的氧气供应主要靠扩张冠脉增加血流量来解决。心肌的毛细血管网分布极为丰富，它和心肌纤维的比例为 1∶1。在心肌的横截面上有 2 500～3 000 根/$mm^2$ 毛细血管。因此，心肌和冠脉血液之间的物质交换可很快地进行。

2. 影响冠脉循环的因素

影响冠脉循环的因素包括主动脉血压、心率、冠状血管的口径。

（1）主动脉血压：冠状动脉起于主动脉根部，直接受主动脉血压（特别是舒张压）的影响。两者成正比关系。

（2）心率：心舒期的长短与冠脉供血有直接关系，在一定范围内，心率慢，心舒期长，舒张压高，则冠脉血流量多；反之，心率过快，心舒期太短或舒张压过低，均可引起冠脉流量减少。可见心舒期的长短和舒张压的高低是影响冠脉血流量的重要因素。

（3）冠状血管的口径：冠状小动脉口径的改变，对冠脉循

环的阻力和冠脉血流的影响很大。根据泊肃叶（Poiseuille）定律计算，冠脉血管口径的平均半径加倍时，则血流量可增加 16 倍，可见改变冠脉口径是调节冠脉血流量的主要方式。影响冠脉血流量的各种因素中，心肌本身的代谢水平也很重要。一般认为，心肌代谢产物，如腺苷、$H^+$、$CO_2$ 及乳酸增多时，冠脉舒张，冠脉血流量增加；反之，冠脉收缩，血流量减少。

## 四、脑循环

脑循环是指流经整个脑组织的血液循环。脑在整合和调节全身各种功能活动中起着主导性的重要作用。脑组织的代谢水平很高，而自身的能量储备却十分有限，及时由血液提供其代谢所需要的氧和能量物质极为重要。下面简要介绍脑的血管和脑循环的功能特点。

### 1. 脑的血管

脑的动脉来源有二：一为颈内动脉的分支；二为椎动脉的分支（图 1-7）。

（1）颈内动脉：主要供应大脑半球的前 2/3 和部分间脑，其主要分支有大脑前动脉、大脑中动脉和后交通动脉。

大脑前动脉起源于颈内动脉，进入大脑纵裂后，沿胼脉体上方向后行进，供应大脑半球内侧面和上外侧面上缘的大部分。

大脑中动脉起源于颈内动脉，沿大脑外侧沟向后上行，分布于大脑半球背外侧面。在脑底部，大脑中动脉始部发出数条垂直向上的小支称中央动脉，穿过脑实质，主要供应尾状核、豆状核和内囊等。中央动脉在高血压病或动脉硬化患者易发生破裂，形成“脑溢血”，压迫内囊，可出现对侧半身偏瘫和感觉障碍及两眼视野对侧半偏盲等，即“三偏”综合征。

后交通动脉向后与基底动脉的大脑后动脉吻合。

（2）椎动脉：起自锁骨下动脉，向上穿过 6 个颈椎横突孔，

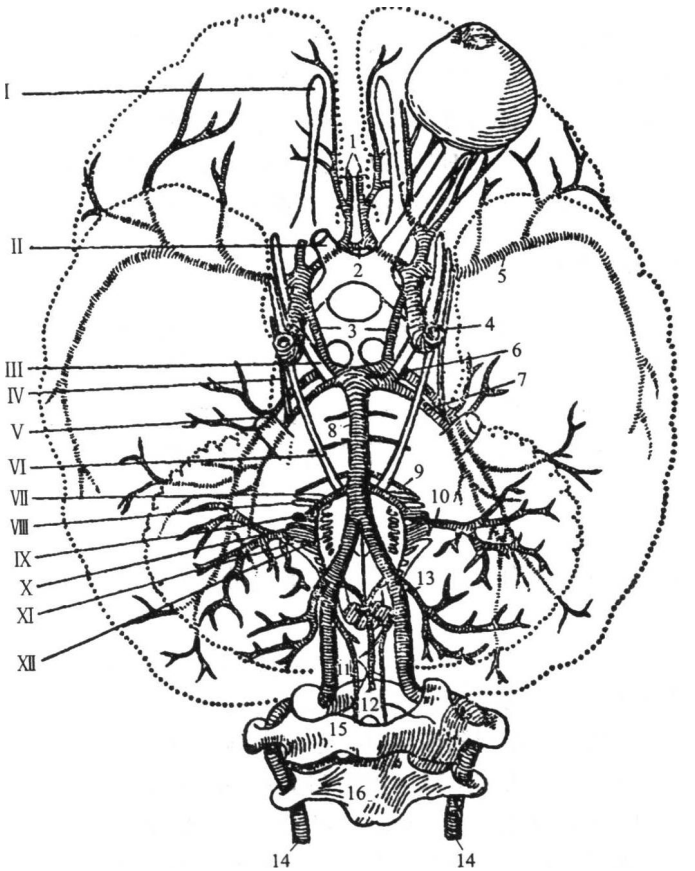



**图1－7　脑的血管**

1. 大脑前动脉　2. 前交通动脉　3. 后交通动脉　4. 颈内动脉
5. 大脑中动脉　6. 大脑后动脉　7. 小脑上动脉　8. 基底动脉
9. 迷路动脉　10. 小脑下前动脉　11. 脊髓后动脉　12. 脊髓前动脉
13. 小脑下后动脉　14. 椎动脉　15. 寰椎　16. 枢椎

罗马数字Ⅰ～Ⅶ表示 12 对脑神经

经枕骨大孔入颅腔，在脑桥下缘，左、右椎动脉合成一条基底动脉。基底动脉在脑桥上缘分为左、右两条大脑后动脉。大脑后动脉绕过大脑脚到大脑半球底面，分布于枕叶及颞叶下面。基底动脉的其余分支分布于脑干和小脑。

大脑后动脉、颈内动脉、大脑前动脉、前交通动脉和后交通动脉在脑底部互相吻合成环，称为大脑动脉环（Willis 环）。对保证脑的血液供应具有重要意义。

脑的静脉皆汇入硬脑膜静脉窦，最后汇入颈内静脉。

2. 脑循环的功能特点

（1）血流量大，耗氧量多：安静状态下，每 100 g 脑组织的血流量为 50～60 mL/min，全脑的血流量约为 750 mL/min，约占心输出量的 15%。脑的总耗氧量约为 50 mL/min，占全身总耗氧量的 20%。这充分说明脑组织代谢很高，耗氧量很多，因此，它对缺血、缺氧的耐受性很低，如果脑组织停止供血数秒钟，就会出现临床症状。

（2）血流量变化小：脑位于由骨构成的颅腔内，其容积固定不变。颅腔内充满了脑组织、脑脊液和脑血管。三者的容积总和与颅腔容积相等，也不可能改变。因此脑血管的舒缩程度受到相当大的限制，变动范围很小，血流量的变化自然就比其他器官小得多。由此可见，增加脑的血液供应主要靠提高脑循环的血流速度来实现。

（3）脑血管存在自身调节机制：按公式 $Q = P/R$，脑血流量的大小，主要取决于进出脑的动脉和静脉之间的压力差，以及脑部对血流的阻力。当平均动脉血压在 60～140 mmHg（8.0～18.6 kPa）的范围内变化时，脑血流量保持恒定。如平均动脉血压低于 60 mmHg，脑血流量显著减少，可引起脑功能障碍。如平均动脉压高于 140 mmHg，可因毛细血管内压过高而引起脑水肿。