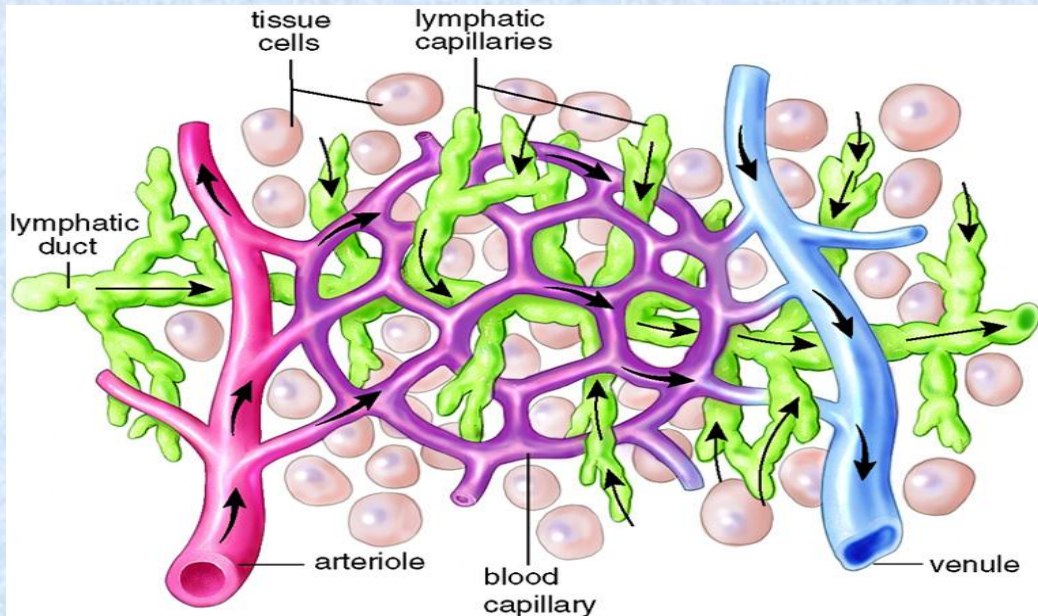
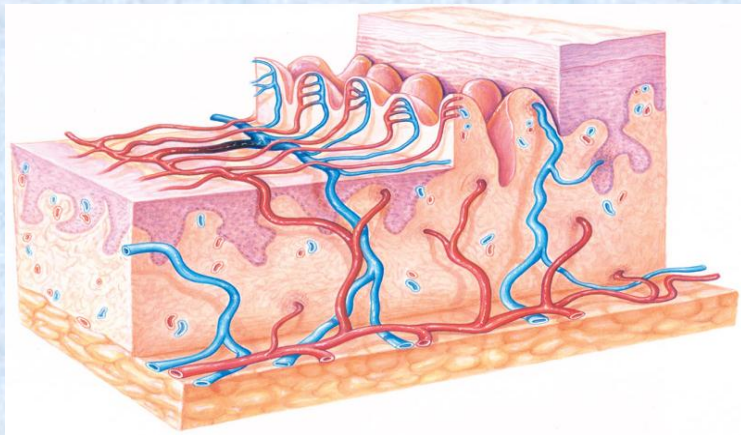


# 第五章

## 血液与血液循环

## \* 内环境及内环境稳态



**内环境**指细胞生存的直接液体环境，通常指**细胞外液**。所有细胞的存活依赖于不断的与内环境进行物质交换。人体的运输系统不断将内环境中的废物运走并排出体外，同时将营养物质和氧气运到内环境，由此保持着**内环境理化特性的相对稳定**，称为**内环境稳态**。

内环境稳态保持

外环境

感受装置

消化系统

呼吸系统

排泄系统

神经调节

体液调节

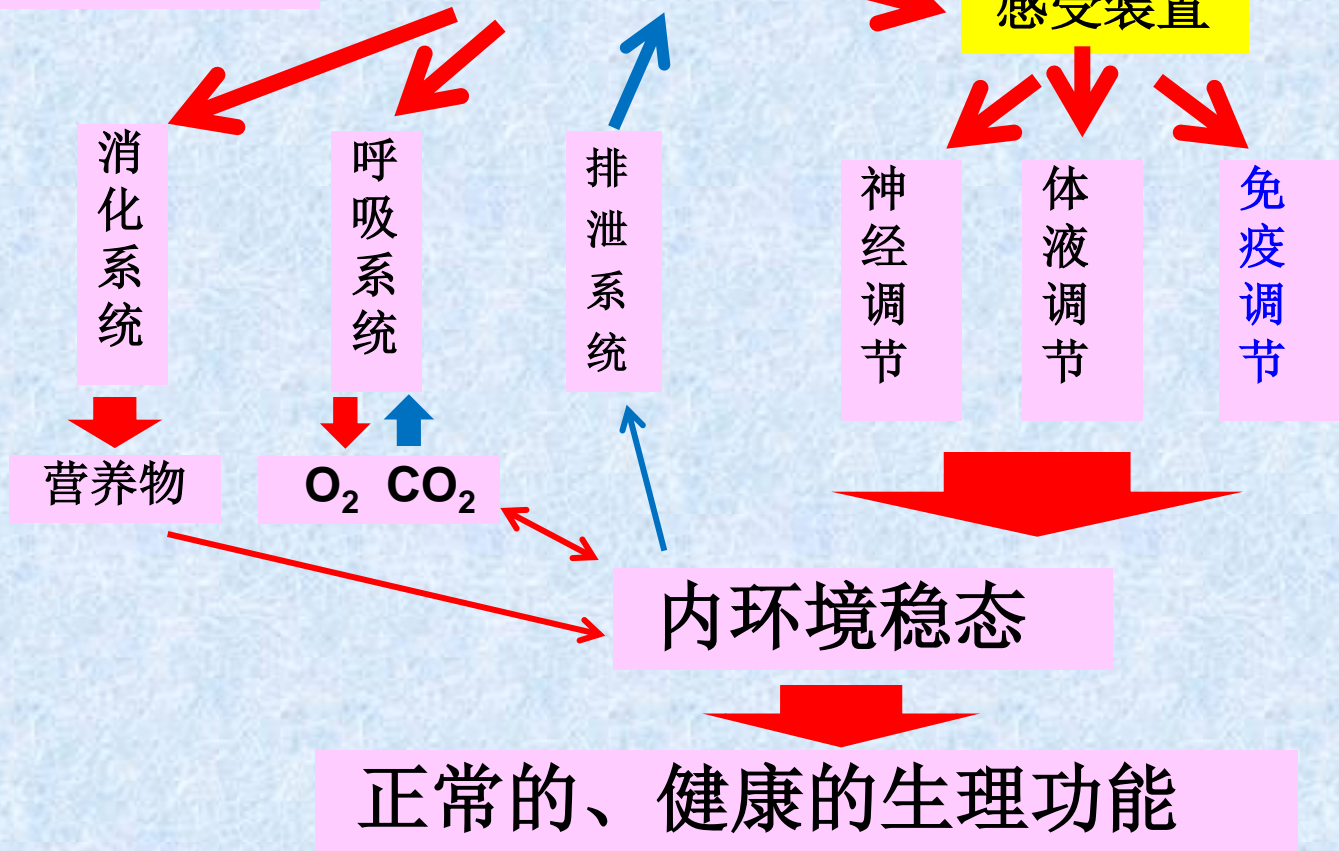
免疫调节

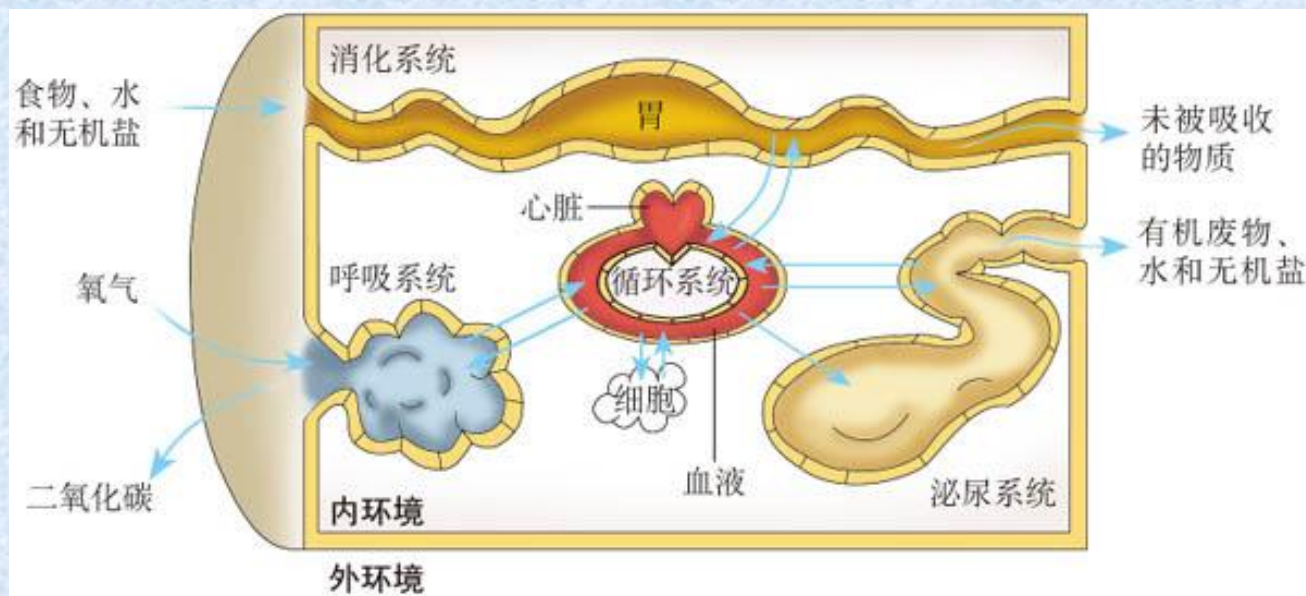
营养物

$O_2$   $CO_2$

内环境稳态

正常的、健康的生理功能





**维持内环境稳态的运输系统就是血液循环系统**

**第一节 血液**

**第二节 心血管结构**

**第三节 心肌生物电与心电图**

**第四节 心脏的泵血功能**

**第五节 血压、影响血压因素与微循环**

**第六节 心血管活动的调节**

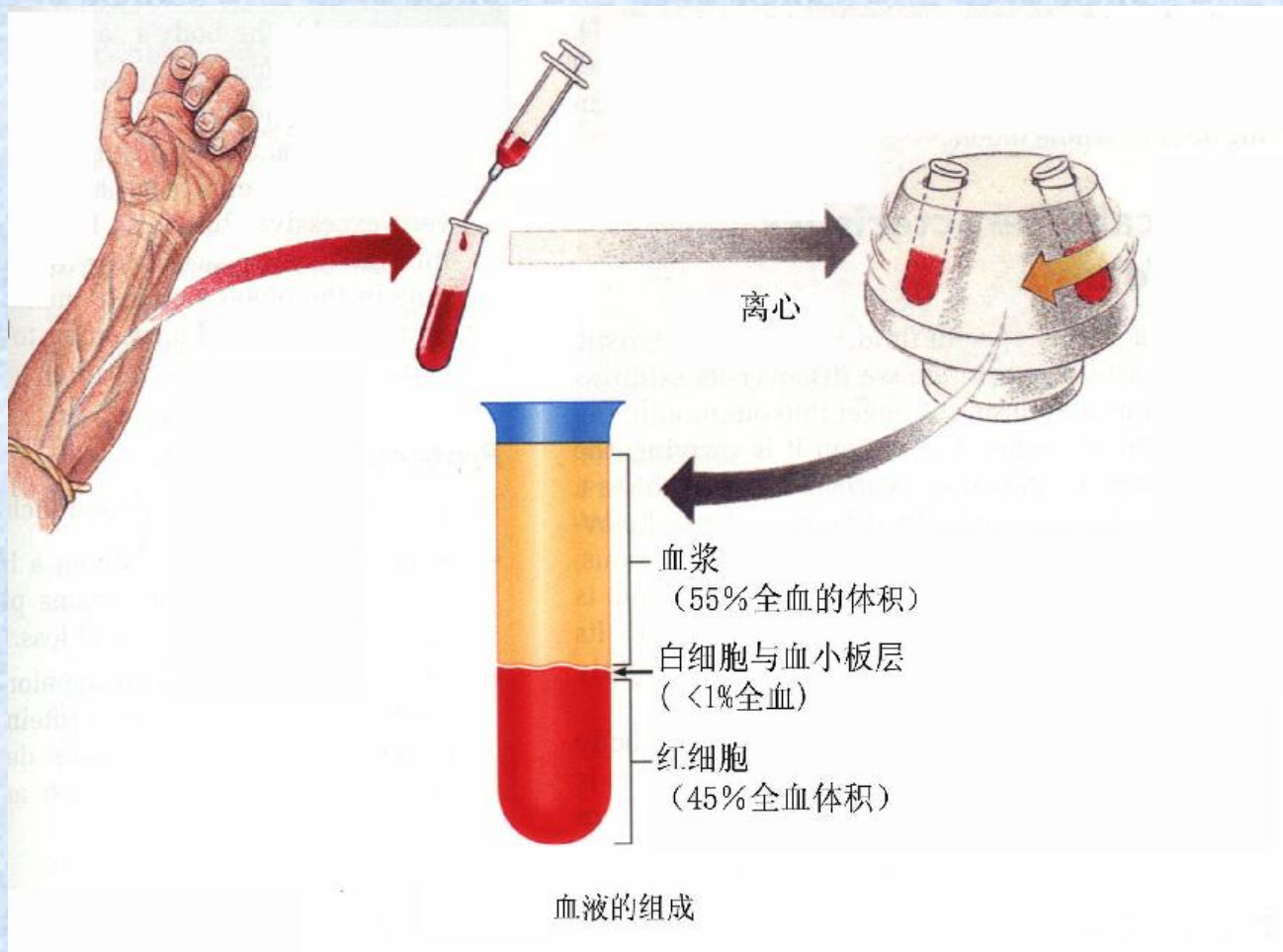
# 第一节 血液（概述）

## 一、血量

机体中血液的总量。是血浆量和血细胞量的总和。一个健康成年人的血量约占体重的**7%~8%**；男性的血量约为5.0~6.0L，女性约为4.5~5.5L。

## 二、血液的成分

血浆	55%
血细胞	45% (比容)



### 三、血液的理化特性

**1、血液的密度：**一般约在1.050~1.060之间。与所含血细胞的数量和血浆的成分有关。

**2、血液粘滞性：**是指液体流动阻力的大小。血液的粘滞性（blood viscosity）的高低主要取决于血液中血细胞的数量和血浆的成分。通常血液的粘滞性是水的3.5~5.5倍。



**3、血沉：** 将掺有一定抗凝剂的血液，静置于一根细长玻璃管中，观察一定时间内红细胞在血浆中的沉降距离，即为红细胞沉降率（erythrocytic sedimentation rate, ESR）。

健康男性 2~8mm/h,  
女性 2~10mm/h。



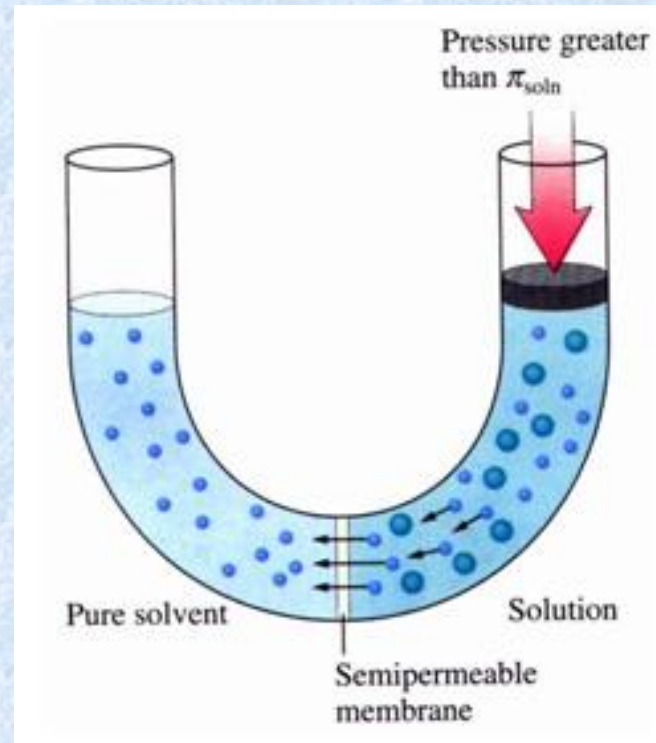
#### 四、血浆的成分和理化特性：

血浆是一种淡黄色的液体，由90%的水和100多种溶质所组成。

**1、 血浆蛋白质**—占7%~9%，主要包括**白蛋白**（albumin），**球蛋白**（globulin）和**纤维蛋白原**三大类。白蛋白由肝合成，约占血浆蛋白总量的60%~80%。

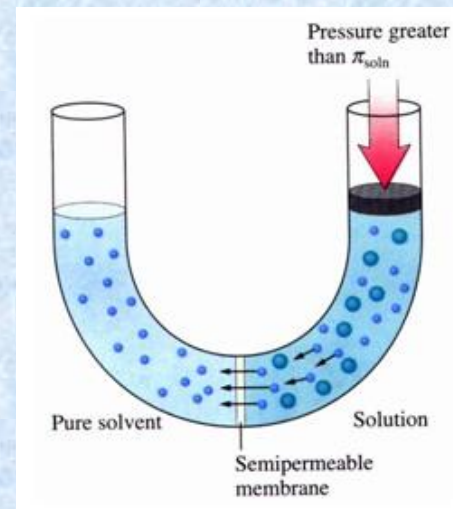
2、 **血浆渗透压**：（plasma osmotic pressure）约为7个大气压或**711kPa**（**5330mmHg**）。

血浆的渗透压主要由血浆中的晶体物质决定，称为血浆**晶体渗透压**；一小部分由血浆蛋白产生，称为血浆**胶体渗透压**，约25—30mmHg。白蛋白是形成血浆胶体渗透压的最主要物质。



血浆胶体渗透压虽然较小，但因胶体物质不能透过毛细血管壁，所以能直接影响血液和组织液之间的水的交换，对维持正常血液量具有重要作用。当血浆蛋白浓度降低、血浆胶体渗透压下降时，容易造成局部水肿。

与血浆渗透压一致的溶液称为等渗溶液，0.9%的NaCl，5%的葡萄糖溶液基本与人体血浆渗透压相等，是人及哺乳动物的等渗溶液，通常把0.9%的NaCl溶液称为生理盐水。高于或低于血浆渗透压的溶液称为高渗溶液或低渗溶液。



3、**血浆酸碱度**：正常人血浆的pH为7.35~7.45，略偏碱性。血浆pH低于7.35为酸中毒；高于7.45为碱中毒。

血浆酸碱度通常能保持相对稳定，这与血浆中存在大量的缓冲对有关。

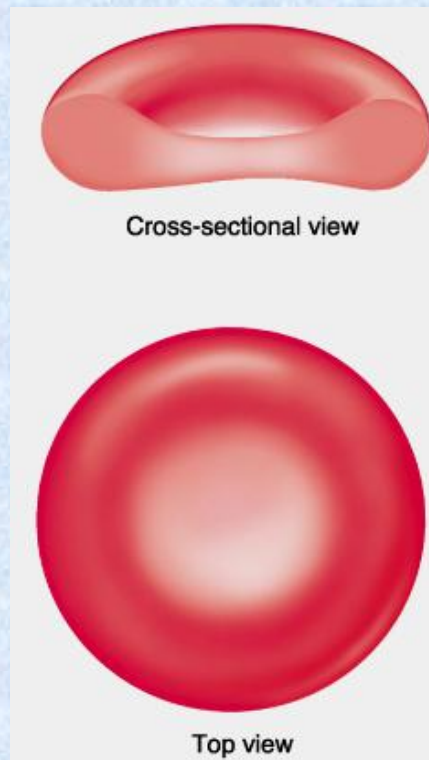
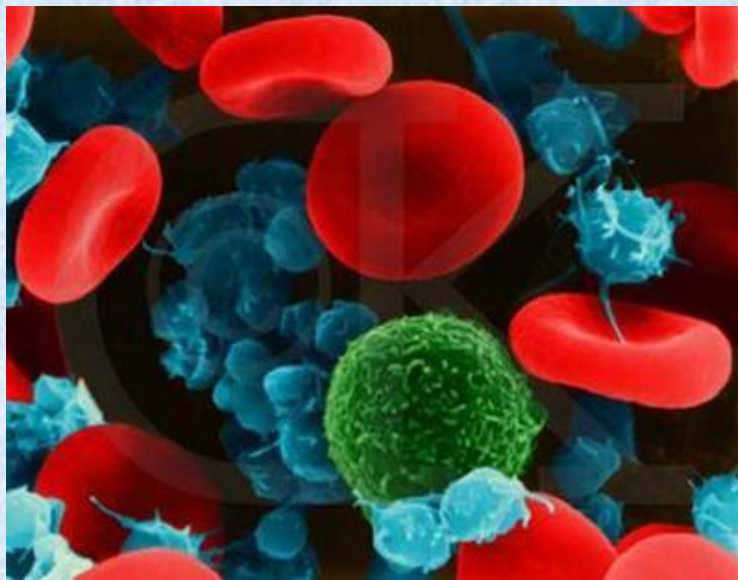
$\text{H}_2\text{CO}_3$ 和 $\text{NaHCO}_3$ 是血浆中最重要的缓冲对，血浆中 $\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$ 的比值为20:1。  
 $\text{NaHCO}_3 + \text{H}^+ = \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

血浆中还存在其他缓冲对，如**蛋白质钠盐/蛋白质**， $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ， $\text{K}_2\text{HPO}_4/\text{KH}_2\text{PO}_4$ ， $\text{KHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$ 等，

在红细胞内还有**血红蛋白钾盐/血红蛋白**，**氧合血红蛋白钾盐/氧合血红蛋白**等缓冲对。在这些缓冲对的作用下，血浆pH只能在很小的范围内变动。

## 五、红细胞

**红细胞的形态：**无细胞核，呈中央双凹的圆盘状，直径约为 $7-8\ \mu\text{m}$ 。这种形态能最大程度地增加表面积，提高与组织细胞间进行气体交换的能力。



**红细胞数量：**正常血液中红细胞数男性：450万～550万个/mm<sup>3</sup>。女性：380万～460万个/mm<sup>3</sup>，

**贫血：**男 $<4.5 \times 10^{-12}$ 个/L，女 $<4.0 \times 10^{-12}$ 个/L

**红细胞的功能：**主要功能是运输O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>。

**血红蛋白(Hb)白含量：**

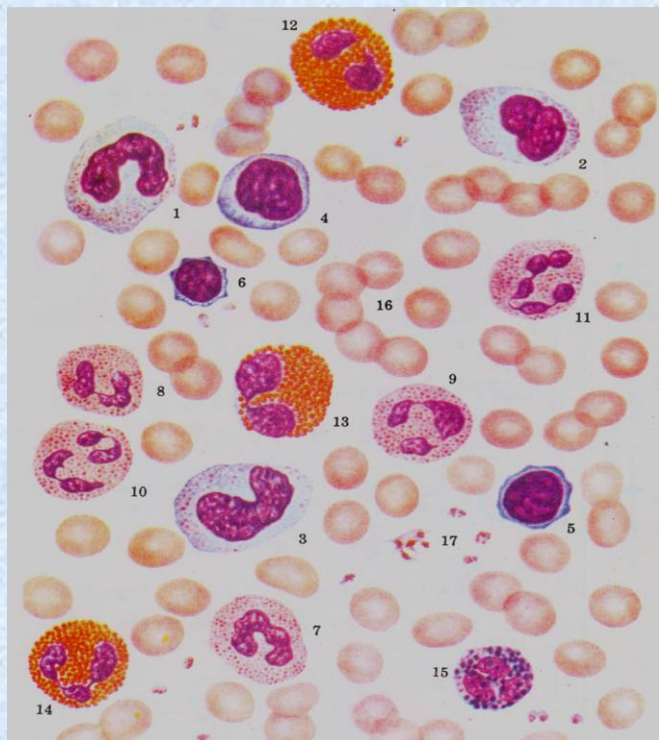
婴儿 140～200g/L







男性 120～150g/L

女性 110～140g/L

**贫血** 男性 $<120$ g/L， 女性 $<110$ g/L

# 六、白细胞



白细胞		Spherical, nucleated cells	4,800–10,800	D 发育时间 LS 寿命
嗜中性粒细胞		Nucleus multi-lobed; inconspicuous cytoplasmic granules; diameter 10–14 $\mu\text{m}$	3000–7000	D: 6–9 days LS: 6 hours to a few days
嗜酸性粒细胞		Nucleus bilobed; red cytoplasmic granules; diameter 10–14 $\mu\text{m}$	100–400	D: 6–9 days LS: 8–12 days
嗜碱性粒细胞		Nucleus lobed; large blue-purple cytoplasmic granules; diameter 10–12 $\mu\text{m}$	20–50	D: 3–7 days LS: ? (a few hours to a few days)
淋巴细胞		Nucleus spherical or indented; pale blue cytoplasm; diameter 5–17 $\mu\text{m}$	1500–3000	D: days to weeks LS: hours to years
单核细胞		Nucleus U- or kidney-shaped; gray-blue cytoplasm; diameter 14–24 $\mu\text{m}$	100–700	D: 2–3 days LS: months
血小板		Discoid cytoplasmic fragments containing granules; stain deep purple; diameter 2–4 $\mu\text{m}$	250,000–500,000	D: 4–5 days LS: 5–10 days

粒细胞约占白细胞总数的60%。

**(1) 中性粒细胞** 占白细胞总数的一半以上。在血中停留的时间为6~8h。在机体非特异性细胞免疫中起重要作用。可直接吞噬病原物参与防御反应。

**(2) 嗜酸性粒细胞** 占白细胞总数的1%~4%。最重要功能是对寄生虫的免疫反应。另一个主要作用是参与机体的过敏反应，限制嗜碱性粒细胞引起的过敏反应，减弱过敏反应的程度。

**(3) 嗜碱性粒细胞** 占白细胞总数的0.5%~1%，一般含有两个或两个以上呈“U”或“S”形的核，胞质中含有颗粒，其中含有肝素和组织胺。肝素具有抗凝血作用，组织胺具有舒张血管的作用。嗜碱性粒细胞释放的肝素、组织胺以及其它调节因子能增加局部血流，产生过敏反应。

**(4) 单核细胞** 体积最大，占白细胞总数的4%~8%。单核细胞和组织中的巨噬细胞组成了单核-巨噬细胞系统。能吞噬并消化病原微生物，激活淋巴细胞的特异性免疫应答；杀伤肿瘤细胞。

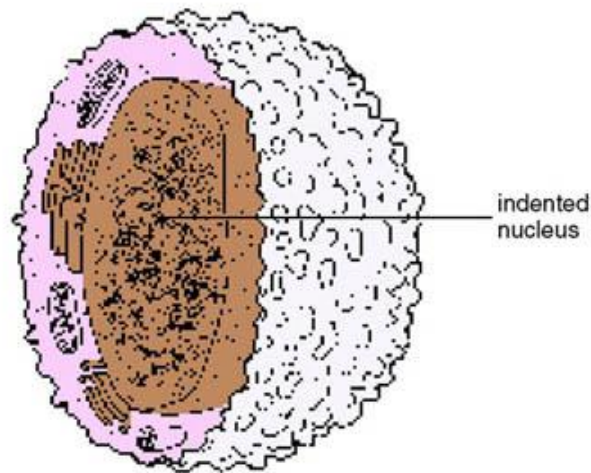
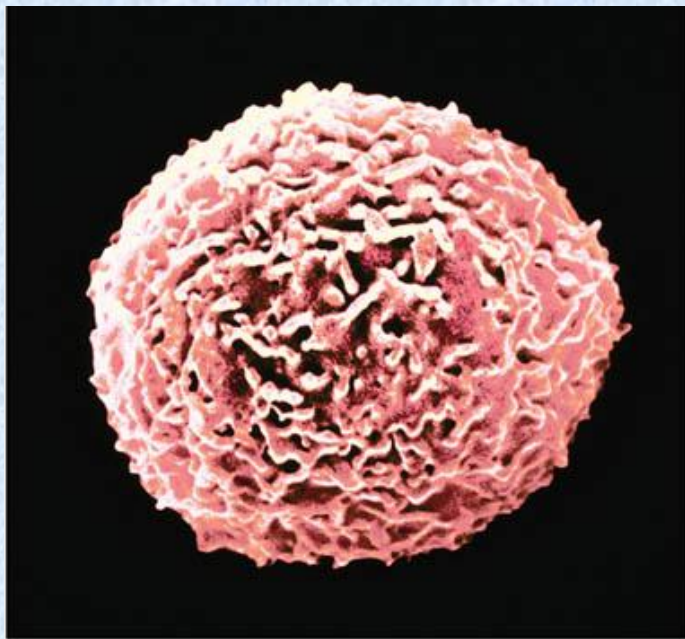


**(5) 淋巴细胞** 占白细胞总数的25%~33%，含有较少的细胞质和一个较大的细胞核。淋巴细胞在机体的免疫应答中起着重要作用。淋巴细胞可分为T细胞、B细胞、自然杀伤细胞和自然抑制细胞。

**T细胞** 占全部淋巴细胞的40%~60%，*T细胞能合成和释放一些细胞因子。细胞因子与靶细胞膜上的受体结合后*，具有破坏肿瘤细胞、限制病毒复制、激活巨噬细胞或中性粒细胞等多种作用。

**B细胞** 占淋巴细胞总数的20%~30%，当B细胞初次与某一抗原接触而被致敏后，一部分B细胞将分化为成熟的浆细胞，*浆细胞能分泌该抗原的特异性免疫球蛋白，即抗体*，释放入血液中；另一部分发展成为记忆B细胞。

**自然杀伤细胞** (natural killer cells, NK) NK约占淋巴细胞总数的1%~5%，能识别并攻击与正常细胞不同的任何膜表面发生变化的细胞，如肿瘤细胞或受到病毒攻击的细胞。NK与靶细胞膜相接触时，*释放一些细胞因子，在很短的时间内就能使靶细胞膜穿孔*，并最终将膜分解。



淋巴细胞

**(6) 血小板** 血小板是骨髓巨核细胞裂解后脱离下来的小块细胞碎片，形状不规则，无细胞核，直径约 $2\sim 4\ \mu\text{m}$ ，体积仅相当于红细胞的 $1/3\sim 1/4$ ，是血液中最小的有形成分。正常成人血小板的数量为 $15\text{万}\sim 45\text{万}/\text{mm}^3$ 。参与凝血过程。

# 血细胞生成过程

多能造血干细胞

成血系干细胞

红系祖细胞

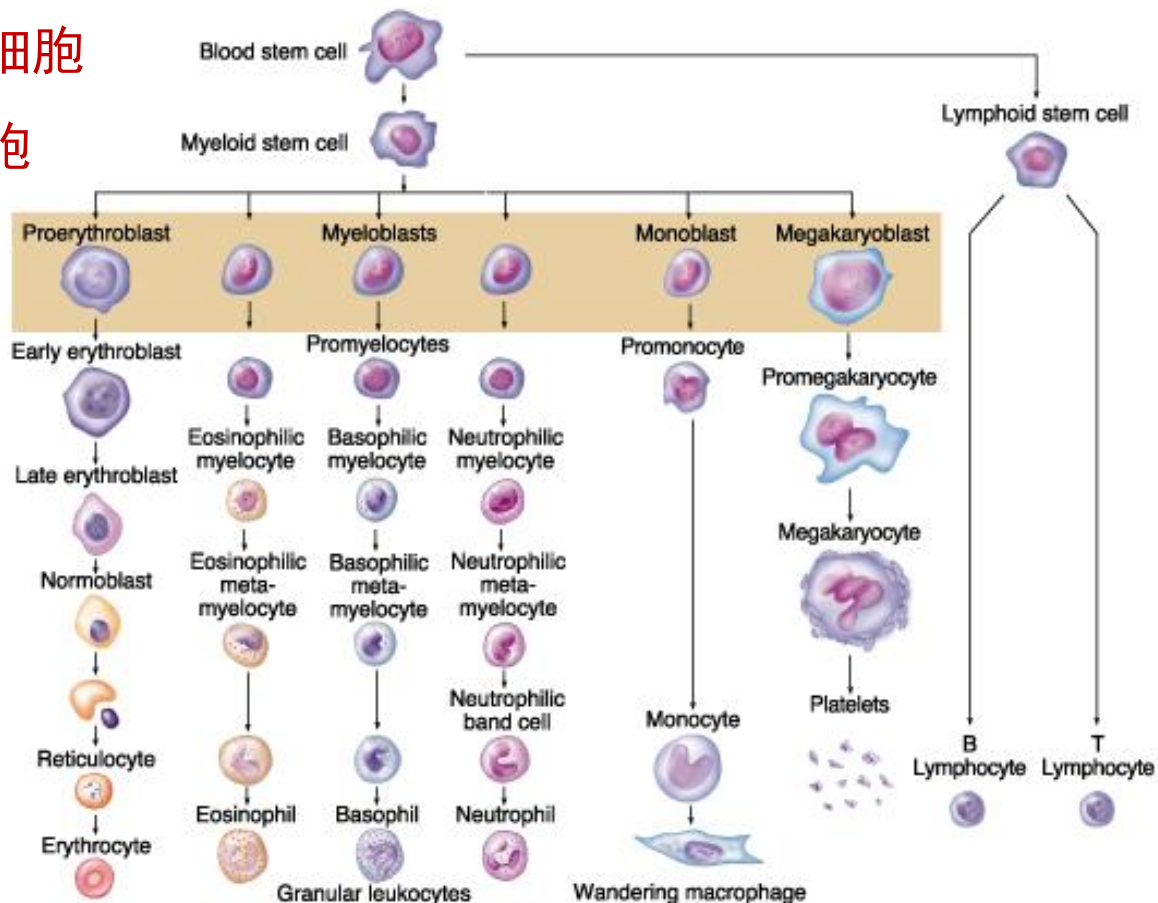
早幼红细胞

晚幼红细胞

幼红细胞

网织红细胞

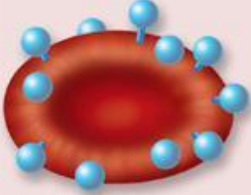
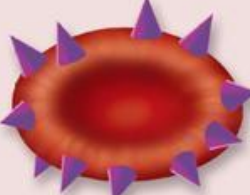
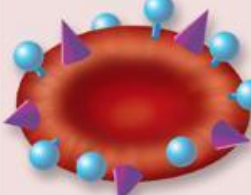
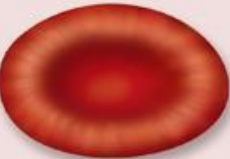



成熟红细胞



# 七、血型

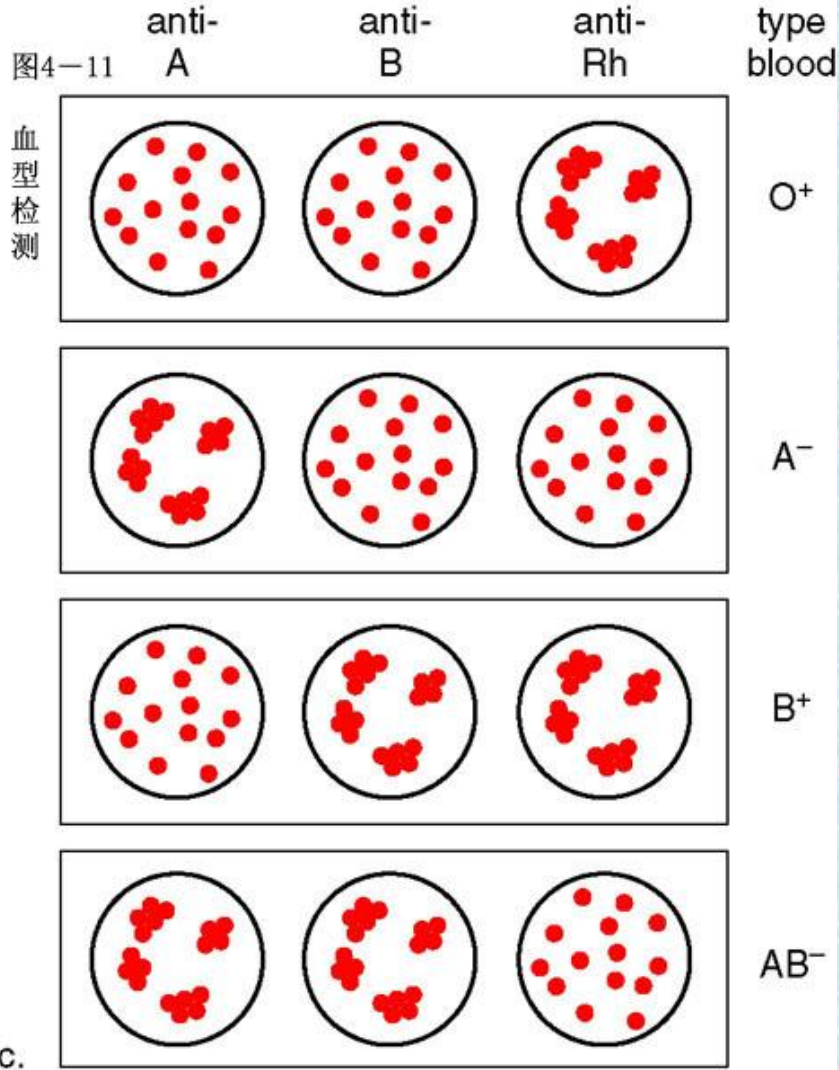
## 7.1 ABO血型

由红细胞膜上的不同抗原所决定，与人类输血时发生的溶血反应密切相关，具有重要的临床意义。ABO抗原也存在于牛、羊和一些猿类等其他动物体内。

ABO Blood Types				
细胞膜上抗原 Erythrocytes	Antigen A 	Antigen B 	Antigens A and B 	Neither antigen A nor B 
血清中抗体 Plasma	Anti-B antibodies 	Anti-A antibodies 	Neither anti-A nor anti-B antibodies	Both anti-A and anti-B antibodies 
血型 Blood type	<b>Type A</b> Erythrocytes with type A surface antigens and plasma with anti-B antibodies	<b>Type B</b> Erythrocytes with type B surface antigens and plasma with anti-A antibodies	<b>Type AB</b> Erythrocytes with both type A and type B surface antigens, and plasma with neither anti-A nor anti-B antibodies	<b>Type O</b> Erythrocytes with neither type A nor type B surface antigens, but plasma with both anti-A and anti-B antibodies

(a)

# ABO血型检测





**7.2 参考 有关Rh血型：**大部分人的红细胞膜上存在具有与恒河猴红细胞膜上相同抗原，称为Rh因子。根据红细胞膜上Rh因子建立的血型系统称为Rh血型系统。

目前发现至少存在8种不同类型的Rh因子，其中C、D和E因子是普遍存在的。在Rh因子中，D因子的抗原性最强，因此通常将红细胞膜上含有D抗原的，称为Rh阳性；反之为Rh阴性。白种人中约85%的为Rh阳性，15%为Rh阴性。99%汉族人为Rh阳性。

Rh血型系统与ABO血型系统不同，Rh阴性个体血浆中不存在天然的抗Rh因子的抗体。如果Rh阴性个体接受了Rh阳性个体的血液，输血后不久，在Rh阴性的血中就能发现抗Rh的抗体。对于Rh阴性受血者而言，第一次输入Rh阳性供血者的血时，一般不出现凝集反应，这是因为Rh阴性受血者的免疫系统需要一段时间才能产生抗Rh的抗体；如果第二次或多次输入Rh阳性血液，将会发生抗原—抗体反应，使输入的Rh红细胞凝集。

- Rh抗体主要是IgG，其分子小能透过胎盘

第一次怀孕(孕妇  
Rh阴性)

胎儿(Rh阳性)

分娩时

胎儿RBC

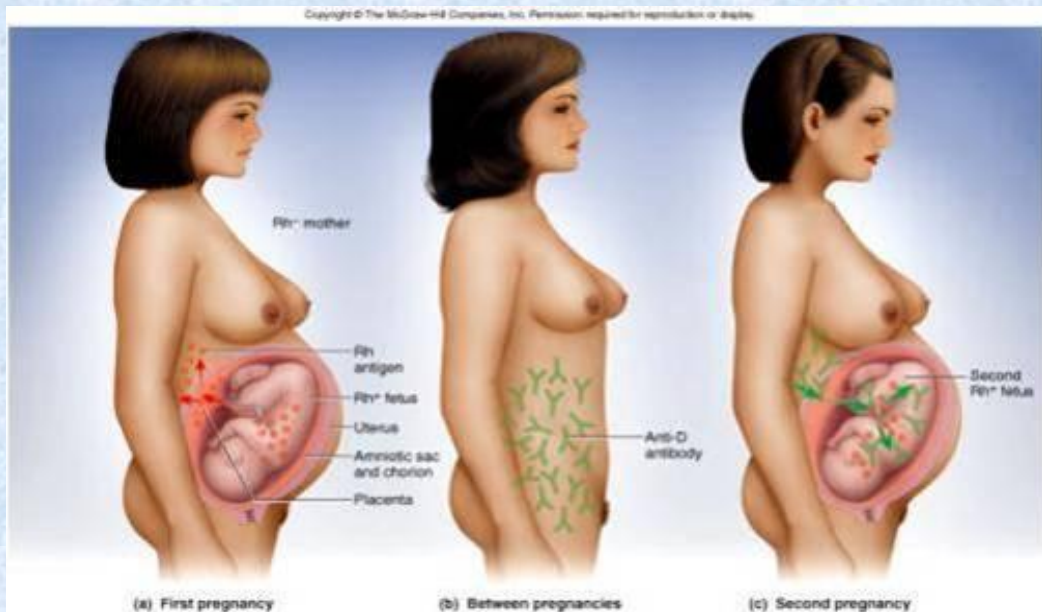
诱导母体产生  
抗D抗体

第二次怀孕

胎儿(Rh阳性)

胎儿红细胞凝集

(新生儿溶血)



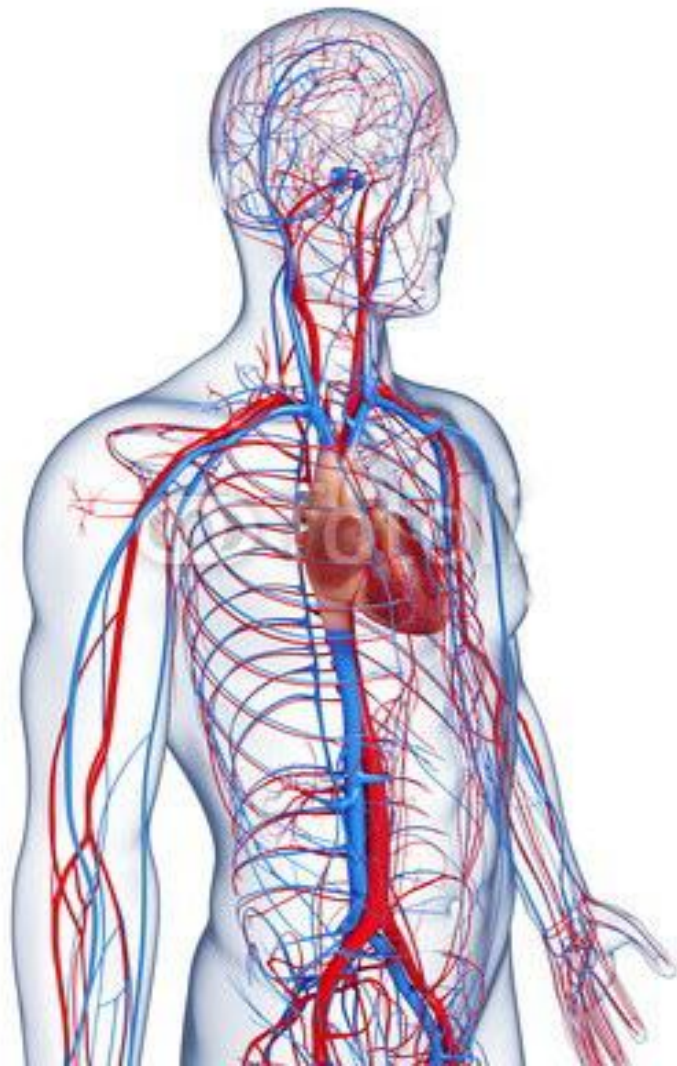


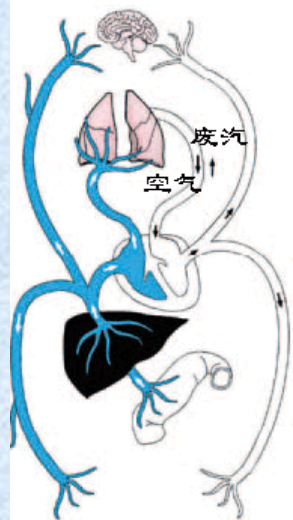


## 第二节 心血管结构

## 第二节

# 心血管结构

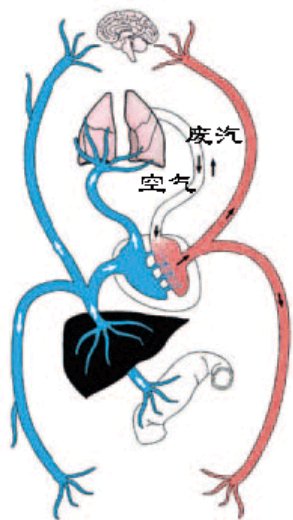




依拉色斯卓特斯

公元前3世纪

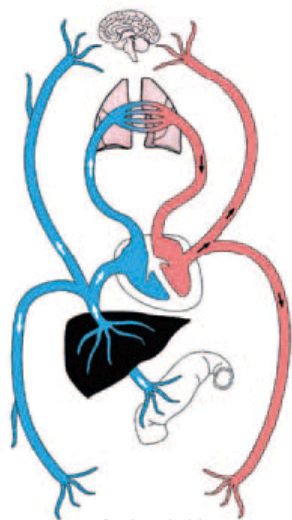
动脉中含气  
食物在肝中转化成血  
废气经动脉至肺排出  
动静脉各自独立



盖伦

2世纪

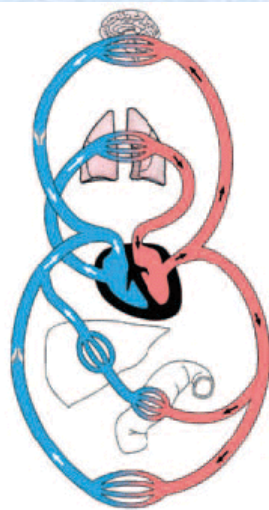
动脉含血带气  
食物肝中化血  
废气经动脉至肺排出  
心膈有孔透血



塞尔维特  
哥伦布

16世纪

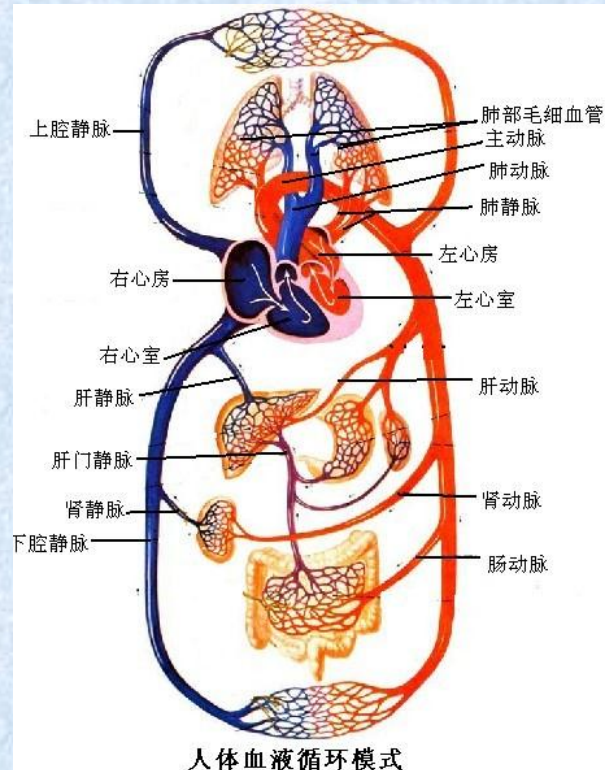
静脉血经肺转化  
食物肝中化血  
动脉血中无气  
心膈无孔



哈维

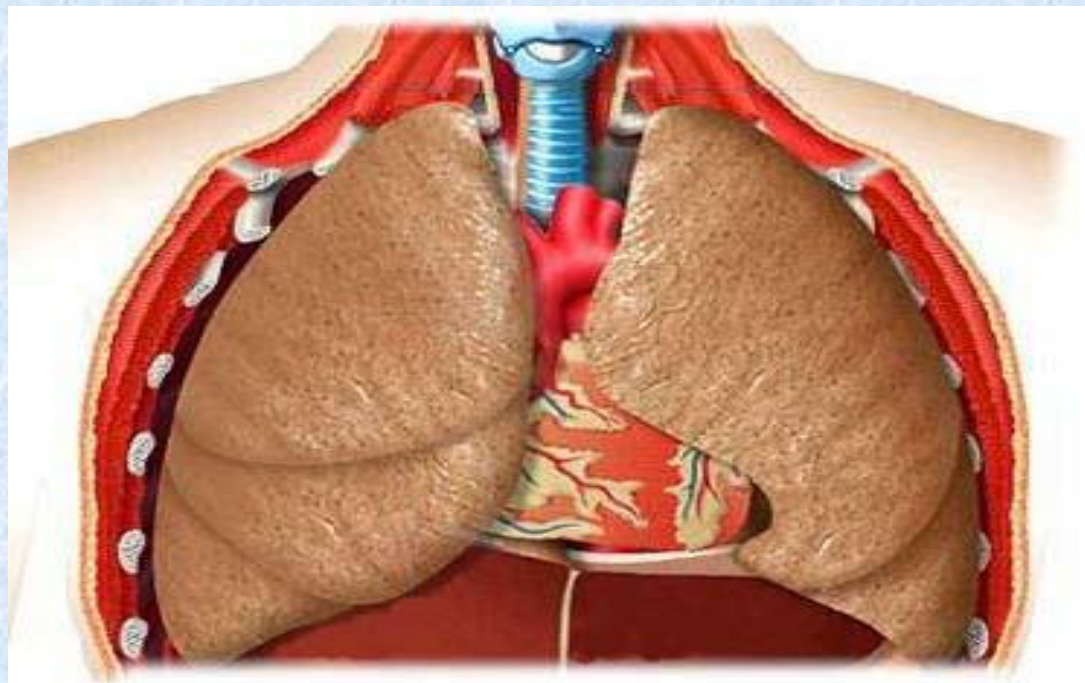
17世纪

血液循环流动  
肝不产血  
动静脉微孔相通  
静脉瓣定血流向

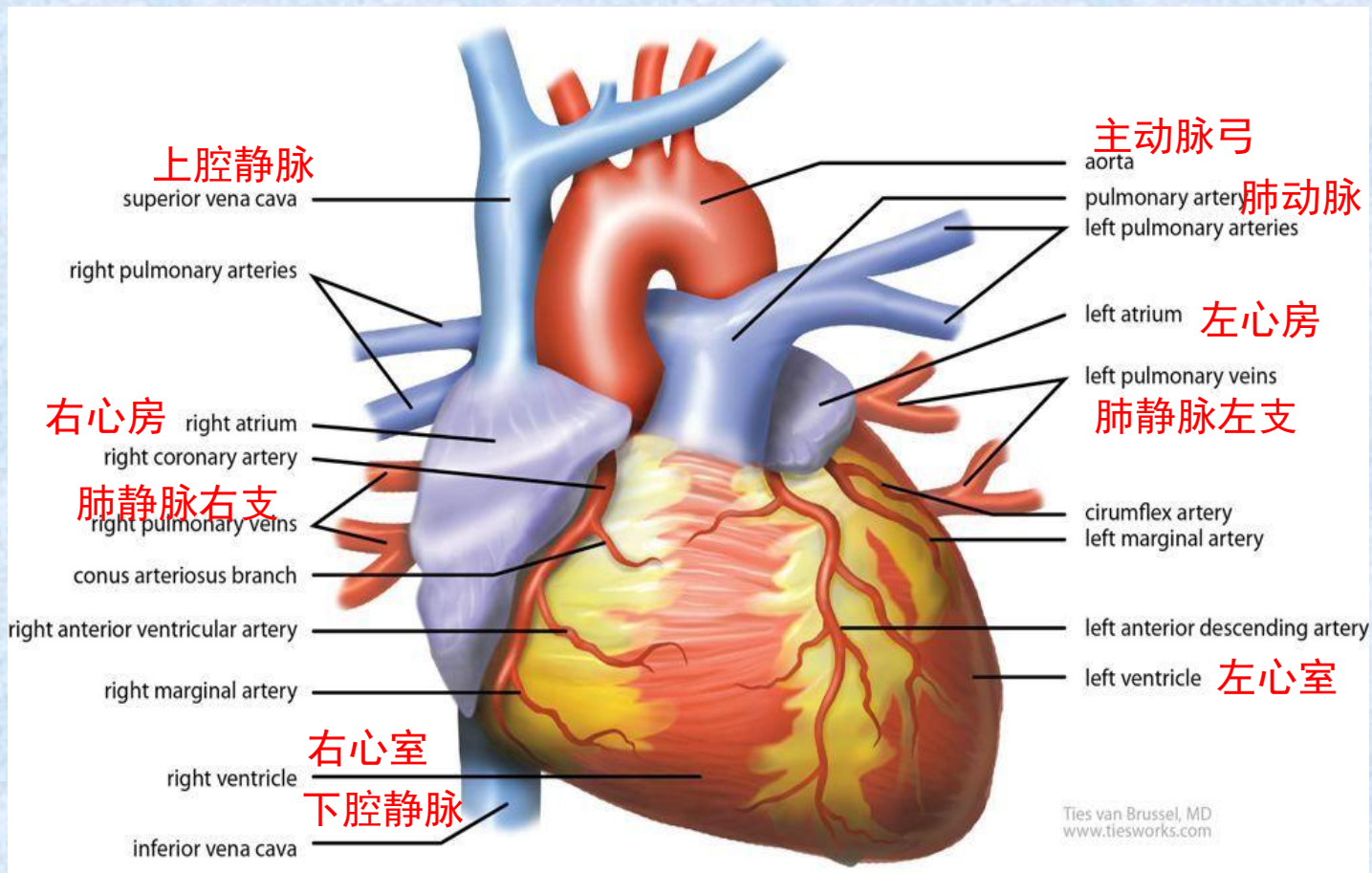


# 一、心脏结构与心肌

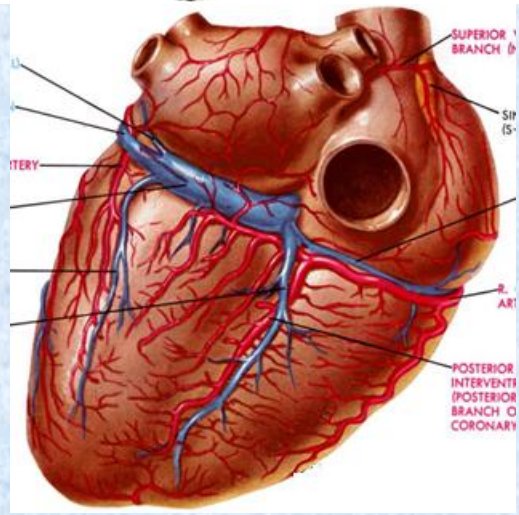
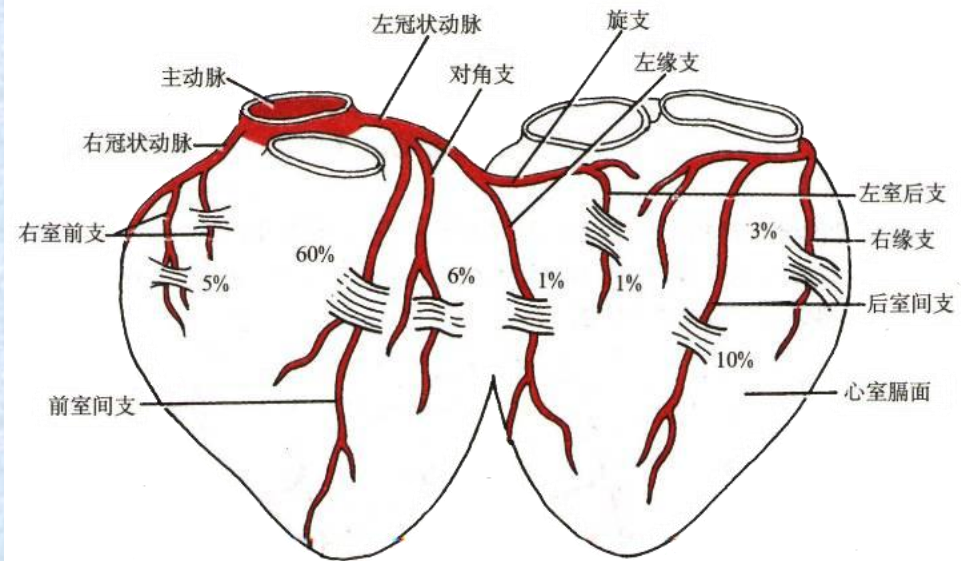
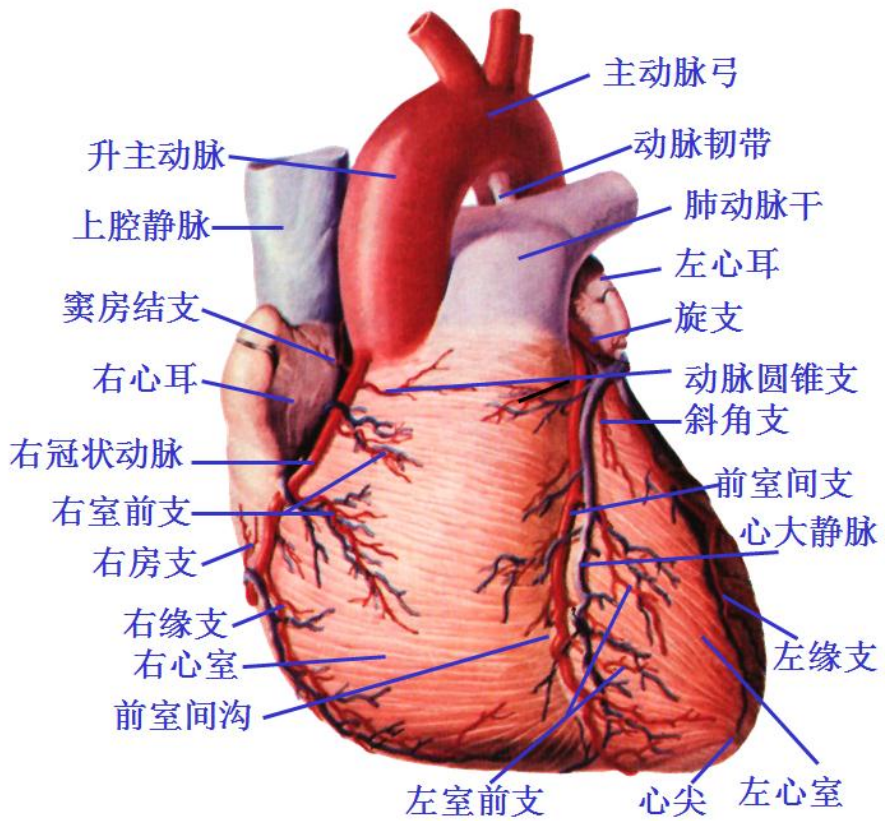
## 1、心脏位置



## 2、心脏外观结构

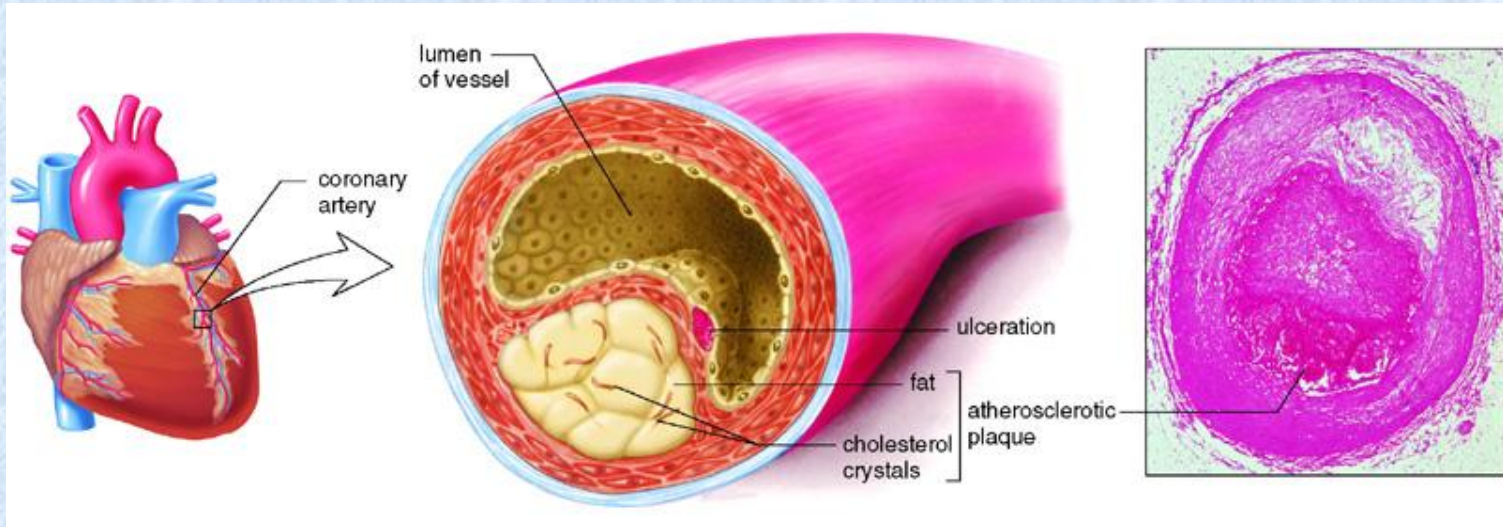


# 3、冠状血管

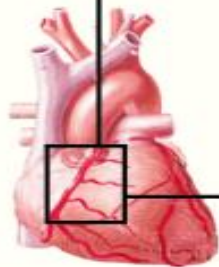


# 冠心病

冠状动脉  
粥样硬化  
性心脏病



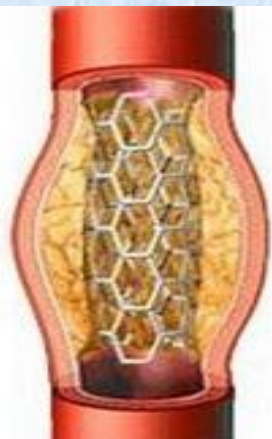
## 冠状动脉阻塞



“搭桥”手术



支架





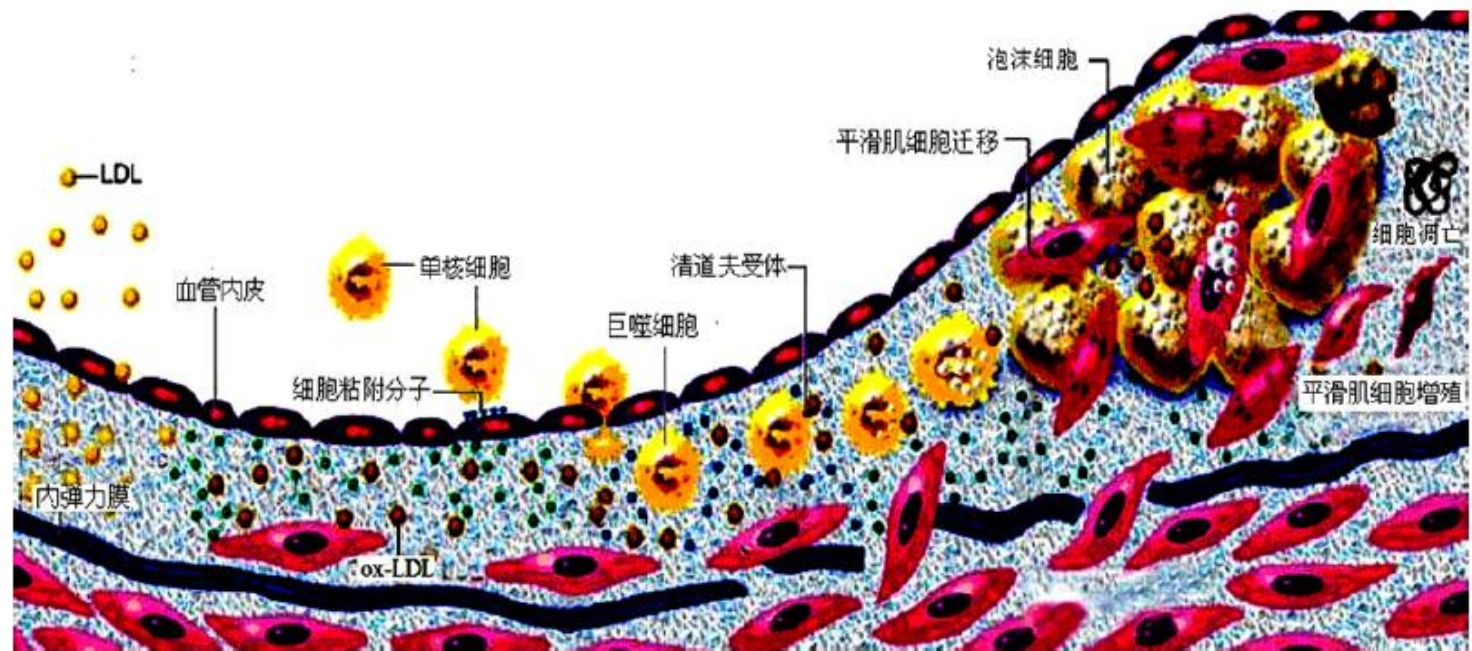


图 16-8 脂纹及纤维斑块的形成过程

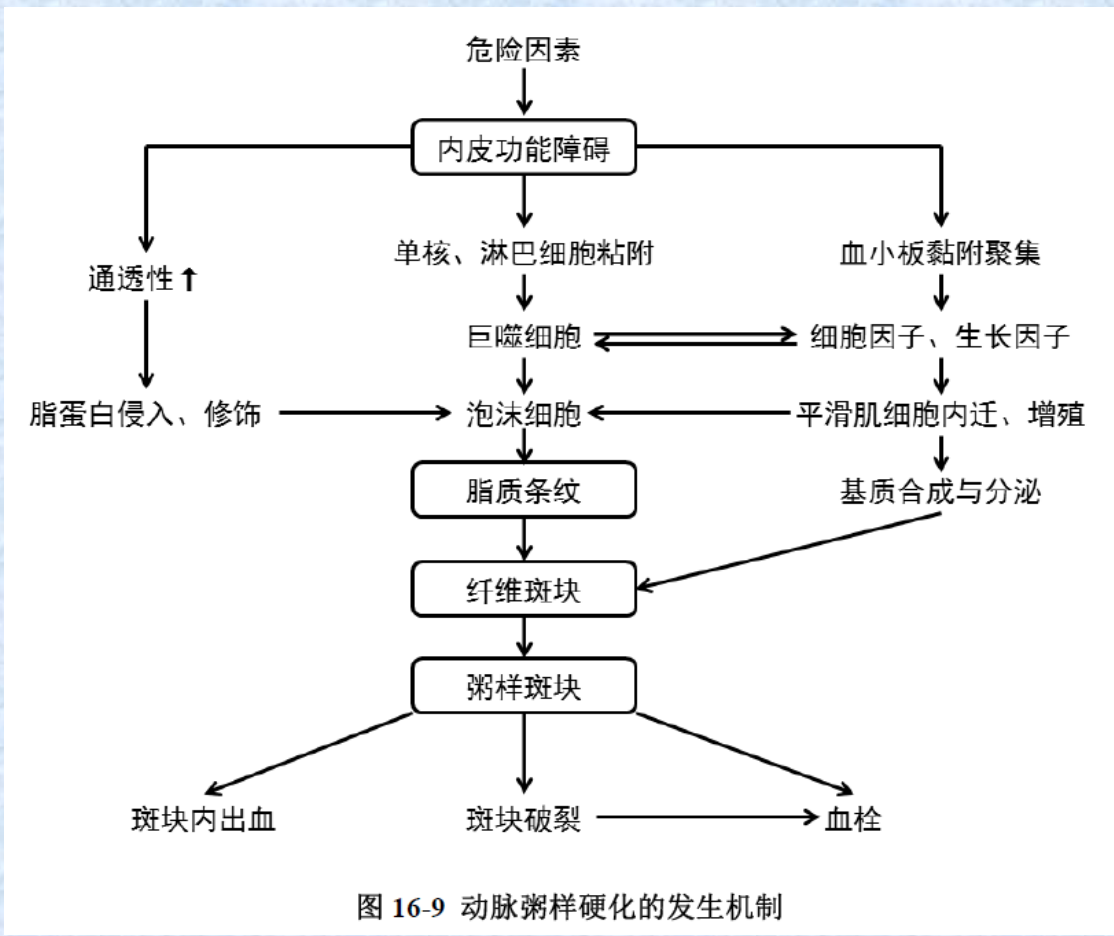


图 16-9 动脉粥样硬化的发生机制

## 冠心病的预防：

### 危险因素：

指引起发病的重要因素，包括吸烟、高血压、高脂血症、脂代谢异常、肥胖、糖尿病、体力活动过少、血清同型半胱氨酸升高等。

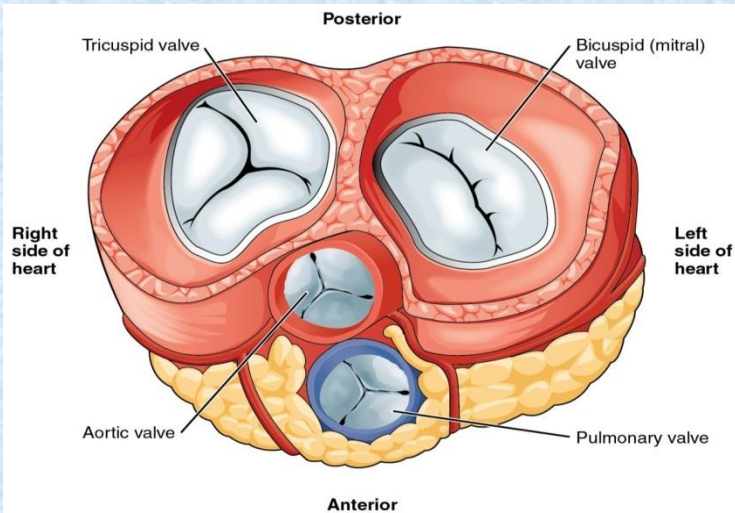
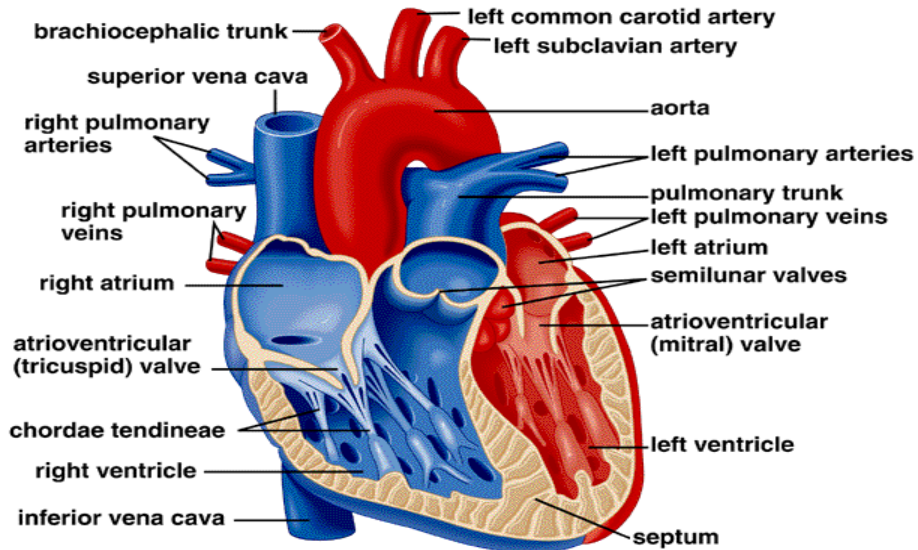
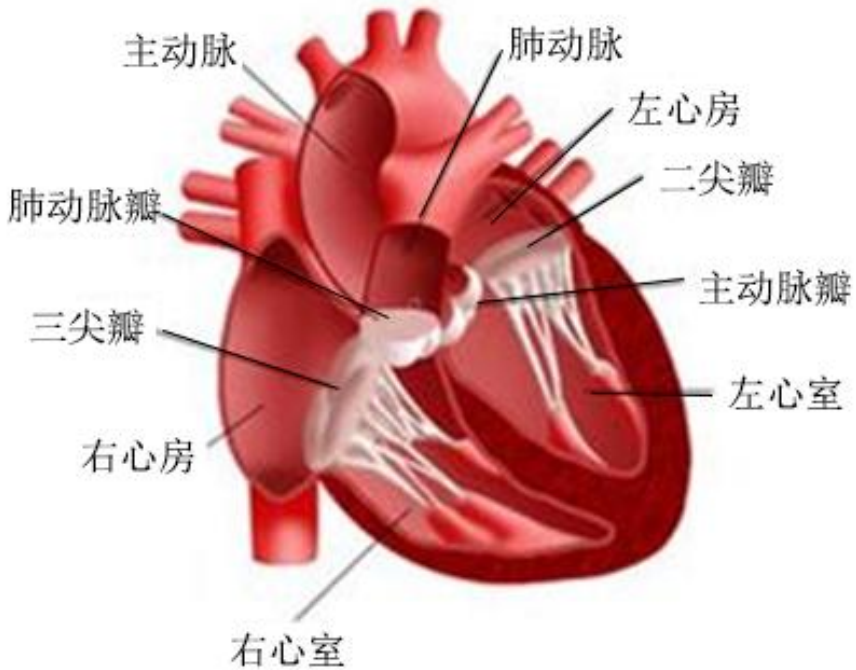
### 预防冠心病：

通过对冠心病危险因素的干预，病发率下降50%。其中的贡献率如下：

吸烟率下降贡献12%，降低血清总胆固醇贡献24%，控制血压贡献20%，增加体力活动贡献5%。

# 4、心脏瓣膜

心脏瓣膜



# 5、心肌组织

## 5.1 特殊传导组织

窦房结

结间束

房室交界区

房结区

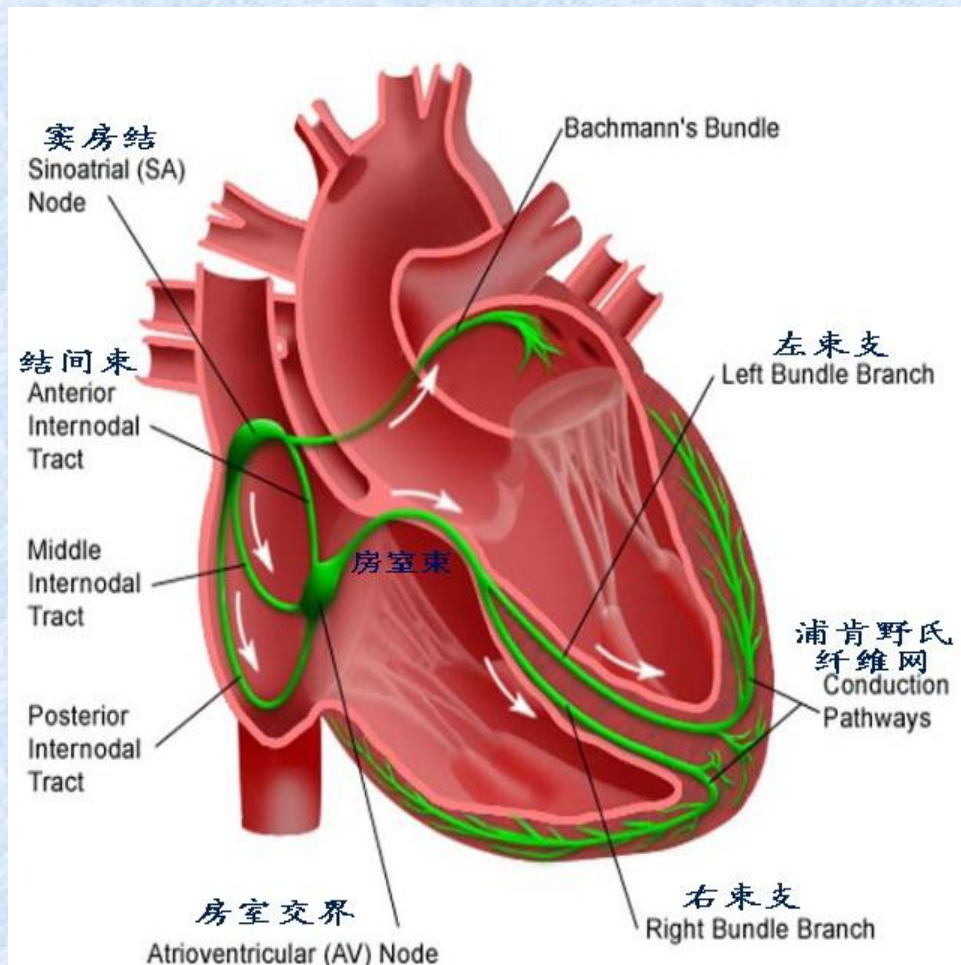
结区

结希区

房室束（希氏束）

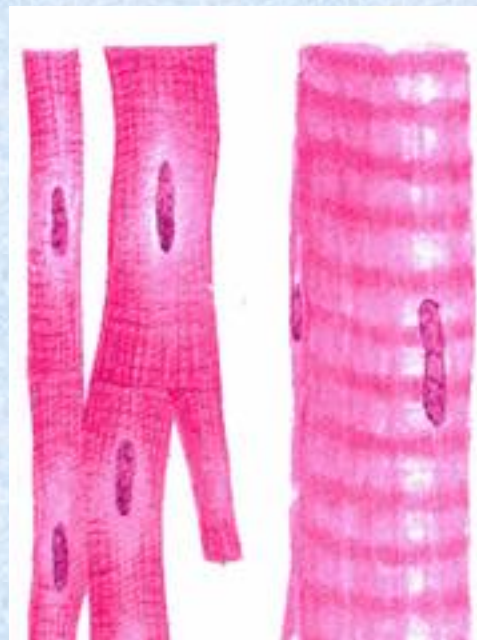
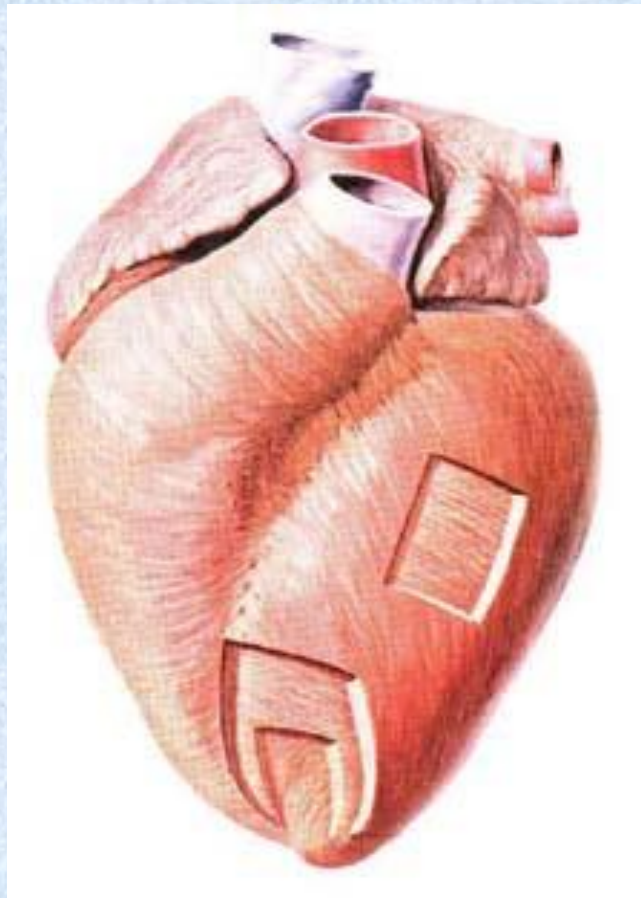
左右束支

浦肯野氏纤维



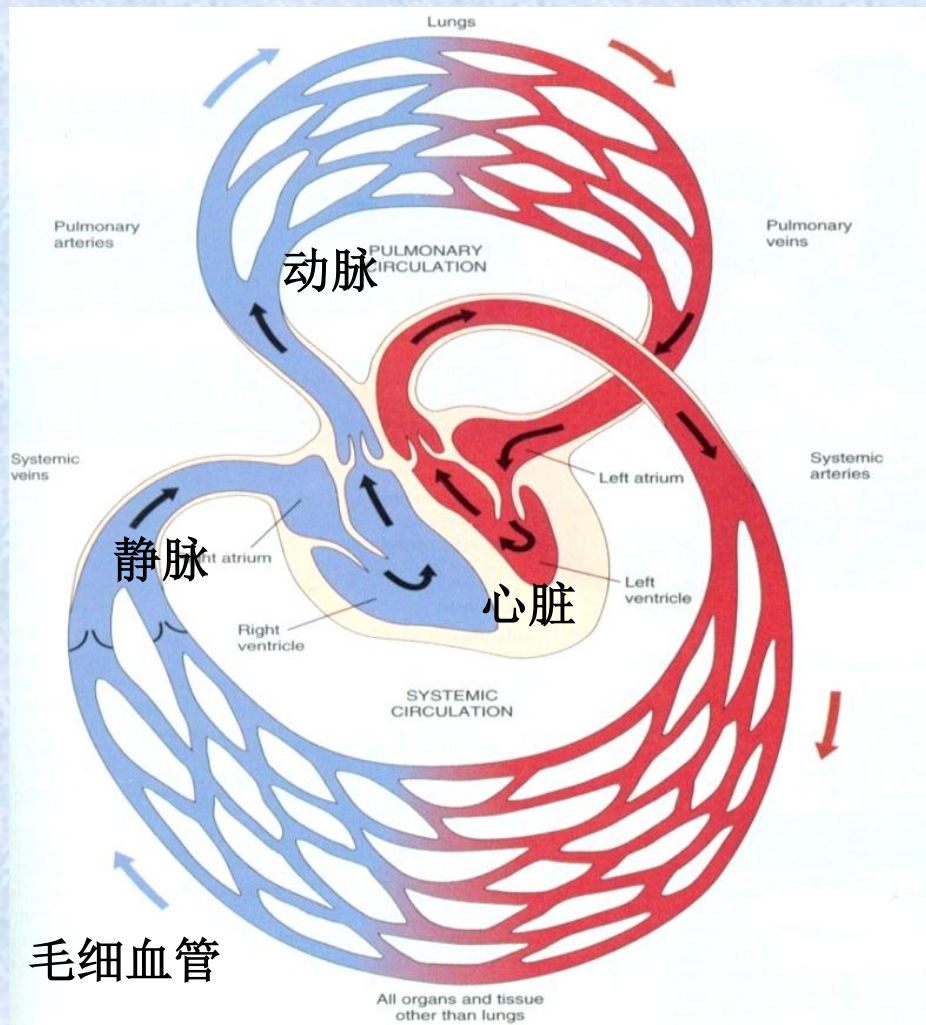
## 5.2 普通心肌组织

似骨骼肌，属于横纹肌，但肌纤维并不是完全平行分布，司心肌收缩的细胞



心肌 骨骼肌

# 6、血管

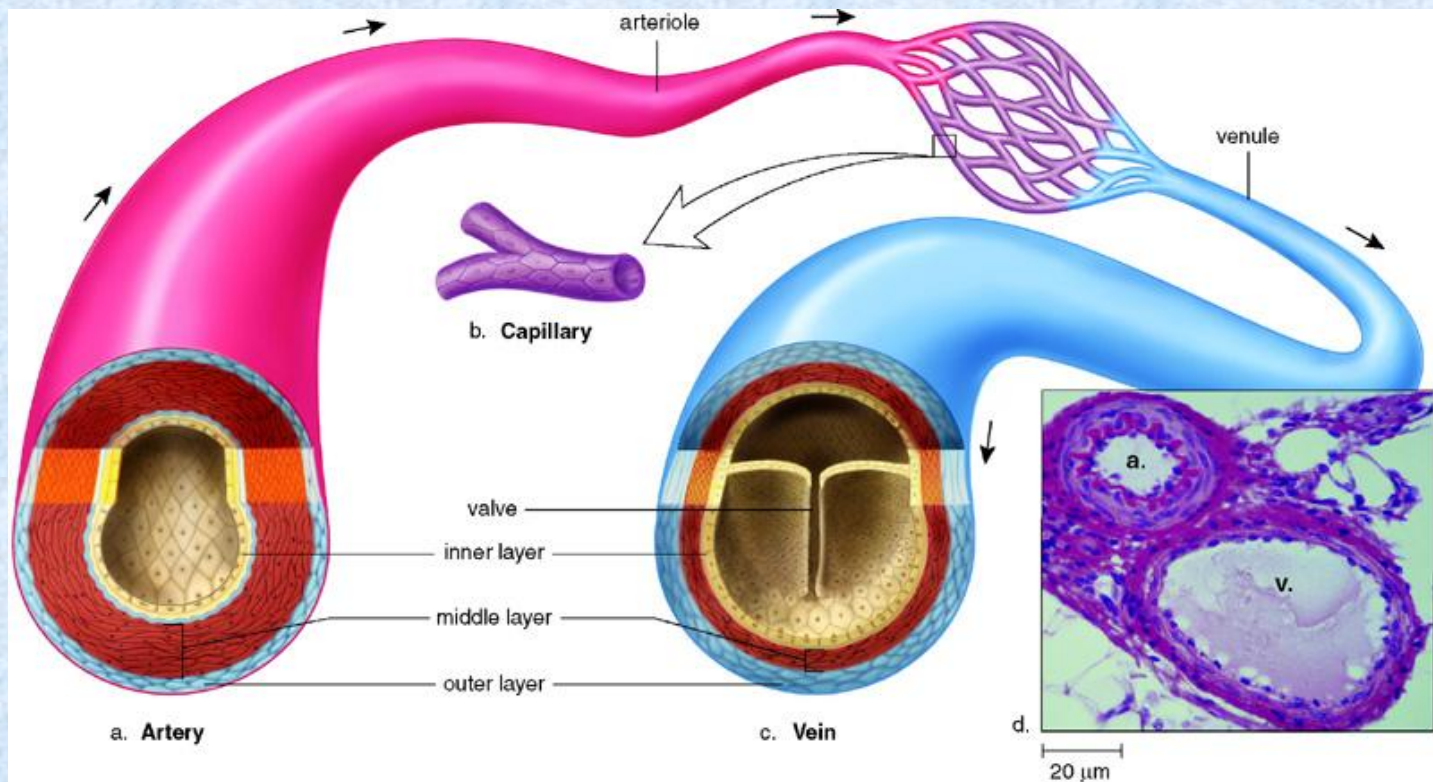


## 6.1 动脉

管壁厚，有较厚的平滑肌层

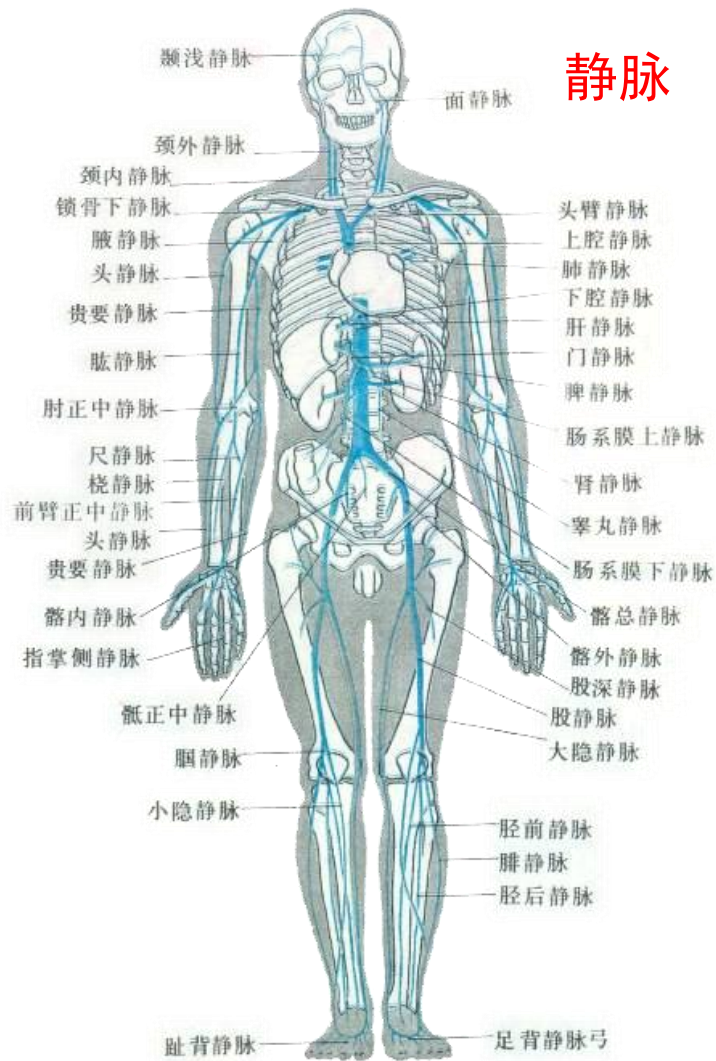
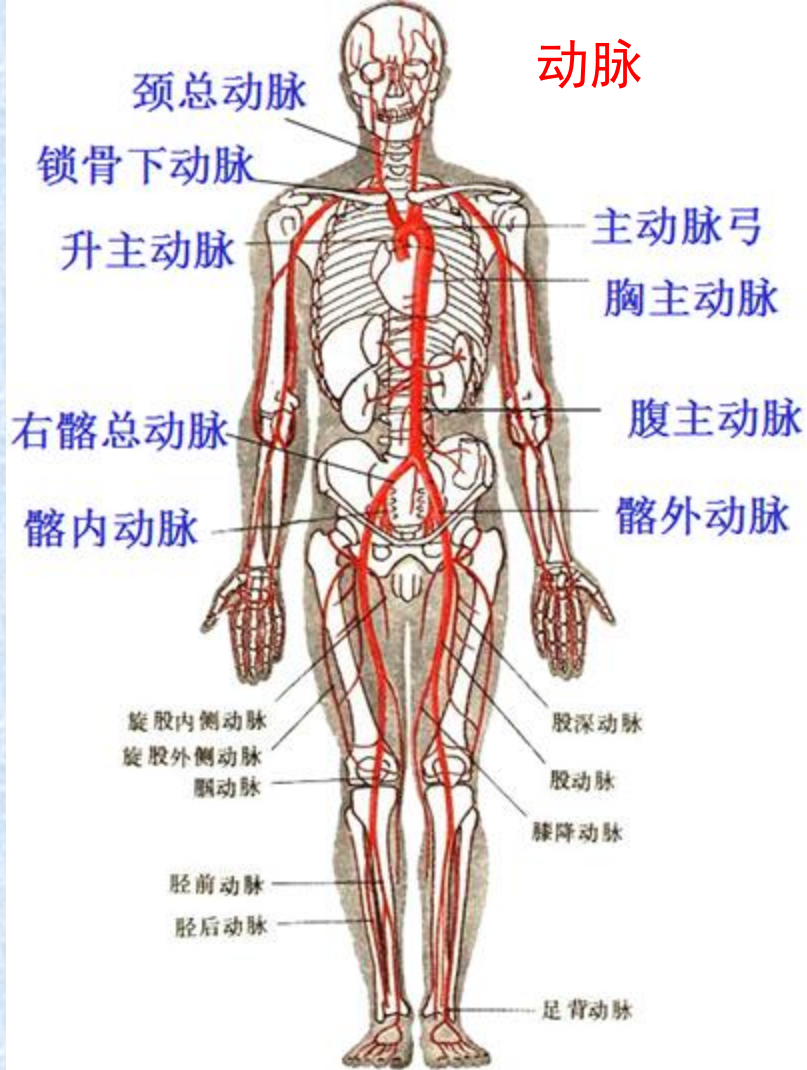
## 6.2 静脉

管壁薄，管腔大





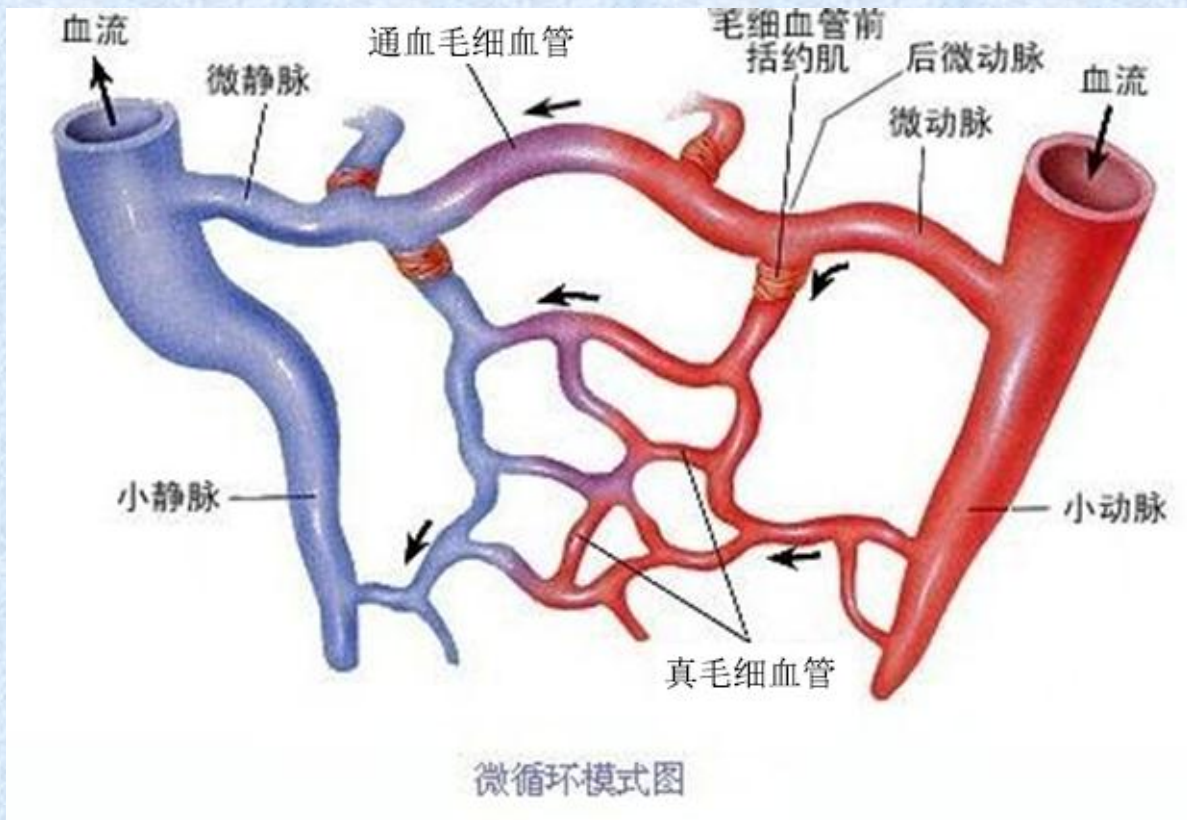
# 全身主要动脉与静脉



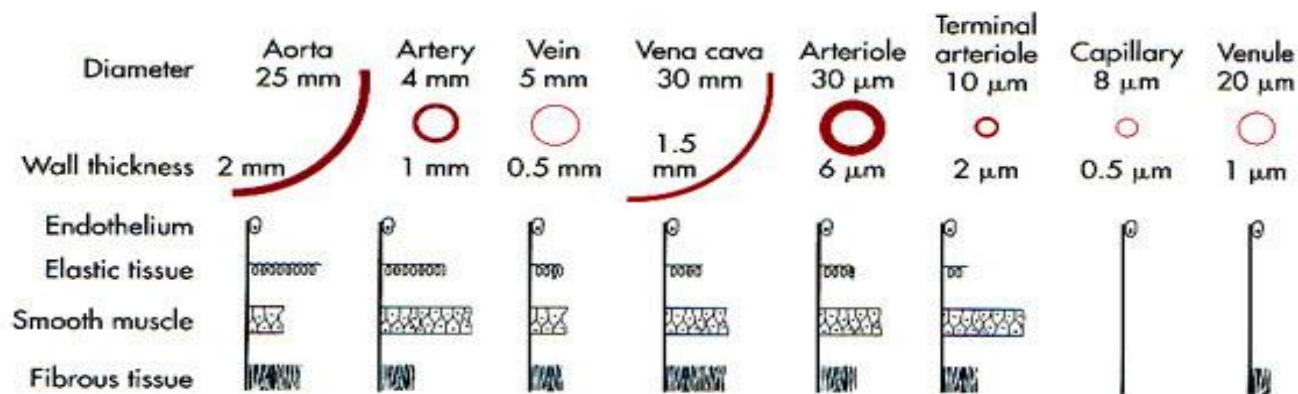
## 6.3 毛细血管与微循环

毛细血管由单层的扁平上皮组成，血管上有许多小孔，利于与组织液进行物质交换

微动脉 - 毛细血管网 - 微静脉之间的血液循环为微循环。

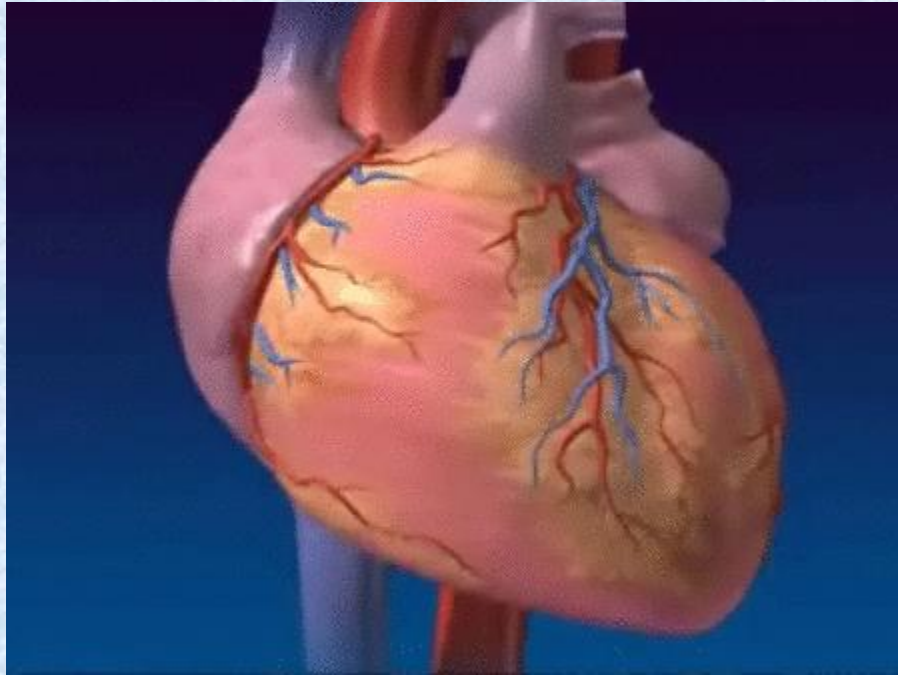


# 血管的功能分类



- 1、弹性储器血管（主动脉、肺动脉、大动脉）
- 2、分配血管（1-3之间的血管，分配血流）
- 3、前阻力血管（小动脉与微动脉）
- 4、交换血管（真毛细血管、单层内皮细胞、起点有前括约肌）
- 5、后阻力血管（微静脉）
- 6、容量血管（中、大静脉）





## 第三节 心肌生物电与心电图

# 一、心肌细胞生物电

## 1、工作细胞生物电

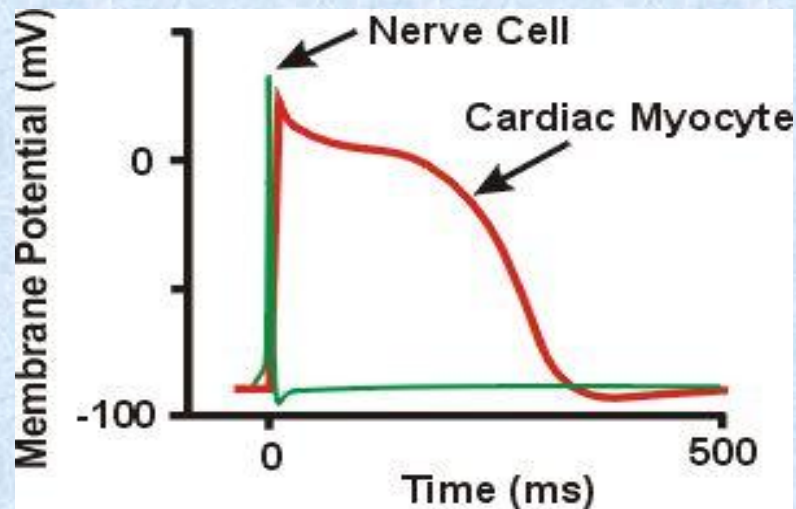
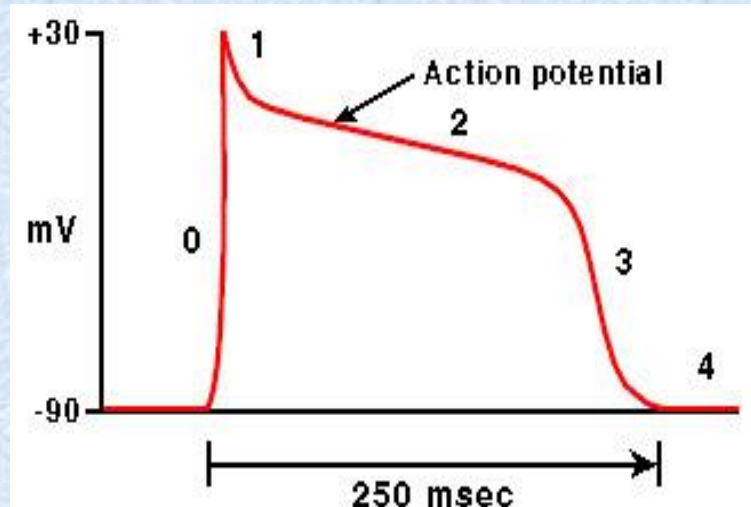
(心室肌为例)

### 1.1 静息电位

钾离子的电化学平衡电位

-90mv

### 1.2 动作电位



## 1.2.1 动作电位的离子机制

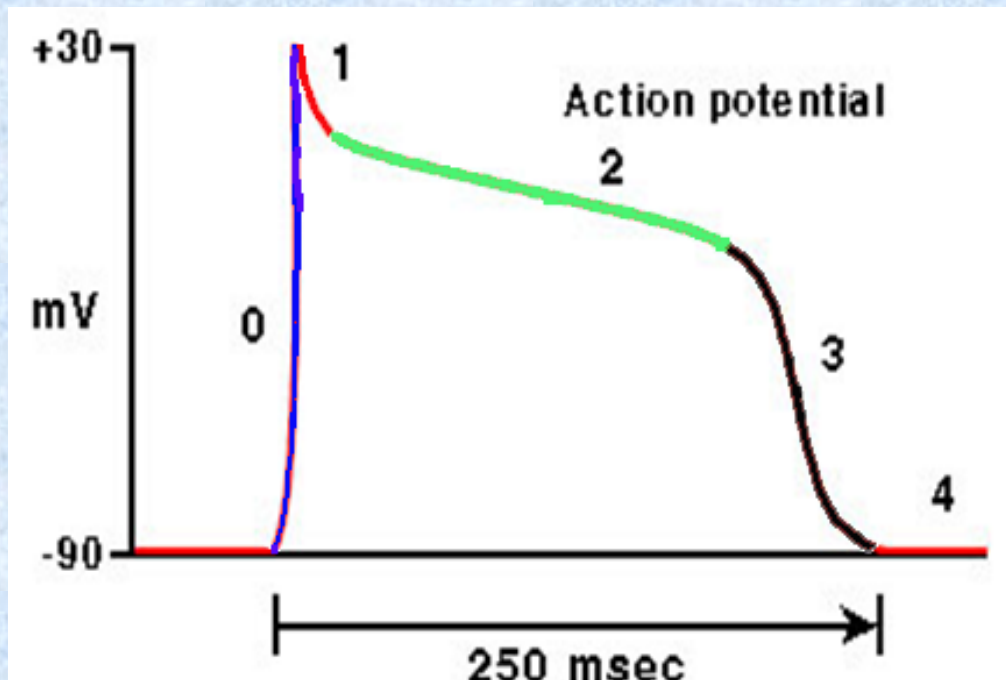
**0期：**去极化期

-90mV - +30mV

持续1-2ms。

原理：

快Na<sup>+</sup>通道开放，  
Na<sup>+</sup>内流上升。K<sup>+</sup>外  
流下降。Ca<sup>2+</sup>开始内  
流。



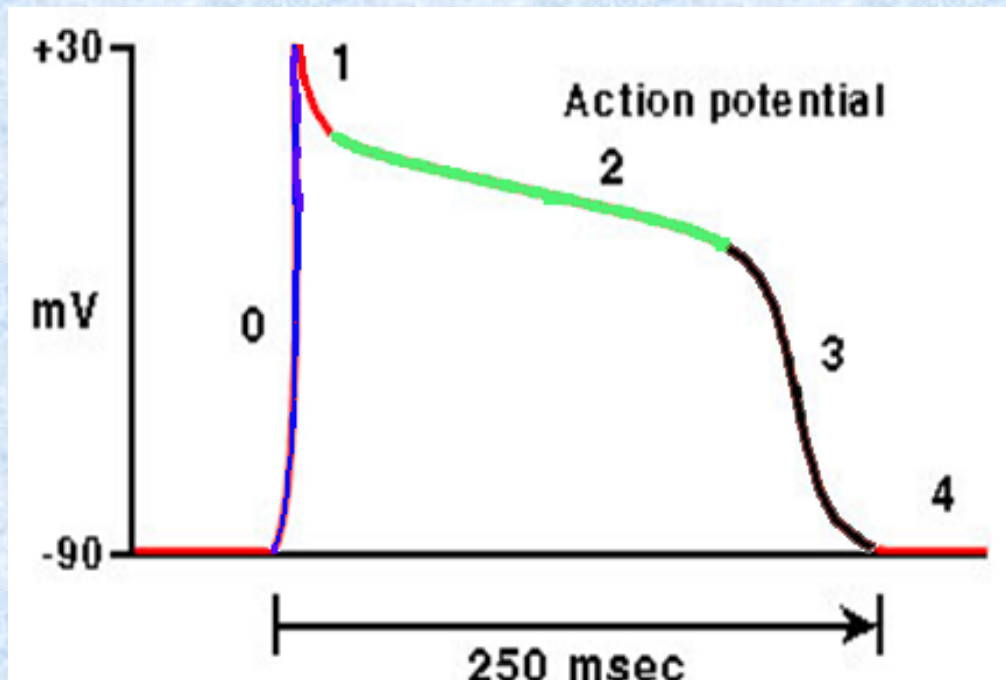
**快Na<sup>+</sup>通道：**-70mV激活，持续1-2ms，特异性强(只对Na<sup>+</sup>通透)，阻断剂(河豚毒 TTX)，激活剂(苯妥因钠)。



**1期**：快速复极化初期  
+30mv - 0mv  
持续10ms。  
与0期构成**峰电位**。

原理：

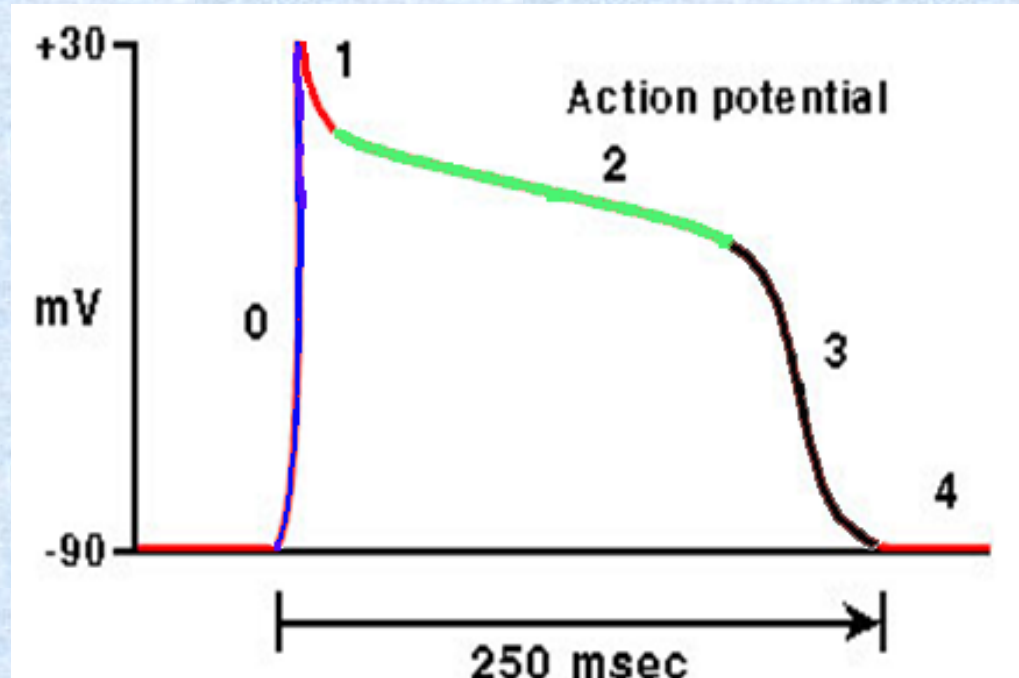
Na<sup>+</sup>通道失活；钾离子通道I<sub>to</sub>激活，K<sup>+</sup>外流上升引起快速复级。



**I<sub>to</sub>通道**：I<sub>to</sub>可被K<sup>+</sup>通道阻断剂（四乙基胺、4-氨基吡啶）阻断，I<sub>to</sub>的离子成分为K<sup>+</sup>。

**2期：缓慢复极化期**  
(平台期)  
稳定在0mV左右  
持续100 - 150ms。

原理：  
钾离子通道 $I_K$ 开放，早期 $Ca^{2+}$ 内流达到最大值，与 $K^+$ 外流相平衡。之后慢 $Ca^{2+}$ 通道逐渐失活，而 $K^+$ 通透性相应增加，膜电位渐下降，形成晚期平台期。

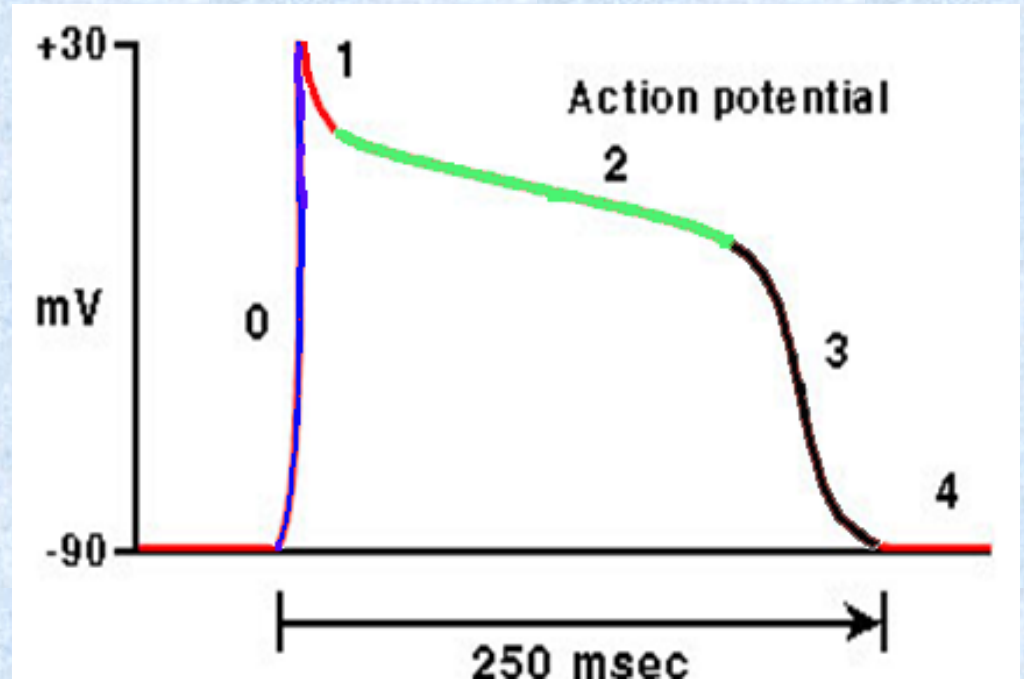


**慢 $Ca^{2+}$ 通道：**激活与失活比 $Na^+$ 通道慢，特异性不高。阻断剂： $Mn^{2+}$ 和多种 $Ca^{2+}$ 阻断剂（异搏定）。

**3期**: 快速复极化末期  
0 - -90mV左右;  
持续100 - 150ms。

原理:

慢 $\text{Ca}^{2+}$ 通道失活;  $I_{\text{K}}$  通道通透性增加。快速复极化至RP水平。



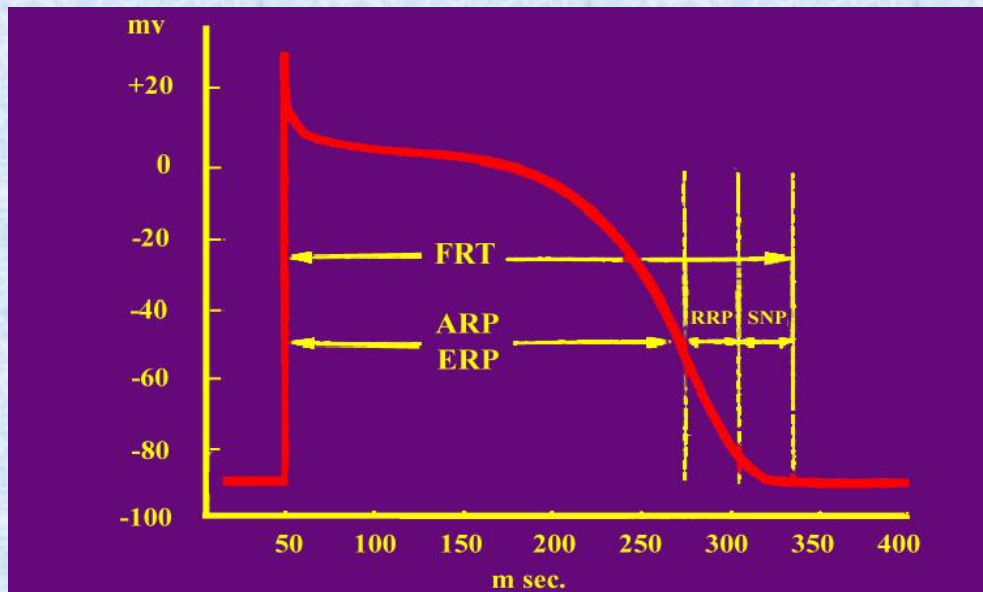
**4期**: 静息期。因膜内 $[\text{Na}^+]$ 和 $[\text{Ca}^{2+}]$  升高, 而膜外 $[\text{K}^+]$ 升高→激活离子泵→泵出 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Ca}^{2+}$ , 泵入 $\text{K}^+$ →恢复正常离子分布。(Na-Ca交换, Na-K泵)

## 1.2.2 心室肌动作电位特点:

A、有效不应期长

200-400ms

B、平台期Ca离子流入



ERP (有效不应期):

绝对不应期

局部反应期

0期 --- 3期复级 -55mv

-55mv --- -60mv

Na<sup>+</sup>通道完全失活

Na<sup>+</sup>通道少量开始复活

RRP (相对不应期): -60mv --- -80mv

Na<sup>+</sup>通道逐渐复活, 可兴奋但尚未恢复正常兴奋水平。

SNP (超常期): -80mv --- -90mv

Na<sup>+</sup>通道基本恢复, 距阈电位水平较近。

## 2、特殊传导组织（自律细胞）生物电

### 2.1 静息电位（舒张电位）

窦房结、房室交界区：-70mv

其它：-90mv

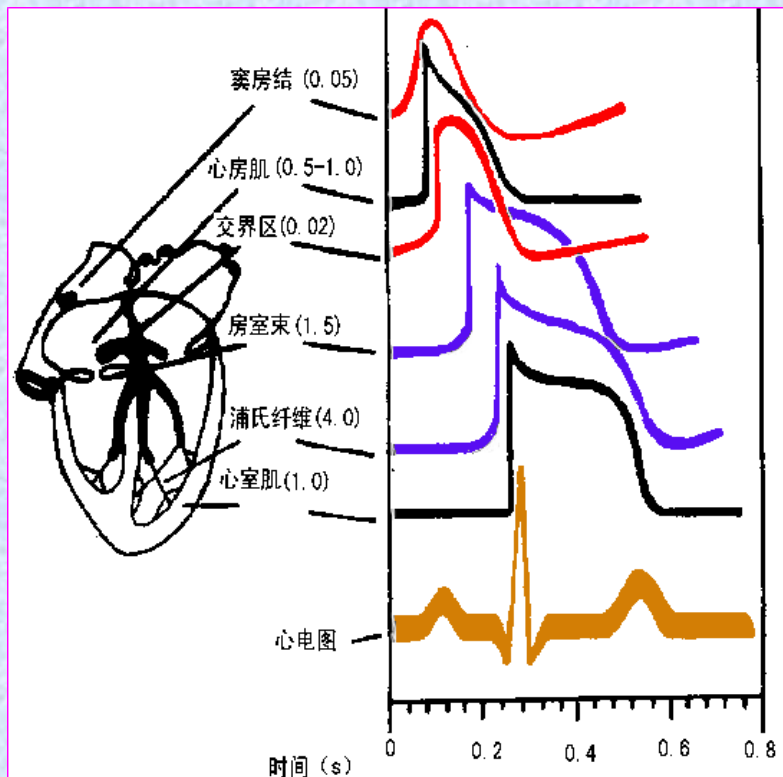
钾离子的电化学平衡电位

### 2.2 动作电位

自律细胞共同特点：

舒张期自动去极化

由于此时电位不静息，  
故称为舒张期



各部心肌细胞动作电位与传导速度

括号内为兴奋传导速度，单位m/s

## 2.2.1 窦房结的动作电位

分为0、3、4期；  
最大舒张（静息）电位为-70mV  
阈电位 -40mV，  
超射值 +15mV；  
0期去极化速度缓慢，无平台期。

### 离子机制：

0期， $\text{Ca}^{2+}$ 内流（L型 $\text{Ca}^{2+}$ 通道）

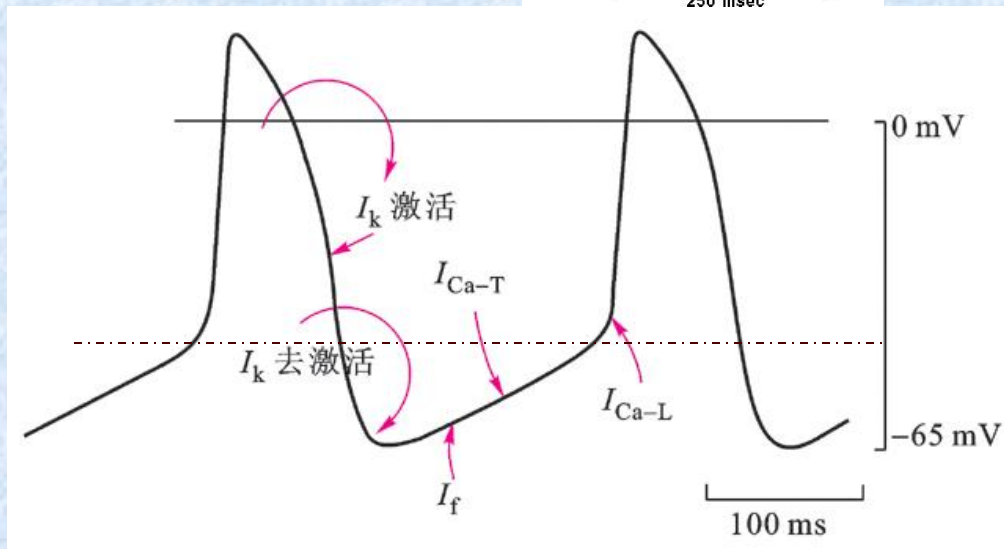
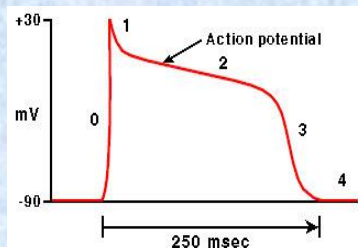
因 $\text{Ca}^{2+}$ 内流缓慢，上升慢

3期，L型 $\text{Ca}^{2+}$ 通道逐渐失活；  
 $\text{K}^{+}$ 外流逐渐增加（ $I_{\text{k}}$ 通道）

4期， $I_{\text{k}}$ 通道外向电流大幅衰减

$I_{\text{Ca-T}}$  内向性电流进行性增加

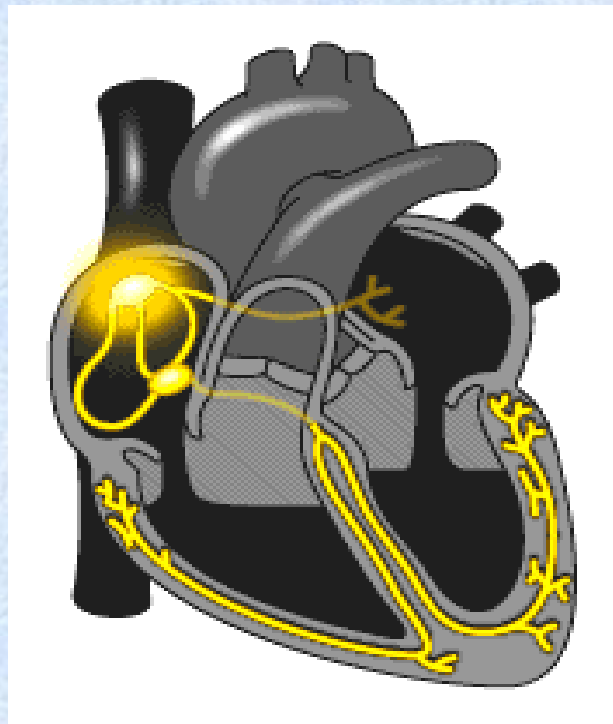
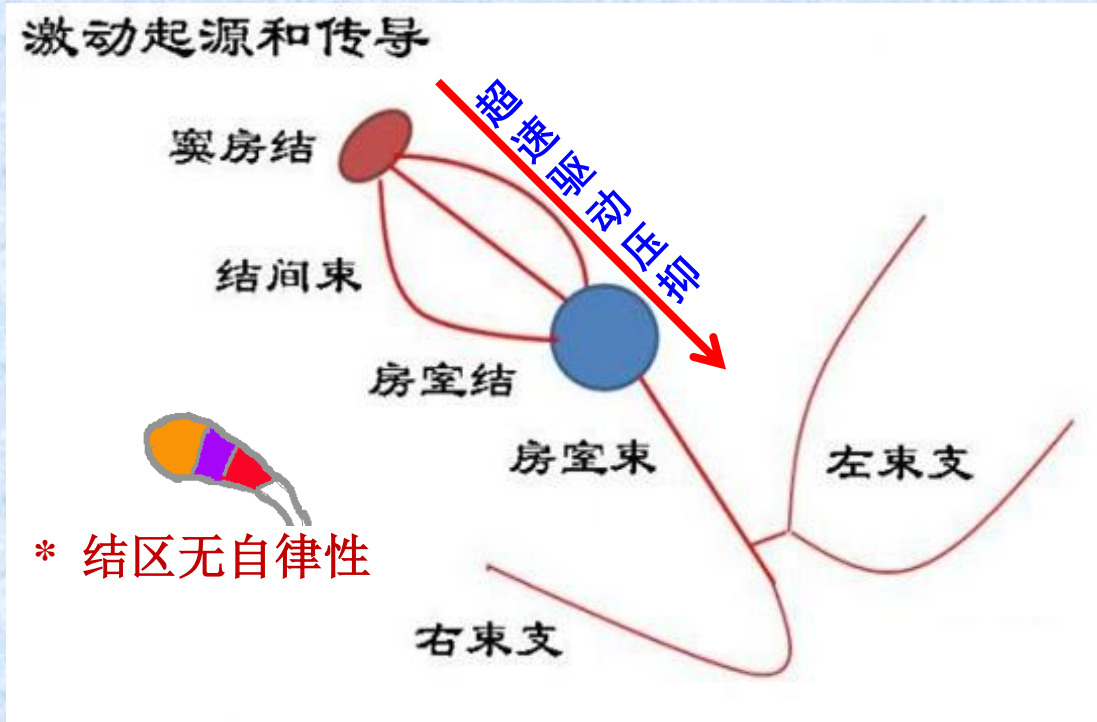
$I_{\text{f}}$ （一种缓慢的内向 $\text{Na}^{+}$ 电流，与其它钠通道不同）进行性增加



## 2.3. 心脏兴奋的产生与传导

### 2.3.1 特殊传导组织不同部位的兴奋节律：

窦房结：100次/分； 房室交界：50次/分； 浦肯野氏纤维：25次/分。

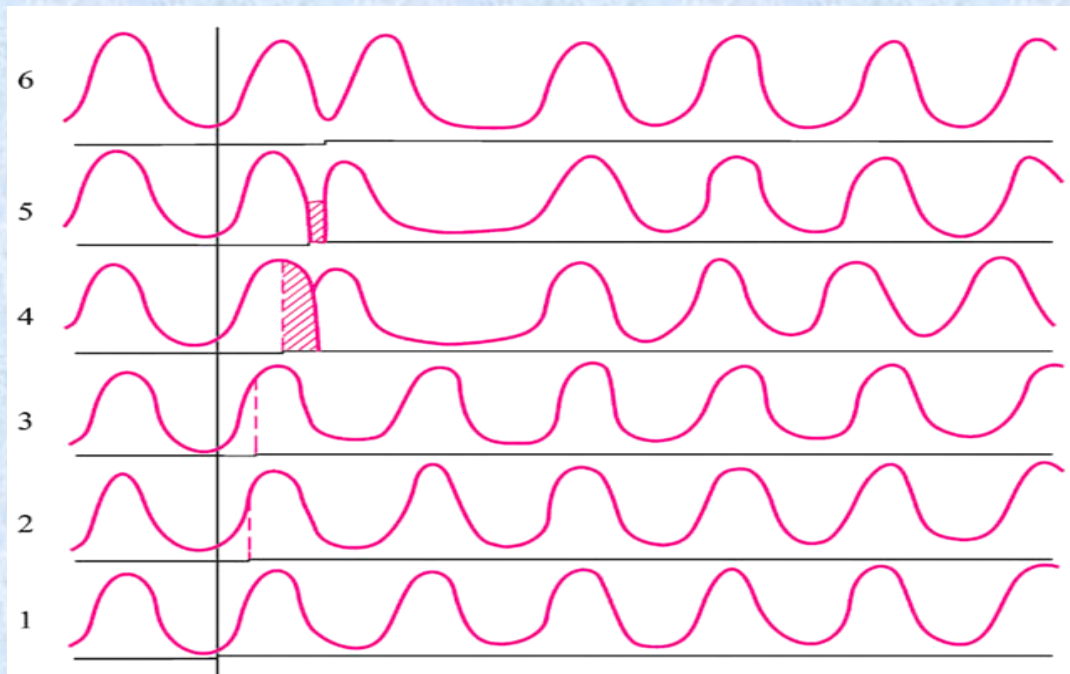


**窦性心律：** 窦房结为正常起搏点的心律

**异位节律：** 非窦房结部位引起的心脏起搏节律

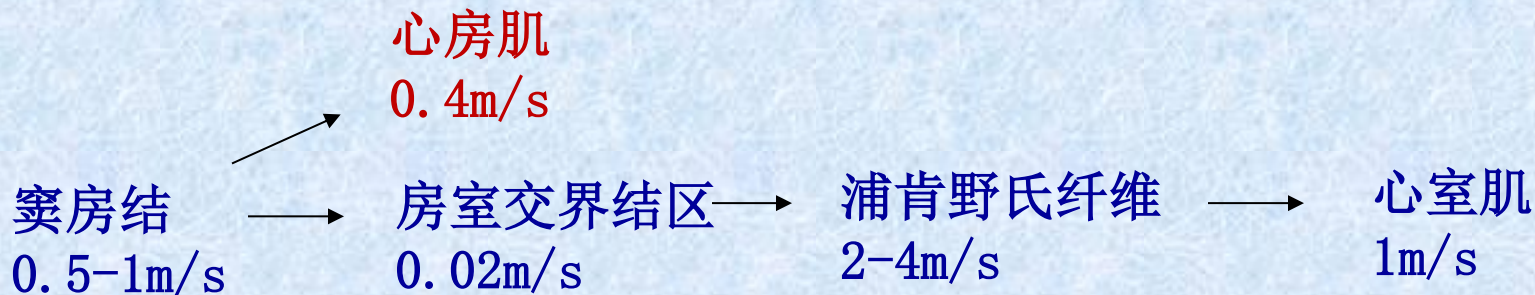
**早搏：** 期前兴奋与收缩

**代偿间歇：** 正常起搏信息落在期前兴奋的不应期。





## 2.3.2 传导速度：



### 房室延搁

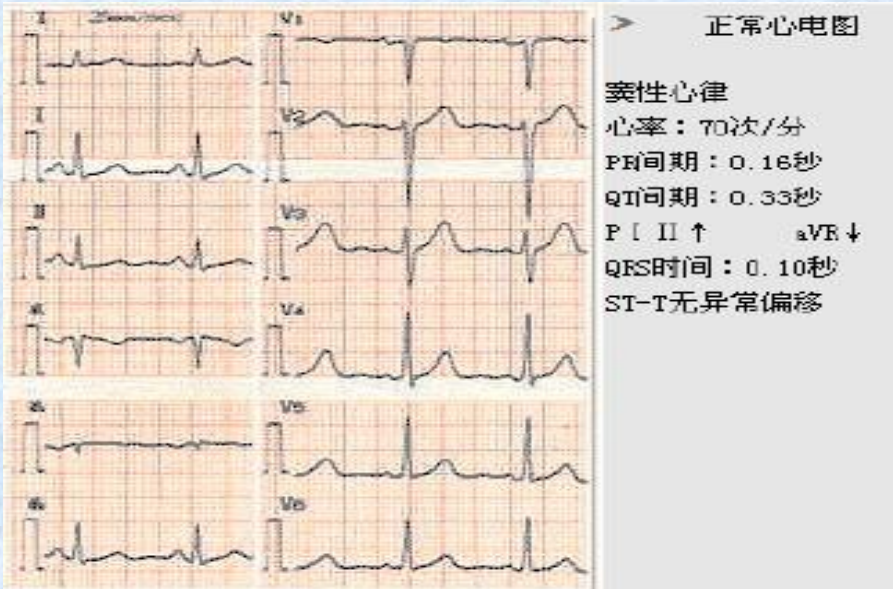
房室交界是兴奋由心房进入心室的唯一通道，兴奋传导速度缓慢（特别是结区，0.02 m/s）造成房室延搁(0.1S)。

生理意义：心房心室先后收缩，有利于心室的充盈和射血。

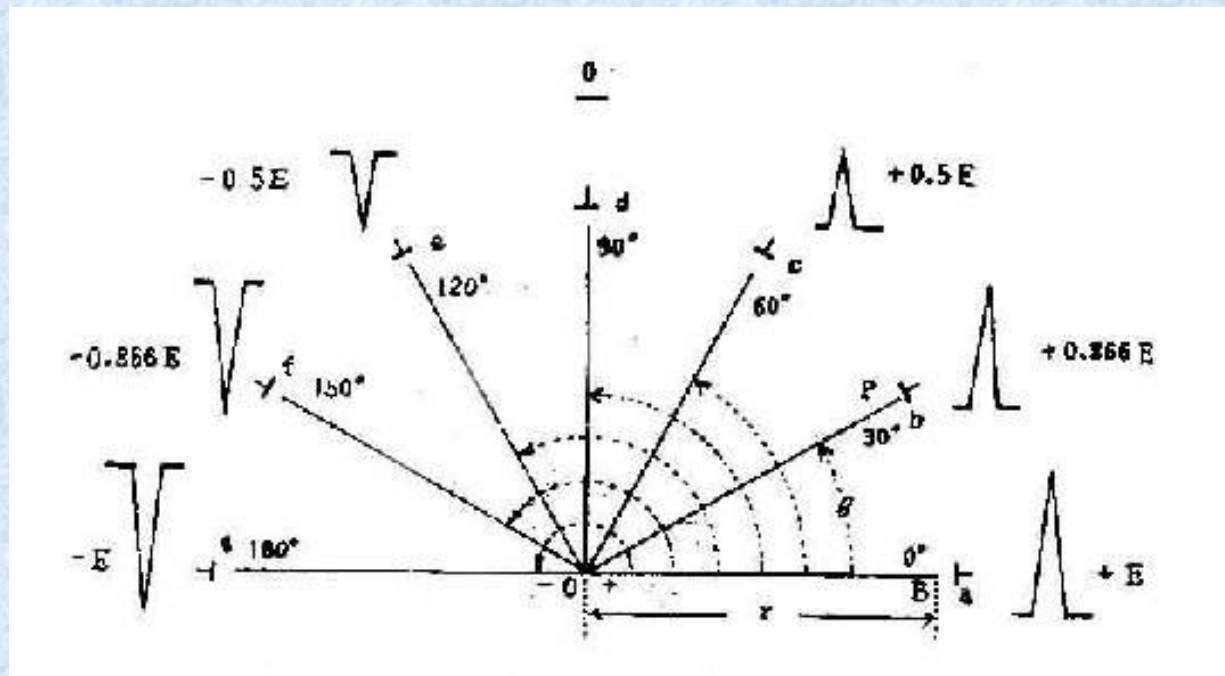
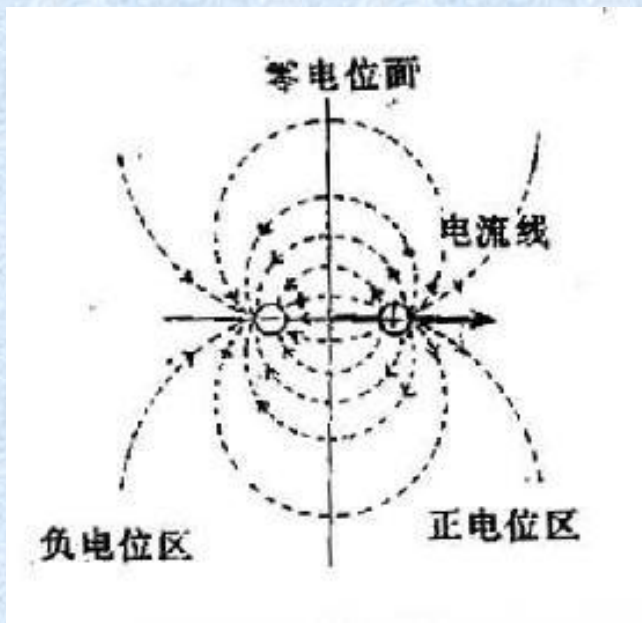
**\* 房室传导阻滞**

## 二、心电图 Electrocardiogram, ECG

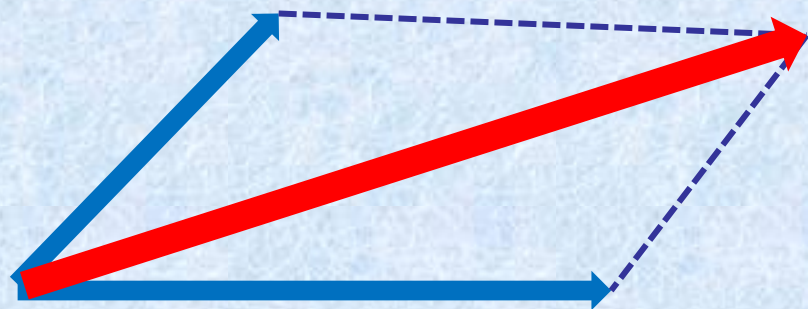
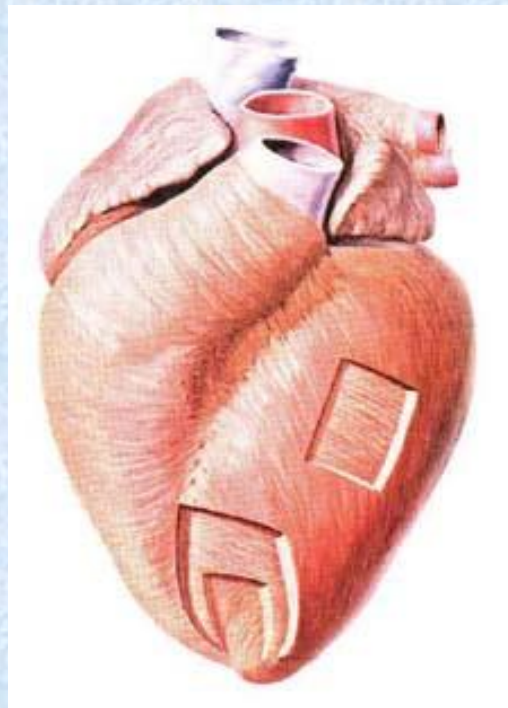
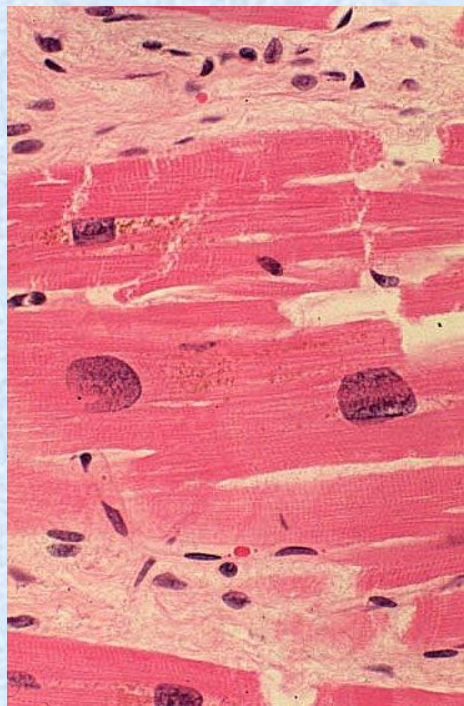
将引导电极置于身体一定部位，记录整个心动周期中所有心肌细胞的综合电活动（综合心电向量）在体表的反映。获得的随时间变化图形称为心电图



# 容积导体原理



# 心电综合向量



某一时间点，不同心肌的电兴奋可以通过平行四边形原理综合叠加，得到综合心电向量，该综合向量反映到体表，通过记录获得心电图

# 1、心电图各导联的连接及正常图形

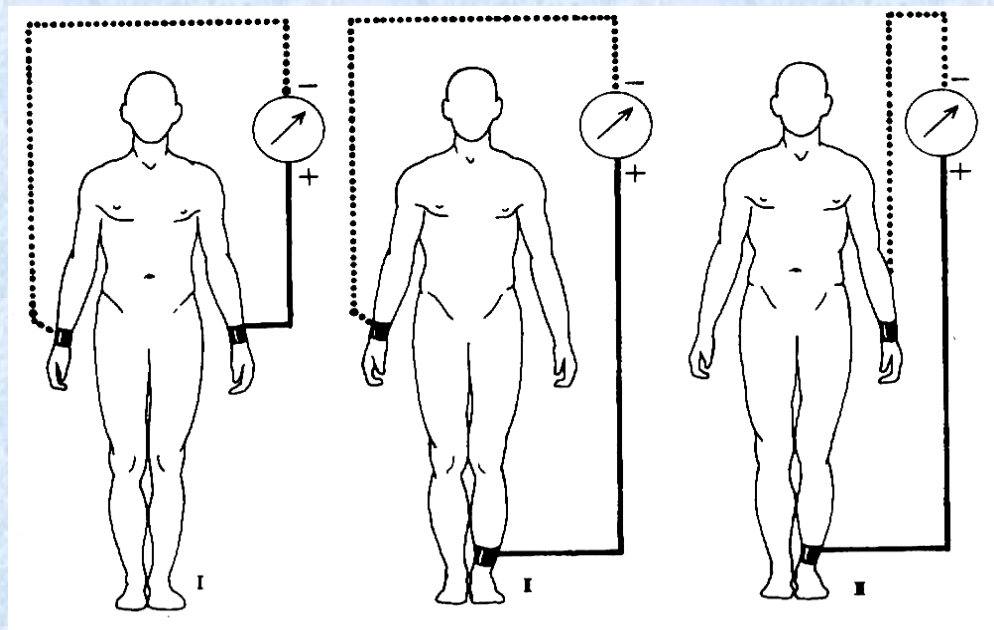
心电图是通过记录体表两点间的电位差并进行放大后获得的。通常有如下几种连接和记录方法：

## 1.1 标准导联

I 导联、左臂→右臂

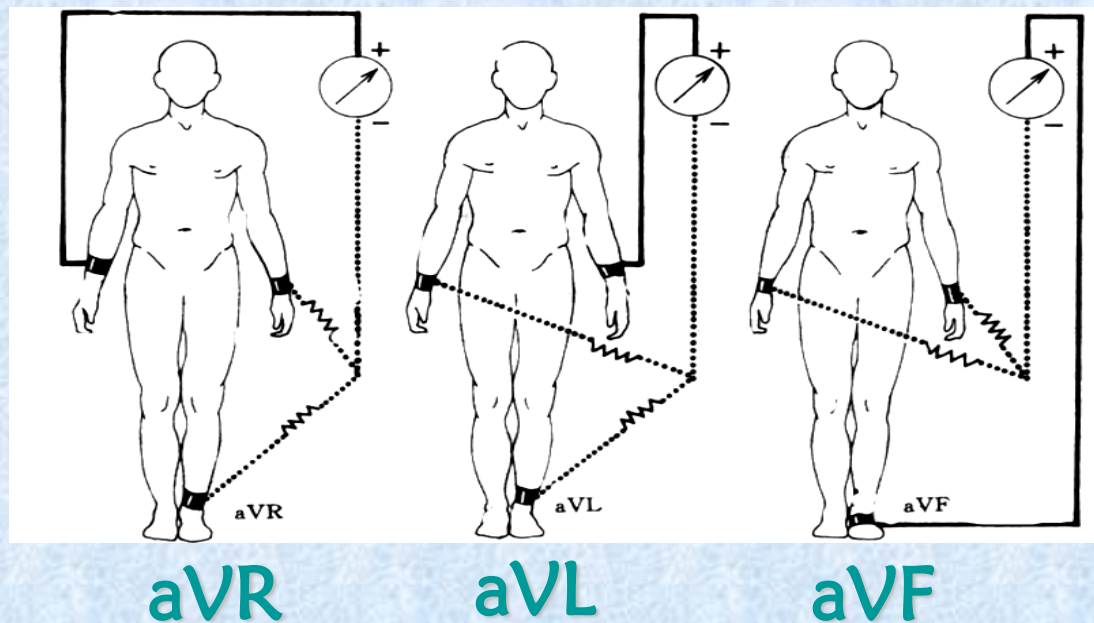
II 导联、左足→右臂

III 导联、左足→左臂



## 1.2 加压肢体导联

左、右手和左下肢的电极板连在一起，其综合电位几乎等于零，这个综合电极称为“中心电端”。以此为阴极，“探测电极”取其中的一极分离，测定与中心电端的电位差，得到aVR、aVL和aVF；



## 1.3 胸导联

左、右手和左下肢的电极板连在一起，为“中心电端”。以此为阴极，“探测电极”分别放在胸部不同位置，记录V1、V2、V3、V4、V5、V6心电图

V1、第四肋间胸骨右缘

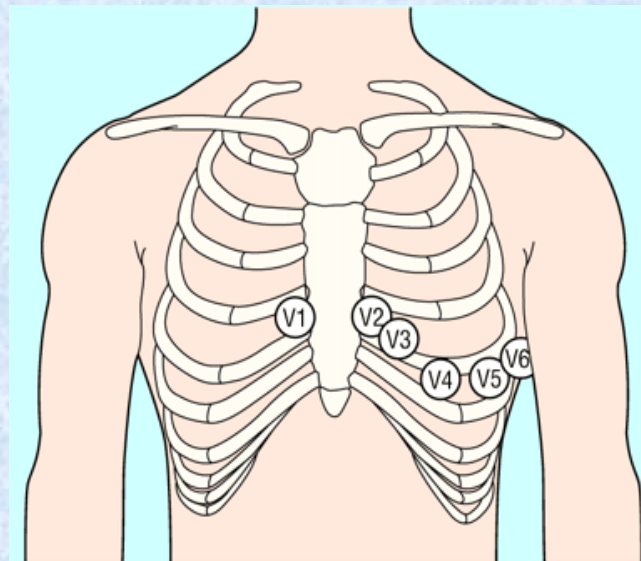
V2、第四肋间胸骨左缘

V3、V2与V4连线中点

V4、第五肋间锁骨中线交接处

V5、V4与V6连线中点

V6、第五肋间腋中线交接处



胸导联

## 2、典型心电图

**P波** 心房去极化

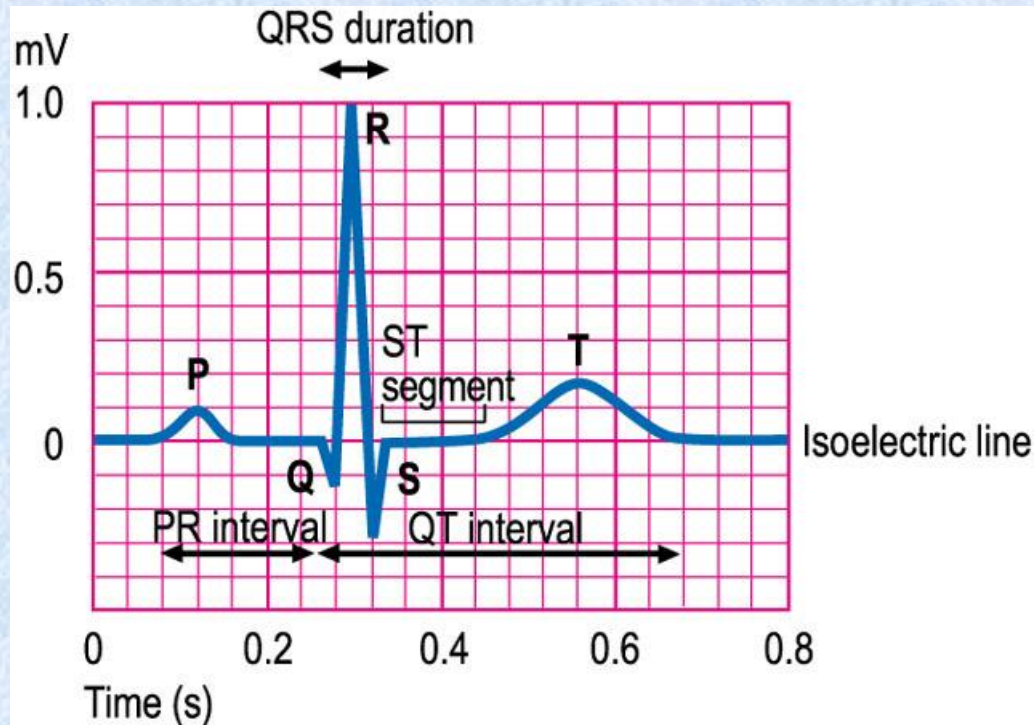
**QRS波** 心室去极化

**T波** 心室复极化

**P-R间期** 心房兴奋至心室兴奋之间的时间

**Q-T间期** 心室去极化至复极化的全部时间

**ST段** 心室肌去极化结束至快速复极化开始的时间，相当于动作电位的平台期。

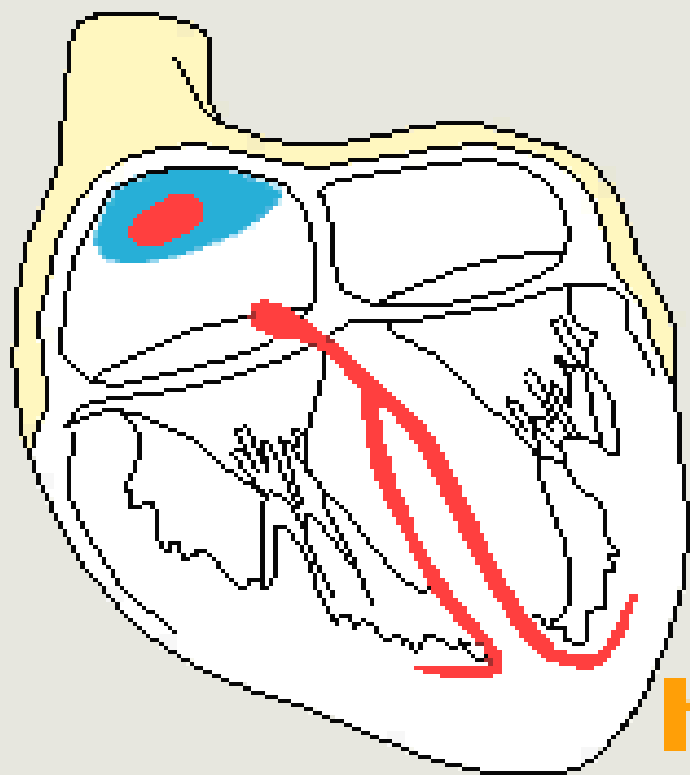


	Normal range (s)
PR interval	0.12–0.20
QRS duration	0.08–0.12
QT interval	0.25–0.45

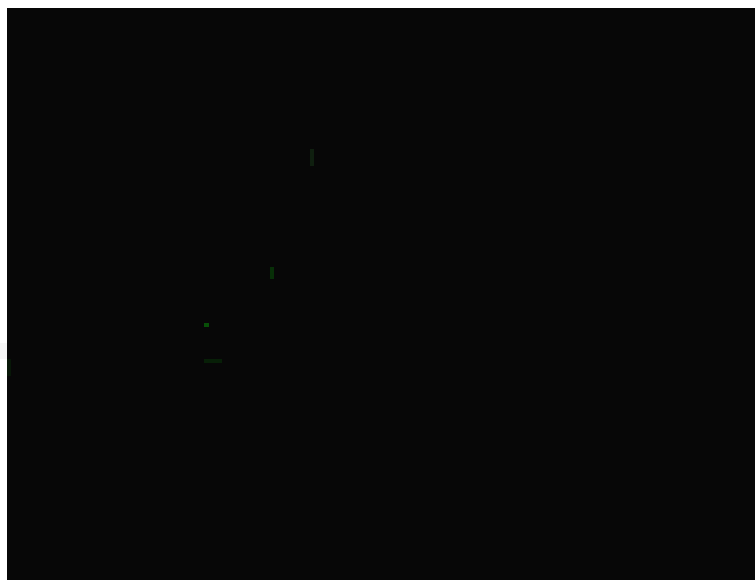


### 3、心电图各波特征与生理意义

波形	持续时间 (S)	波幅 mV	意义	与心肌细胞动作电位的对应关系
P波	0.08-0.11	0.05-0.25	反映左、右两心房去极化过程	心房肌动作电位0期
QRS波群	0.06-0.10	不定	反映左、右两心室去极化过程	心室肌动作电位0期
T波	0.05-0.25	0.1-0.8	反映心室复极化过程的电变化 异常表示心肌缺血或损伤	心室肌动作电位2期末和3期
PR 间期	0.12-0.20		代表窦房结产生的兴奋从心房传至心室所需的时间	
QT 间期	0.32-0.44		代表心室去极和复极全过程所需的时间	心室肌动作电位0~4期
ST段	0.05-0.15	基线	代表心室肌细胞全部处于动作电位平台期,各部分间无电位差的时期	心室肌动作电位2期



 记录电极



## 4、常见心电图异常

PR间期延长 房室传导阻滞

一度阻滞：PR间期 $>0.2$

二度阻滞：3:2, 5:4

三度阻滞：完全阻滞

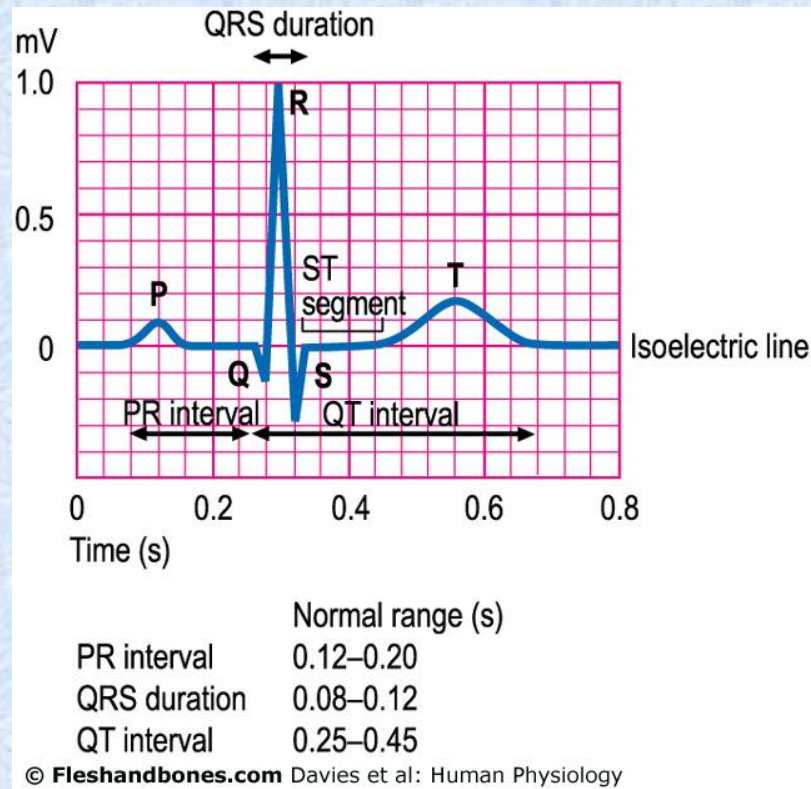
ST段抬高（标准导联）

与心肌损伤、缺血有关

早搏（期前兴奋与代偿间歇，

每分钟大于5次）

与心肌细胞、自律细胞损伤有关



## 5、心室肌、心房肌细胞收缩特点：

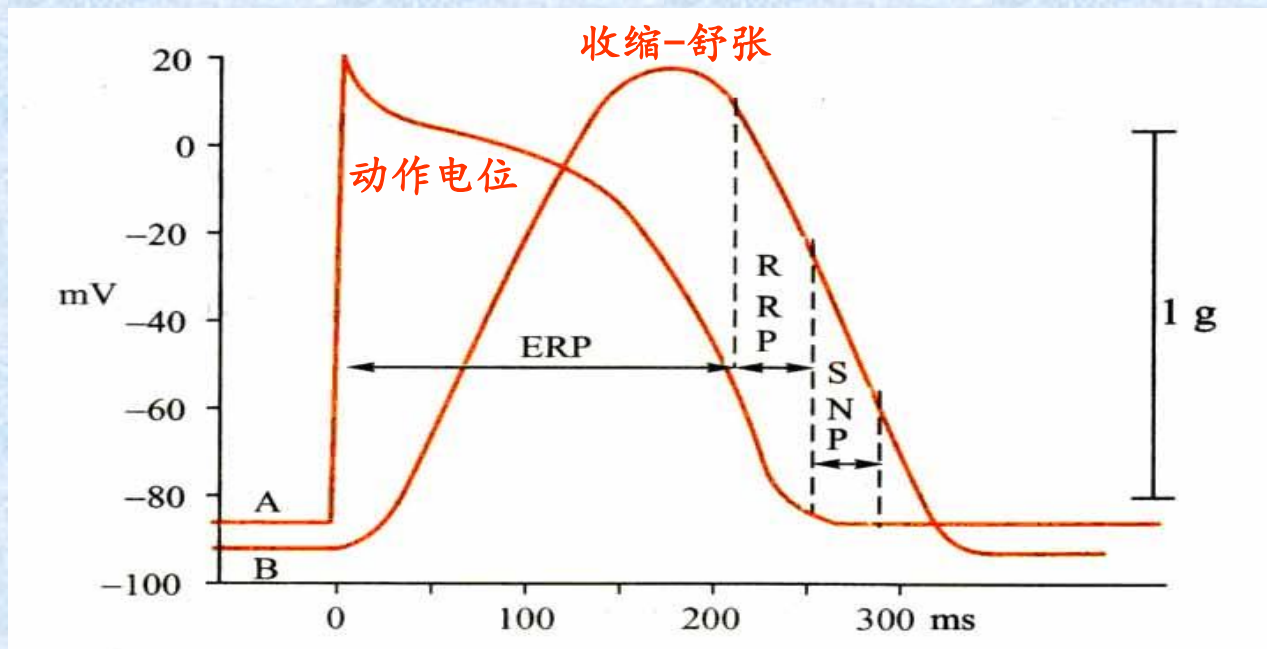
### 5.1 不发生强直收缩

有效不应期长，达到200—400ms。使其动作电位一直持续至舒张早期。心肌不会发生强直收缩。对维持心脏收缩舒张交替具有重要意义。

### 5.2 依赖细胞外钙离子

### 5.3 “全或无”式收缩

心肌细胞通过闰盘可将兴奋直接传给相邻细胞，整个心室或整个心房成为一个功能合胞体。收缩时所有细胞都参与。



## 第四节 心脏的泵血功能

# 一、心动周期与心率

1、心动周期：心房或心室每收缩和舒张一次称一个心动周期

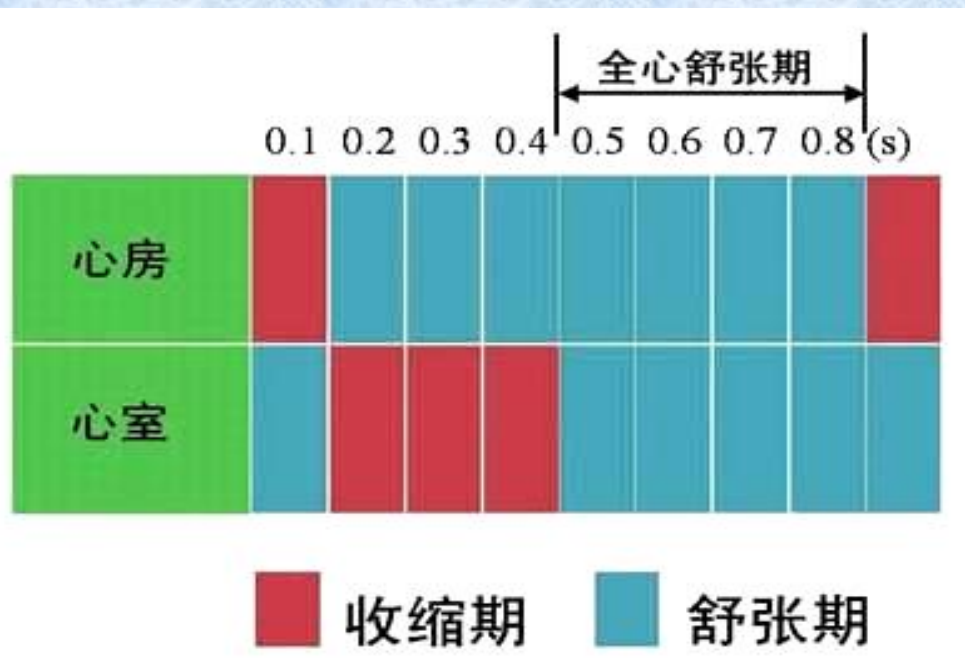
时程： $60\text{s}/75\text{次}=0.8\text{s}/\text{次}$

房缩 0.1s

房舒 0.7s

室缩 0.3s

室舒 0.5s



## 2、心率

①**概念**:单位时间内心脏舒缩的次数称心率,是心动周期的倒数。

②**正常变异**:

年龄:初生儿(130次/分)

成人(60~90次/分)

性别:女>男

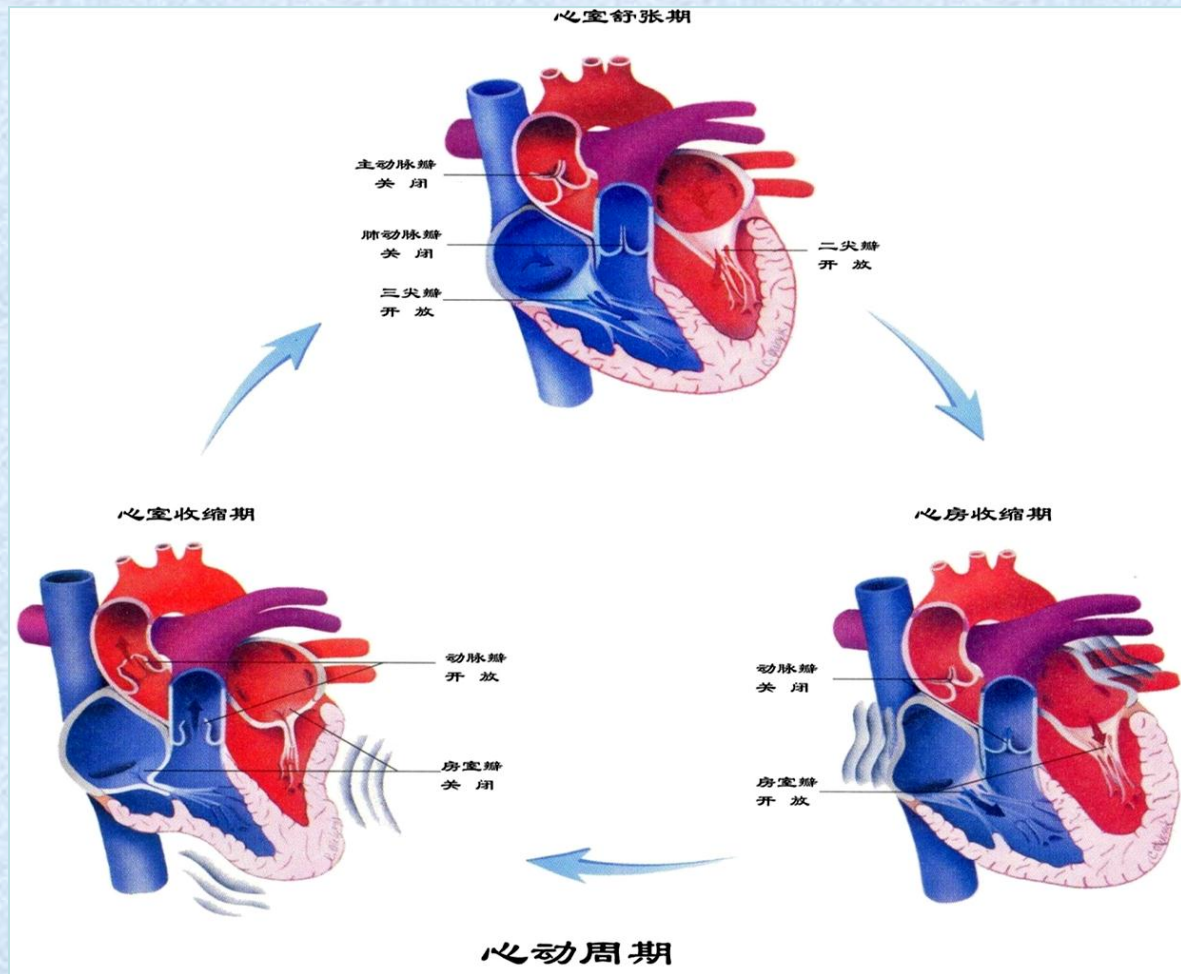
体质:弱>强

兴奋状态:运动、情绪激动>安静、休息

体温每 $\uparrow 1^{\circ}\text{C}$  $\rightarrow$ 心率 $\uparrow 10$ 次/分

## 二、心脏泵血过程

心房  
↓  
心室  
↓  
动脉



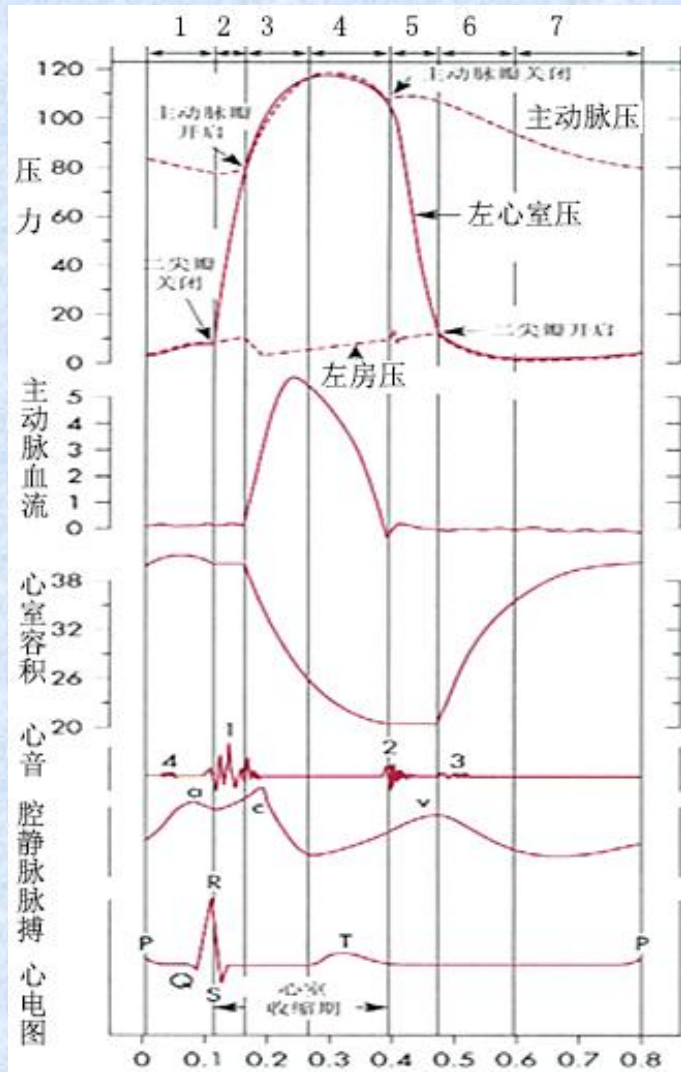


## 心房收缩期

- 1、心房收缩，房内压轻度增高，二尖瓣开放，动脉瓣关闭。血液从心房到心室，左室充盈量进一步增加（约25%）。而后心房舒张。

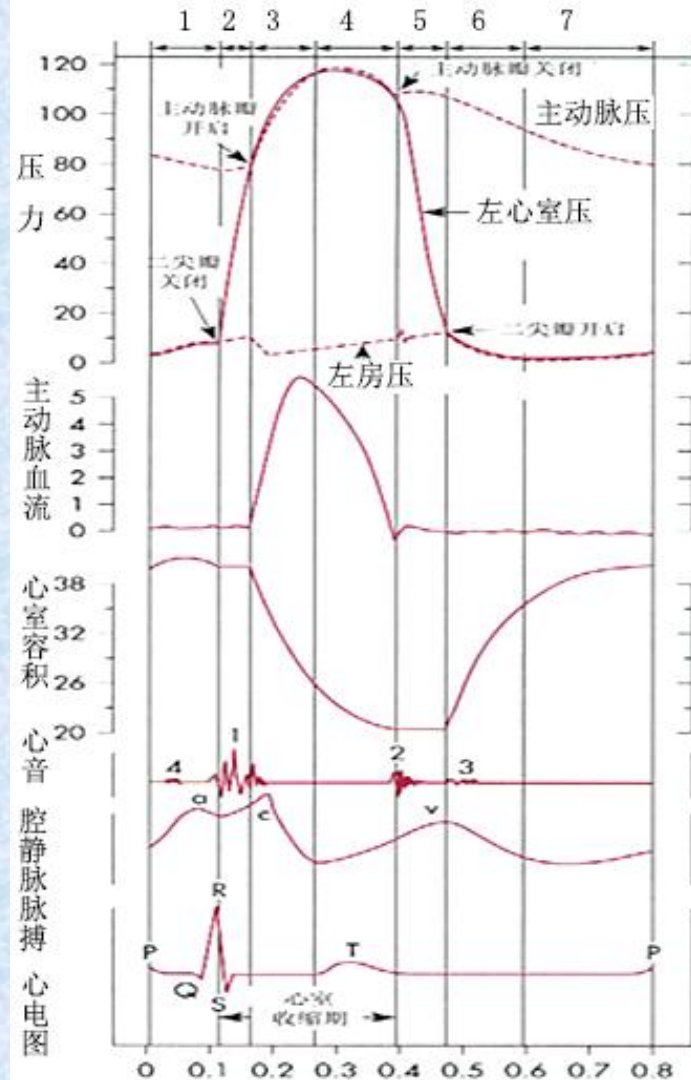
## 心室收缩期

- 2、等容收缩期 0.05s，动脉压<室内压>房内压；瓣膜关闭；室内压迅速上升，但低于动脉压。
- 3、快速射血期 0.1s室内压>动脉压；动脉瓣开放。心室向主动脉快速射血，室内压迅速上升到峰值。时间约占射血相1/3，射血量占总射血量的2/3左右。
- 4、减慢射血期 0.15s，室内压下降，仍>房内压；心室血量下降，射血量减少。



# 心室舒张期

- 5、等容舒张期 0.06-0.08s, 动脉压 > 室内压 > 房内压
- 6、快速充盈期 0.10s, 室内压 < 房内压 大量血液流入
- 7、减慢充盈期 0.22s, 室内压 < 房内压 心室充盈度高, 血流慢



## 三、心脏泵血功能的评价

### 1、心输出量

每搏输出量 成年男子约70ml

每分输出量= 每搏输出量 × 心率 约4-6L（简称心输出量）

剧烈运动时，达25-35L

### 2、射血分数

成年男子心室舒张末期容积150ml，表明每次收缩搏出部分血液。

搏出量占心室舒张末期容积的百分比，称射血分数。55-65%。

心功能正常者，搏出量可随心脏工作需要而变化，但射血分数基本不变。不同人的射血分数不同。

## 四、心脏泵功能的调节

心脏泵功能的调节主要是心输出量的调节，影响心输出量的因素主要是搏出量和心率。而搏出量又依赖于心肌的收缩力，作功能力。

### 1、搏出量的调节

#### 异长自身调节 Starling 定律

心室舒张末期容积与心肌收缩力成正比。

心肌收缩力是心肌纤维初长度的函数。

心肌收缩强度及其作功能力随前负荷-初长度的增加而增加（最适范围）。心肌最适 2.0-2.2 $\mu\text{m}$ 。舒张期末心肌细胞初长度由心室血液充盈量（回心血量）决定。

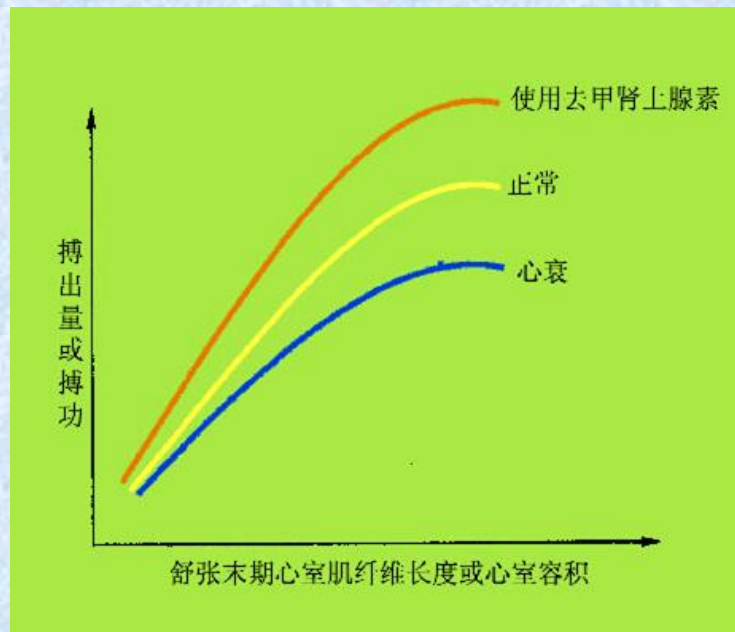


图5-13.1 心肌纤维初长度与心肌收缩力的关系

## 等长自身调节

和初长度无关的影响心肌收缩力的调节，包括激素、心肌纤维本身的状态、神经支配等等。

## 2、心率

心输出量又称每分输出量 = 搏出量 × 心率

当心率在40-180/min 范围 呈正比。

### 3、心力储备

心输出量随着机体代谢需要增加的能力。是心率和心肌收缩力合理匹配后的最大输出

正常成人最大输出量达到安静时的5-6倍。

#### 心力衰竭

当机体动用最大心力储备时仍不能满足机体的需要时，称为心力衰竭

## 第五节 血压、影响血压因素及微循环

# 一、血压与血压形成

1、血压 血液对血管壁的侧压力。

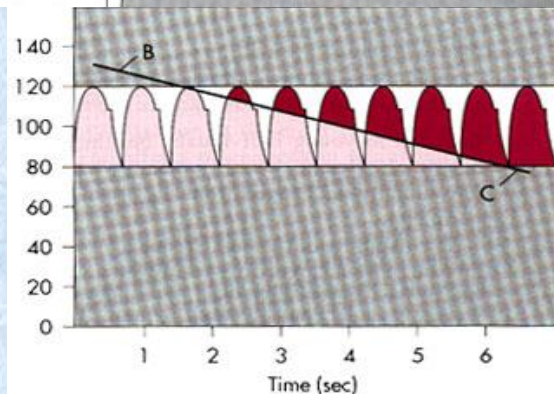
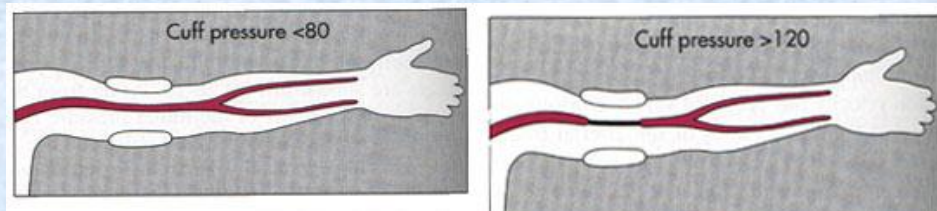
2、动脉血压测定方法：压脉带听诊（间接测定）

**正常值** 收缩压 100-120mmHg,  
舒张压 60-80mmHg  
脉压（收缩压与舒张压的差值）  
30-40mmHg

平均动脉压 = 舒张压 + 1/3 脉压

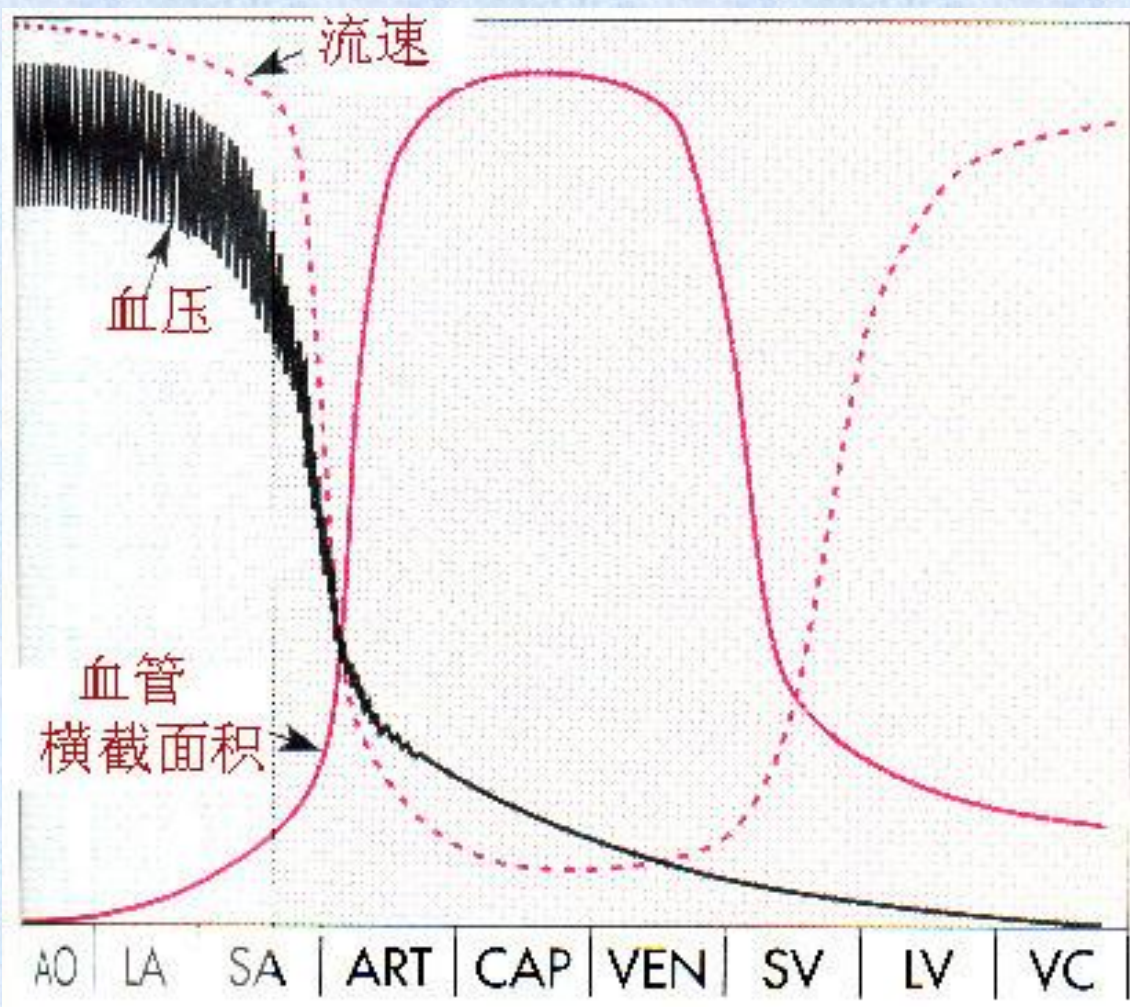
**高血压** 收缩压长期高于140mmHg,  
或舒张压长期高于90mmHg

**低血压** 收缩压长期低于90mmHg  
舒张压长期低于60mmHg



A. Consider that the arterial blood pressure is being measured in a patient whose blood pressure is 120/80 mm Hg. The pressure (represented by the oblique line) in a cuff around the patient's arm is allowed to fall from greater than 120 mm Hg (point B) to below 80 mm Hg (point C) in about 6 seconds.





### 3、动脉血压的形成和影响因素

#### 3.1 血流的泊肃叶定律

**血流量Q:** 单位时间内通过血管某一截面的血量。

**血流阻力R:** 血液在血管中流动的所遇到的阻力，主要来源于流动时血液间内摩擦和与管壁的摩擦。

$$Q = K \times (P_1 - P_2) = K \times \Delta P$$

$$R = 8 \eta L / (\pi r^4) \quad \eta \text{ 血液粘滞度} \quad L \text{ 血管长度}$$

$$Q = \Delta P \pi r^4 / (8 \eta L)$$

$$R = (8 \eta L) / \pi r^4 \quad \text{与血液粘滞度、血管长度成正比} \\ \text{与血管半径的四次方成反比}$$

## 3.2 血压的形成及影响因素

**3.2.1 每搏输出量** 主要影响收缩压、脉压。

**3.2.2 心率** 心率加快，心舒期缩短，所以舒张压升高，脉压下降。

**3.2.3 外周阻力** 影响血液流向外周，上升则舒张压升高、脉压下降（受血管口径、粘滞度影响）。

**3.2.4 大动脉管壁的弹性（顺应性）** 主要影响收缩压。老年人往往因动脉硬化，收缩压与舒张压都升高。

**3.2.5 循环血量** 体循环平均充盈压是形成血液重要条件，大量失血造成血液下降。

失血小于20%，通过神经体液调节  
仍可维持血压正常；  
失血达到30%，造成失血性休克。

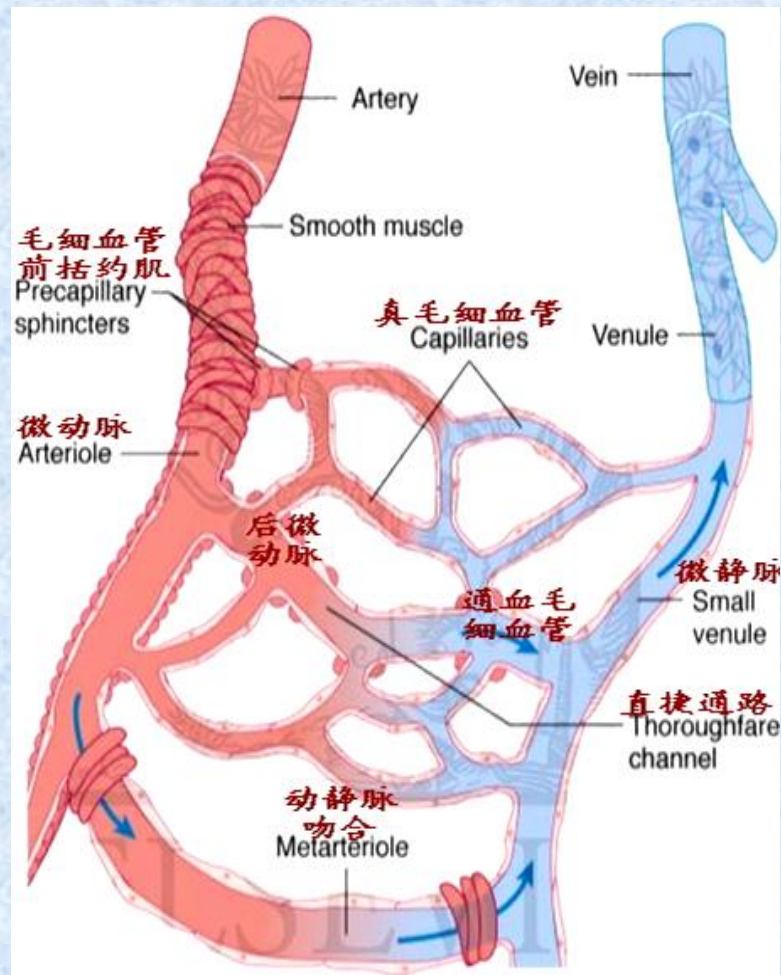


## 二、微循环与组织液生成

### 1、微循环

是指微动脉和微静脉之间的血液循环。

- 迂回通路      真毛细血管网      物质交换
- 直捷通路      微动脉--后微动脉--通血毛细血管--微静脉      快速通血
- 动静脉短路      微动脉--动静脉短路--微静脉      参与体温调节



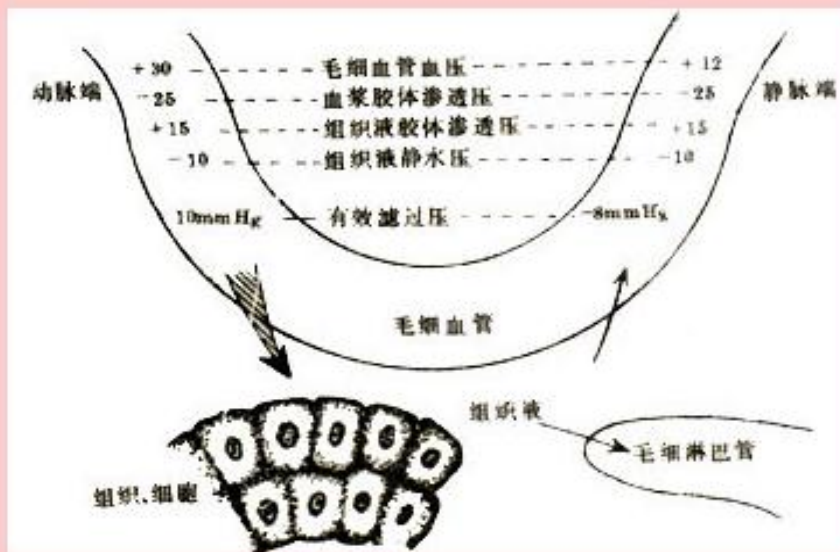
## 2、组织液的生成与回流

血浆成分  $\xrightarrow[\text{管壁}]{\text{毛细血}}$  组织液

有效过滤压 = [毛细血管压 + 组织液胶体渗透压] - [组织液静水压 + 血浆胶体渗透压]

动脉端:  $V = (30 + 15) - (10 + 25) = 10$

静脉端:  $V = (12 + 15) - (10 + 25) = -8$



### 3、影响组织液生成的因素与水肿

#### 1. 毛细血管血压

Cap压 $\uparrow$   $\rightarrow$  组织液 $\uparrow$   $\rightarrow$  水肿  
(如静脉回流受阻)

#### 2. 血浆胶体渗透压

胶渗透压 $\downarrow$   $\rightarrow$  组织液 $\uparrow$   $\rightarrow$  水肿  
(如肝功受损低蛋白、肾炎蛋白尿等)

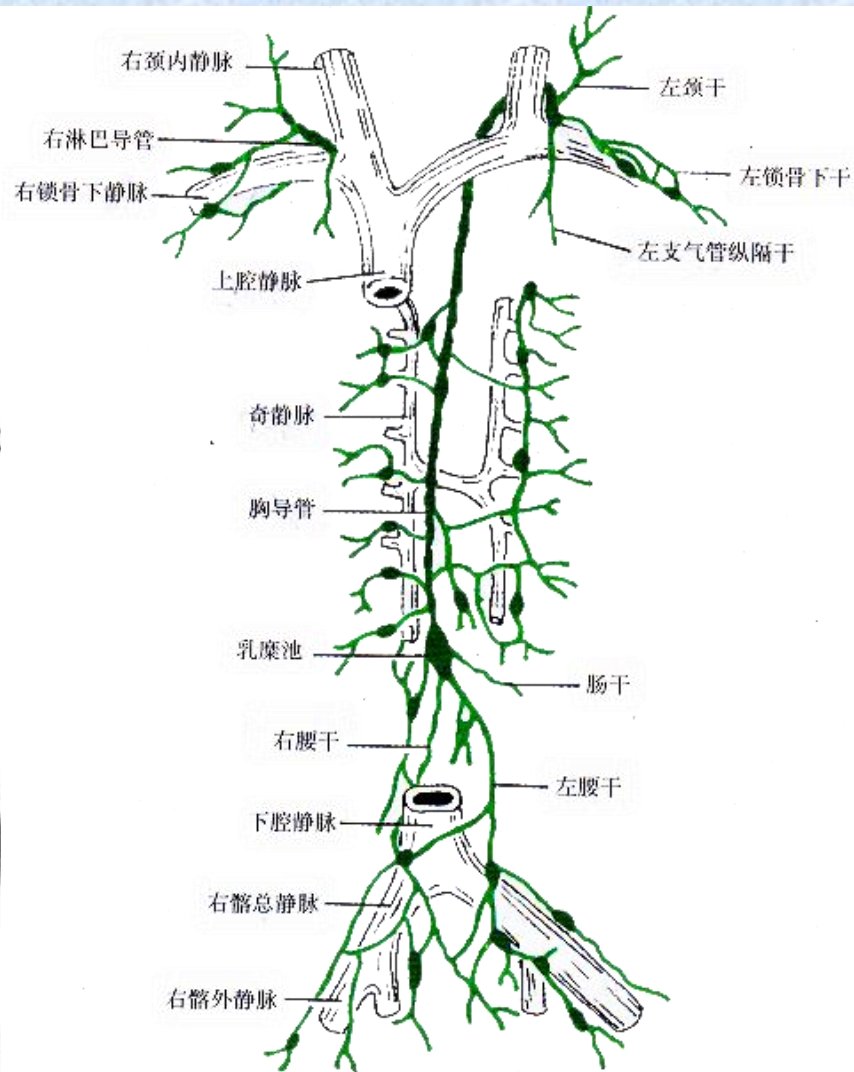
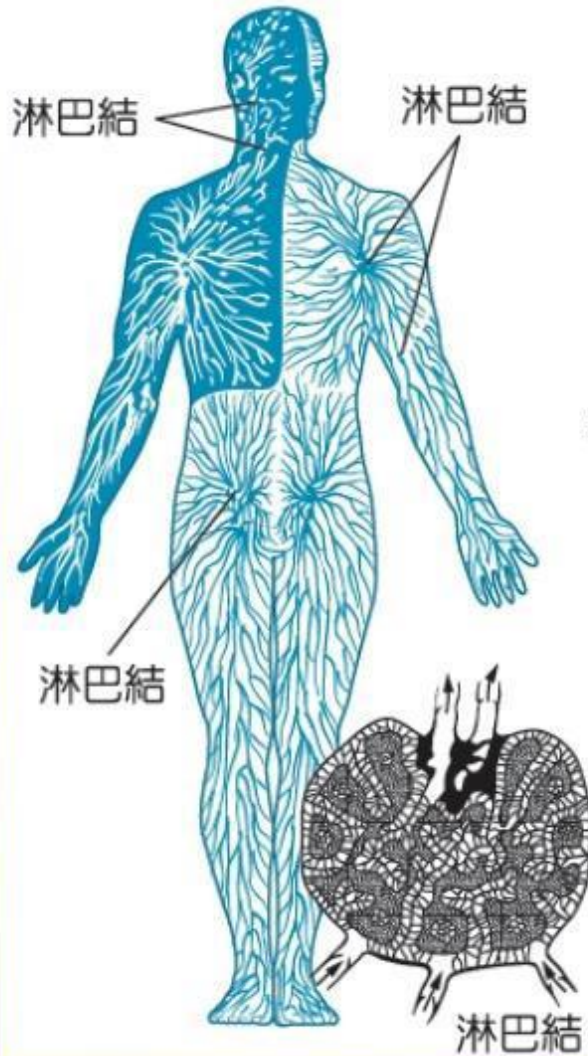
#### 3. 淋巴回流

淋巴回流受阻  $\rightarrow$  组织液积聚  $\rightarrow$  水肿 (如淋巴管炎)

#### 4. 毛细血管通透性

毛细血管通透性 $\uparrow$   $\rightarrow$  组织液 $\uparrow$   $\rightarrow$  水肿 (如过敏)





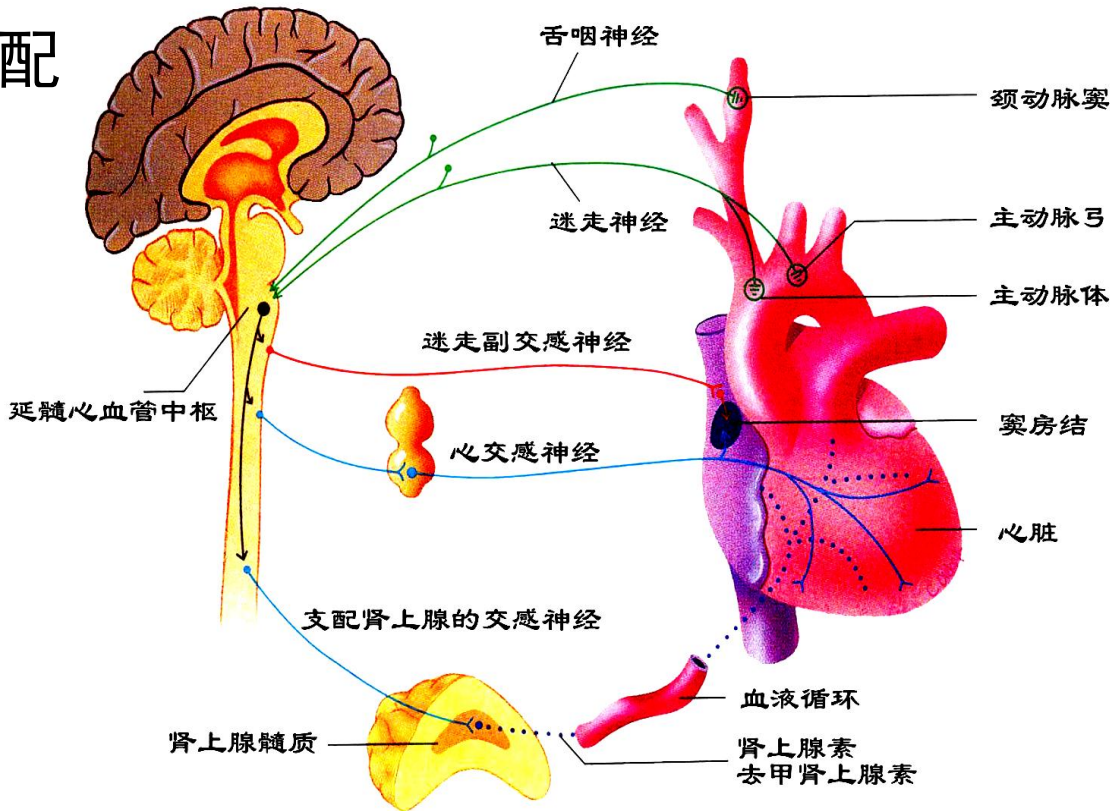
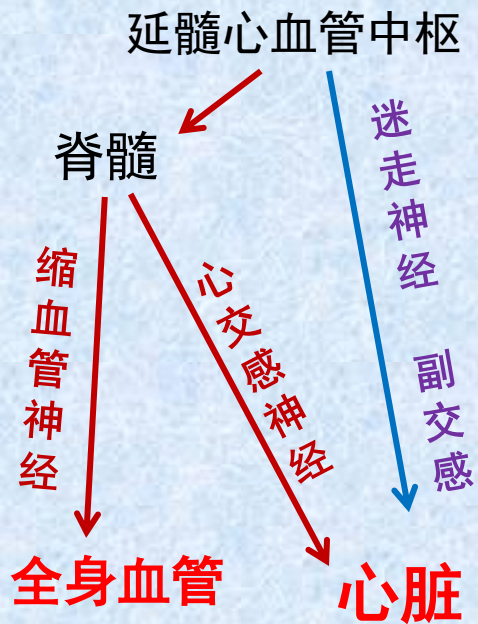




## 第六节 心血管活动的调节

# 一、神经反射调节

## 1、心脏和血管的神经支配



心血管功能的调节

## 1.1 心交感功能

作用：心率上升（正性变时）  
传导速度上升（正性变传导）  
心肌收缩力增强（正性变力）

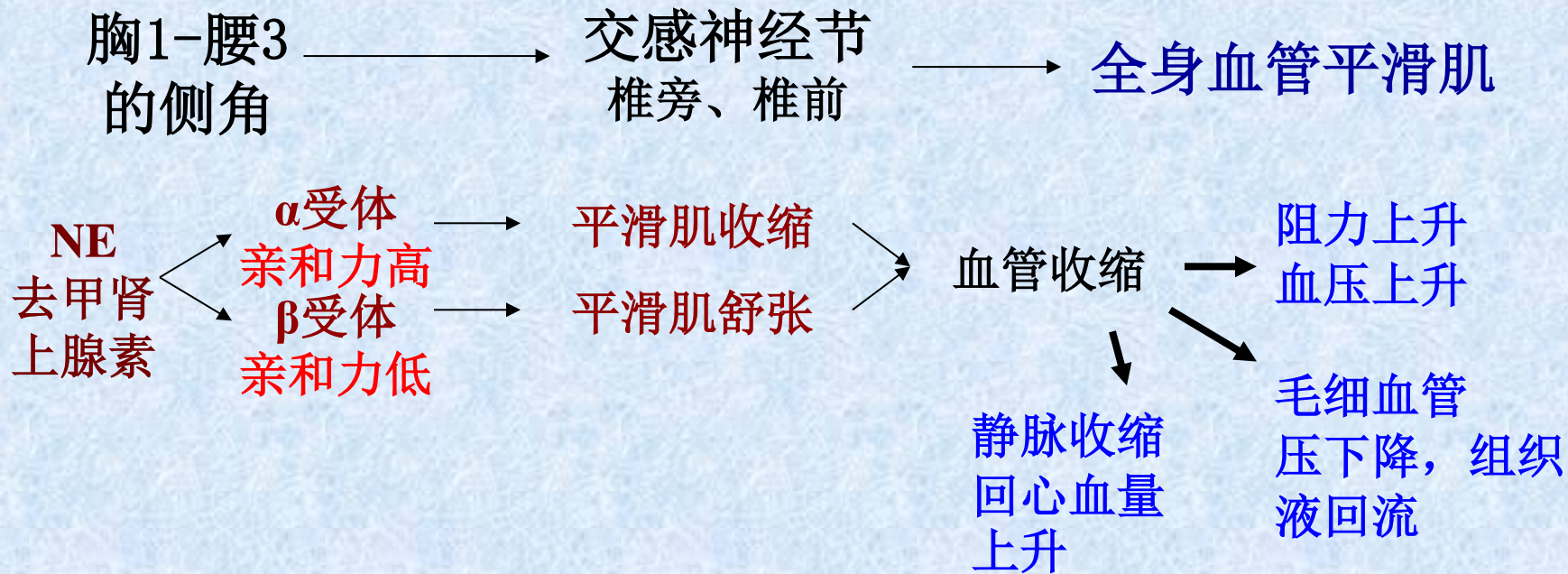
## 1.2 心迷走功能

作用：心率下降（负性变时）  
传导速度下降（负性变传导）  
心肌收缩力减弱（负性变力）

## 1.3 血管的神经支配

### 缩血管神经

都为交感神经，也称交感缩血管神经。

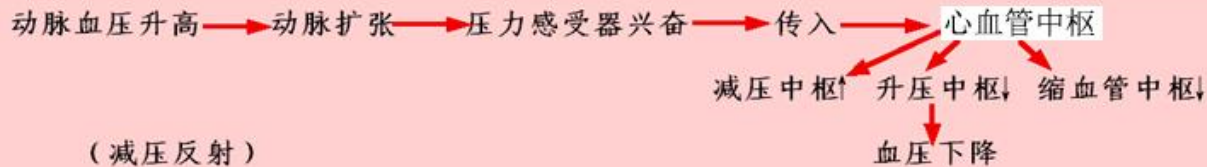
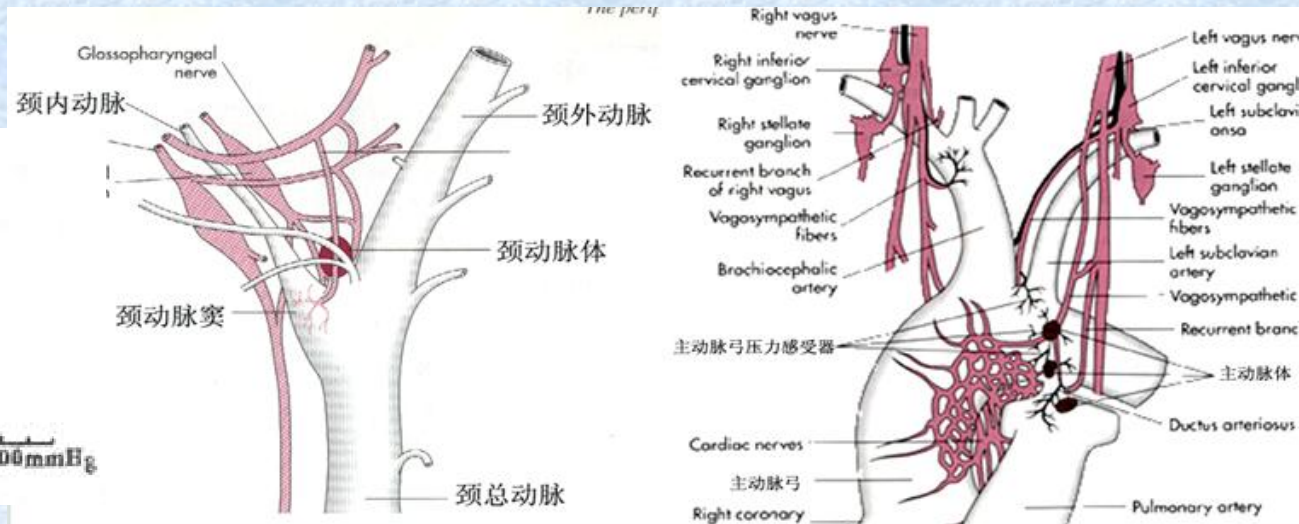
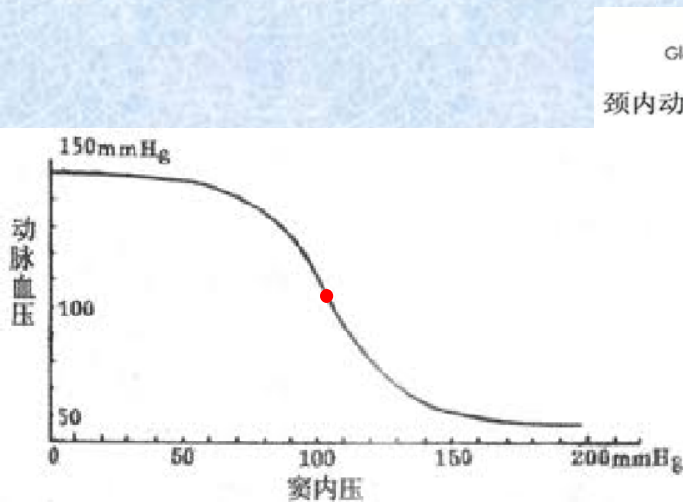


## 舒血管神经

	交感舒血管N	副交感舒血管N	脊髓背根舒血管N
中枢	皮质运动区	脑干副交感核	
分布	骨骼肌血管	软脑膜、消化腺 外生殖器血管	
递质	ACh	ACh	P物质或组胺
受体	M	M	
作用	血管舒张	血管舒张	局部血管舒张
特点	①不参与血压调节 ②平时无作用 ③与情绪、运动有关	①不参与血压调节 ②参与调节局部血流	轴突反射

## 2、心血管反射调节

### 2.1 颈动脉窦和主动脉弓压力感受性反射（减压反射）



## 2.2 颈动脉体和主动脉体化学感受性反射

$PO_2 \downarrow$   $[H^+] \uparrow$   $PCO_2 \uparrow$  等

颈动脉体和主动脉体外周化学感受器 (+)

↓ 窦、弓N

孤 束 核

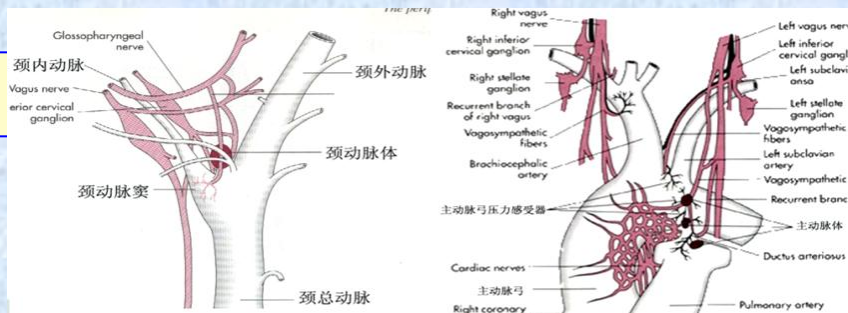
↓ 呼吸中枢 (+)

↓ 呼吸加深加快

↓ 间接

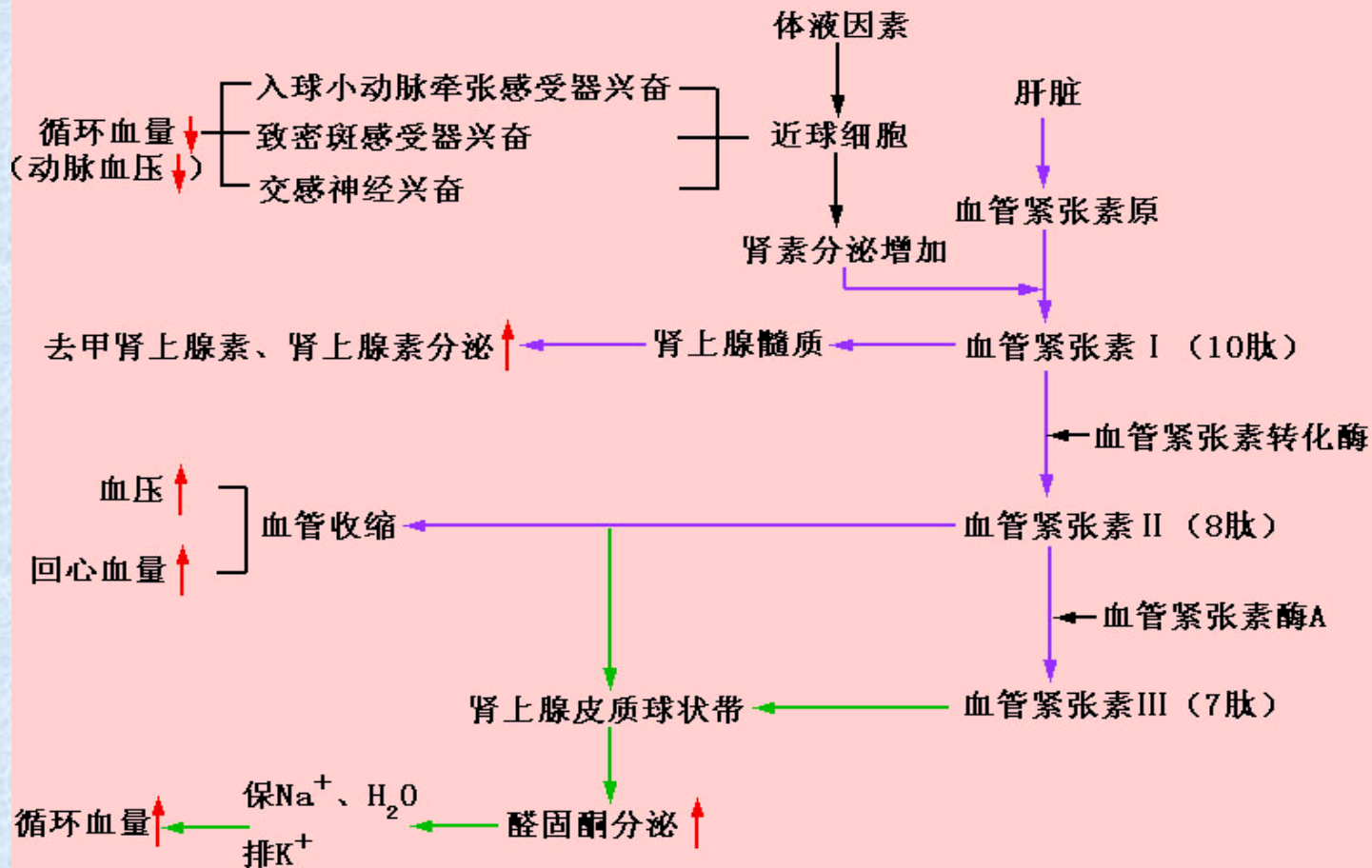
↓ 心率、心输出量、外周阻力 ↑

↓ 血 压 ↑



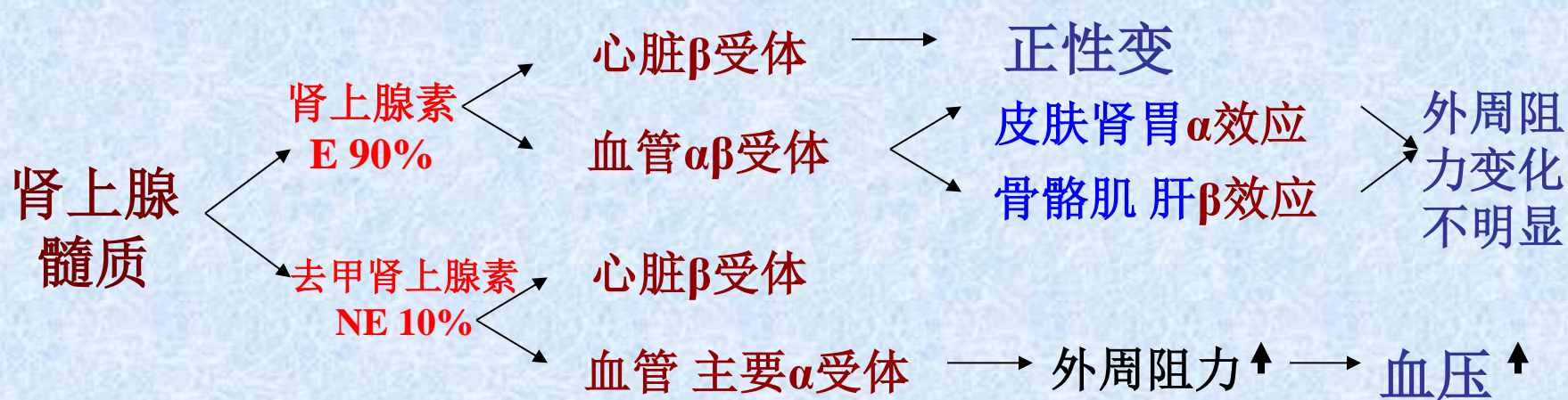
## 二、体液调节

### 1. 肾素和血管紧张素系统

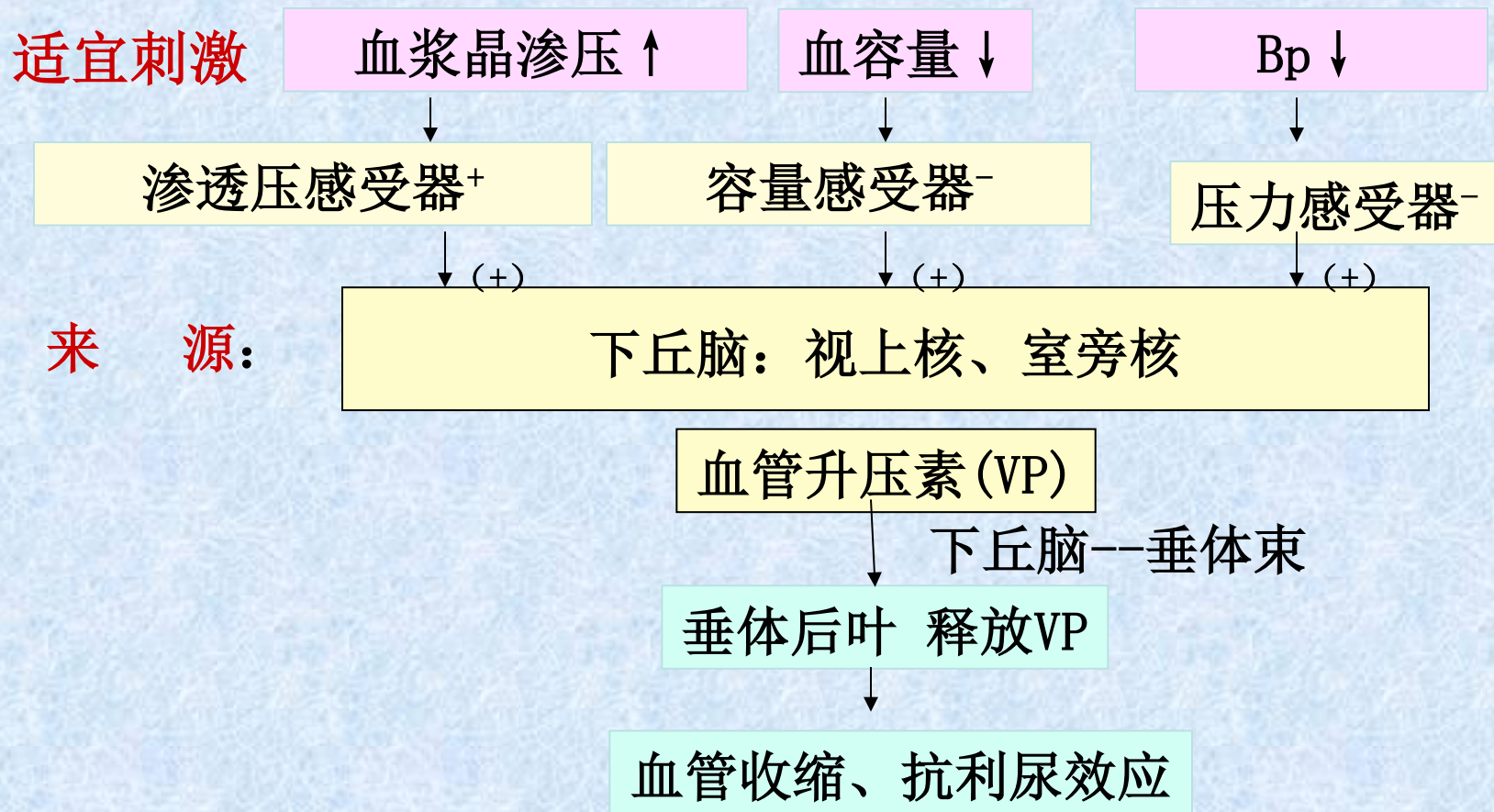




## 2. 肾上腺素和去甲肾上腺素



### 3. 血管升压素 (VP) = (抗利尿素 ADH)



## \* 高血压及其预防

### 主要病因：

1、遗传

2、交感神经活动亢进 原发性患者40%血中交感递质高

3、肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活 RAAS

4、肾脏潴留过多钠盐 患者中盐敏感占25%-42%

5、胰岛素抵抗 高血压患者半数存在胰岛素抵抗，  
最终引起钠潴留。

6、免疫因子增加

**END OF THIS SECTION**