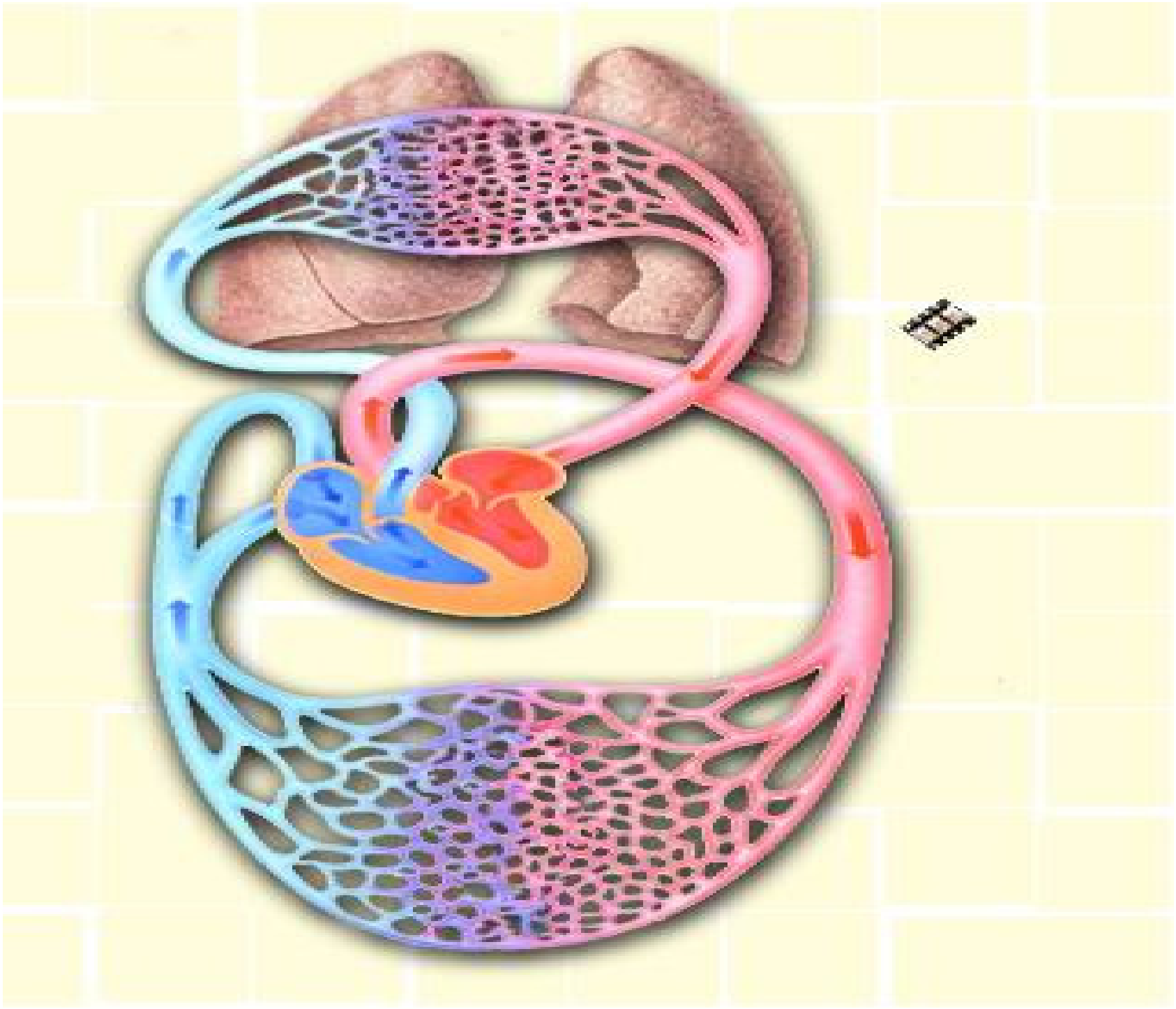




# 第四章 血液循环



# 第一节 心脏生理

## 一、心肌的生物电现象

### (一) 心肌细胞分类

- 1、自律细胞和非自律细胞
- 2、快反应细胞和慢反应细胞

## (二) 心肌细胞的跨膜电位及其形成机制

### 1、工作肌细胞的跨膜电位及其形成机制

#### 1) 心室肌细胞静息电位

幅度：-90mV。

机制：K<sup>+</sup>平衡电位

## 2) 心室肌细胞静息电位

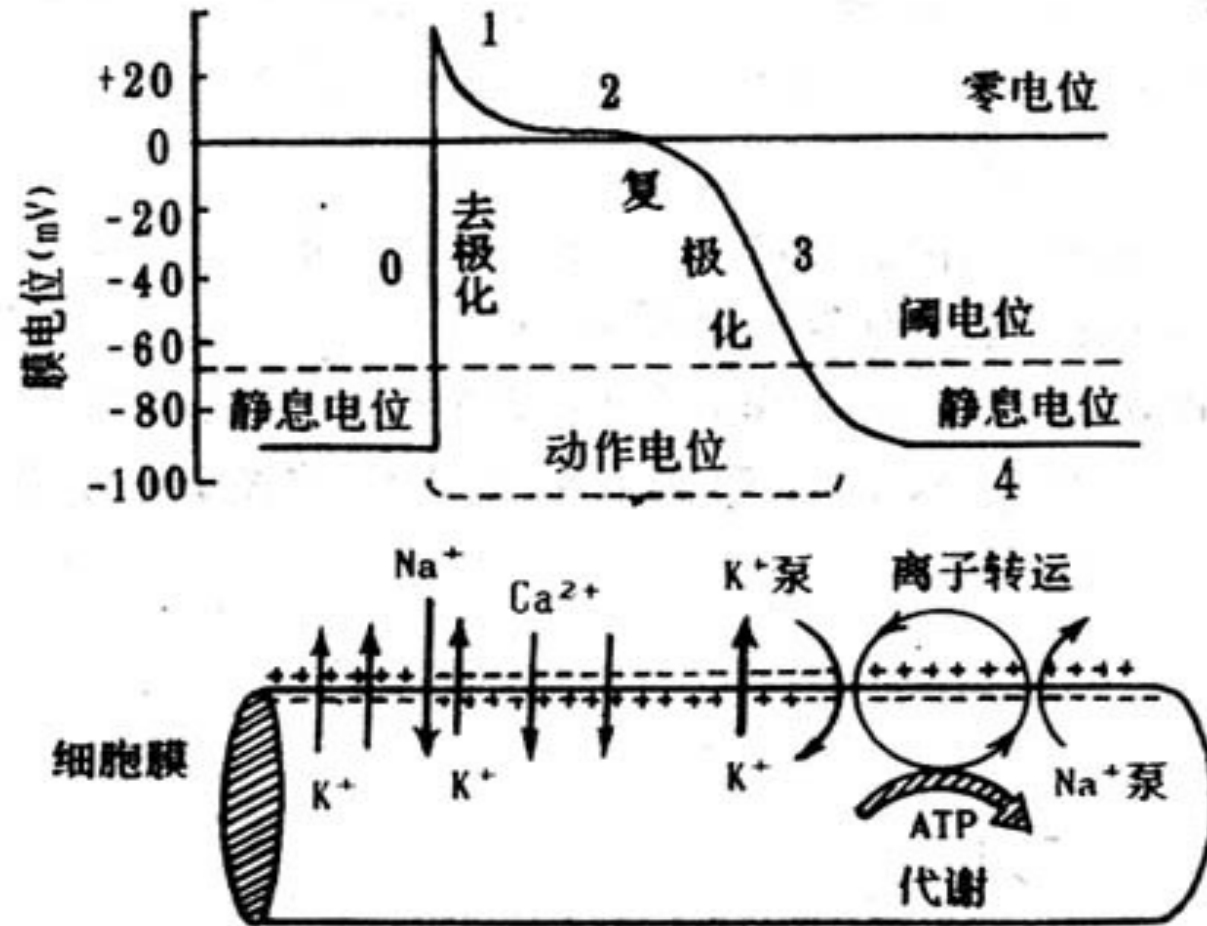
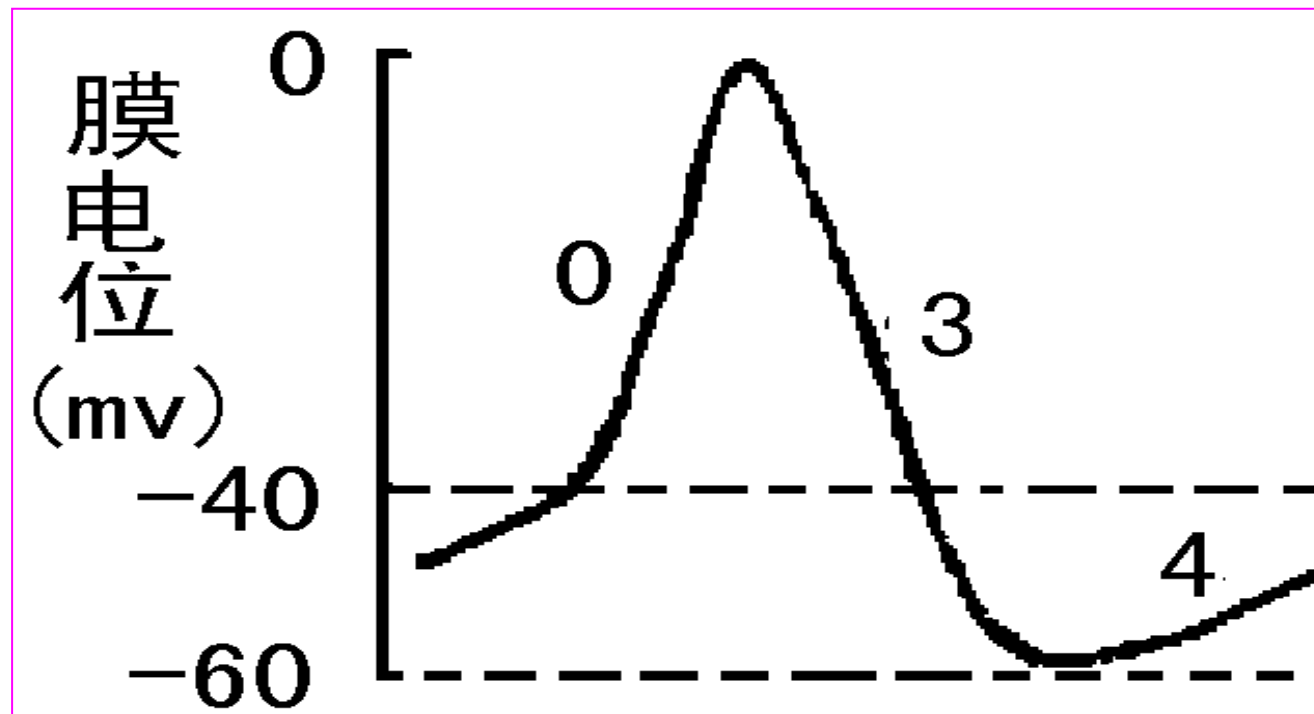
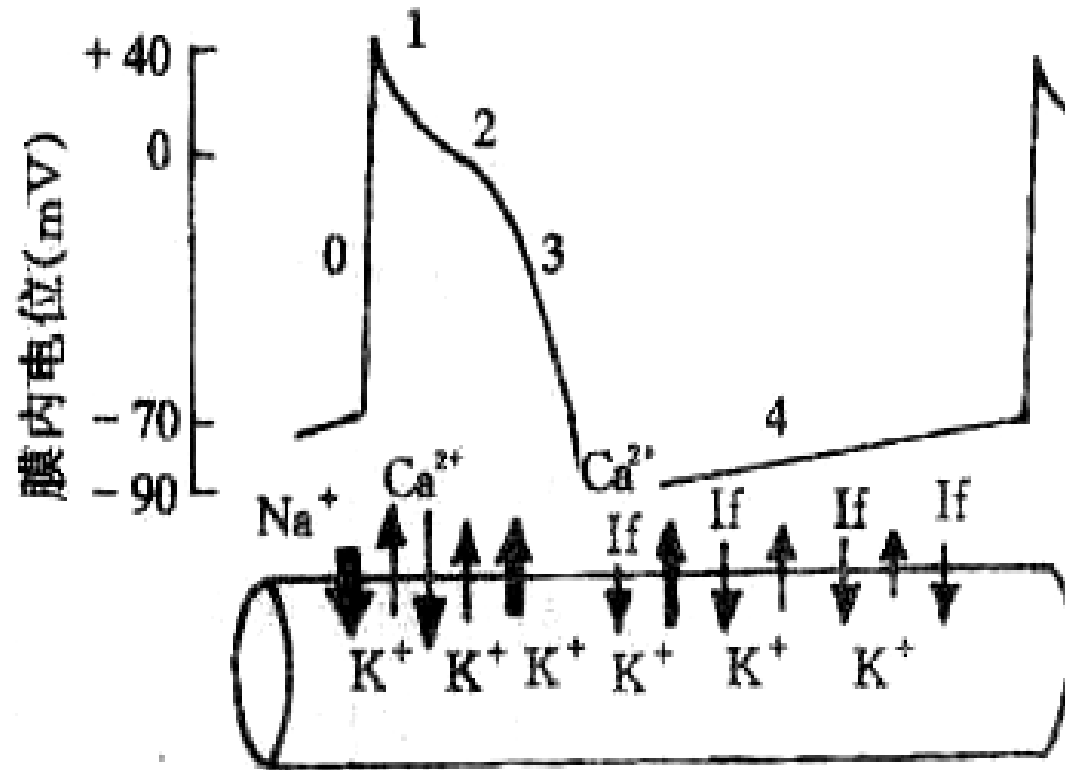


图 3-3 心室肌动作电位, 通透性变化及离子运动

## 2、窦房结的跨膜电位及其形成机制



### 3 浦肯野细胞动作电位



## 二、心肌生理特性

兴奋性 }  
自律性 } 电生理特性  
传导性 }  
收缩性—— 机械特性



## (一) 自动节律性

1、心脏的正常起搏点：窦房结--100次/分

潜在起搏点：房室交界区--50次/分

浦肯野细胞--25次/分

窦性心律：窦房结控制的心搏节律。

异位节律：异位起搏点引起的心脏活动。

2、影响自律性的因素

(1) 4期自动去极化速度

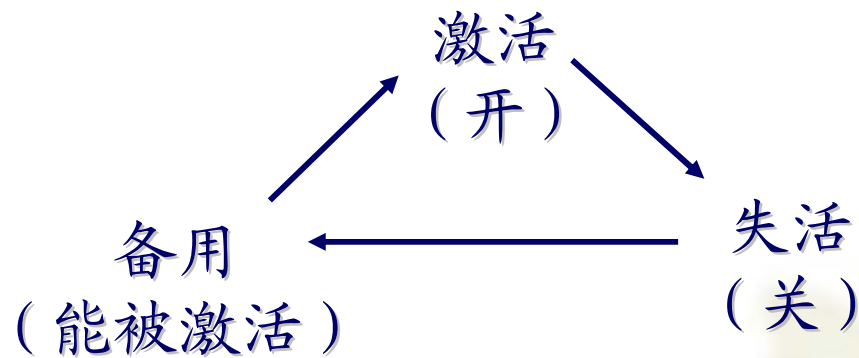
(2) 最大复极电位

(3) 阈电位水平

## (二) 兴奋性

钠、钙通道的性状:

细胞膜上大部分钠、钙通道是否处于备用状态，是该心肌是否具有兴奋性的前提。



## 1、心肌兴奋性的周期性变化

\*有效不应期:

①绝对不应期: 膜电位 $-55\text{mV}$ 以前, 钠通道失活

②局部兴奋: 膜电位 $-55\text{mV} \sim -60\text{mV}$

\*相对不应期: 钠通道大部分复活, 膜电位 $-60\text{mV} \sim -80\text{mV}$ 。

\*超常期: 钠通道复活, 膜电位 $-80\text{mV} \sim -90\text{mV}$ ,  
接近阈电位

## 2、影响心肌兴奋性的因素

\*静息电位和阈电位之间的差距

\*钠通道状态

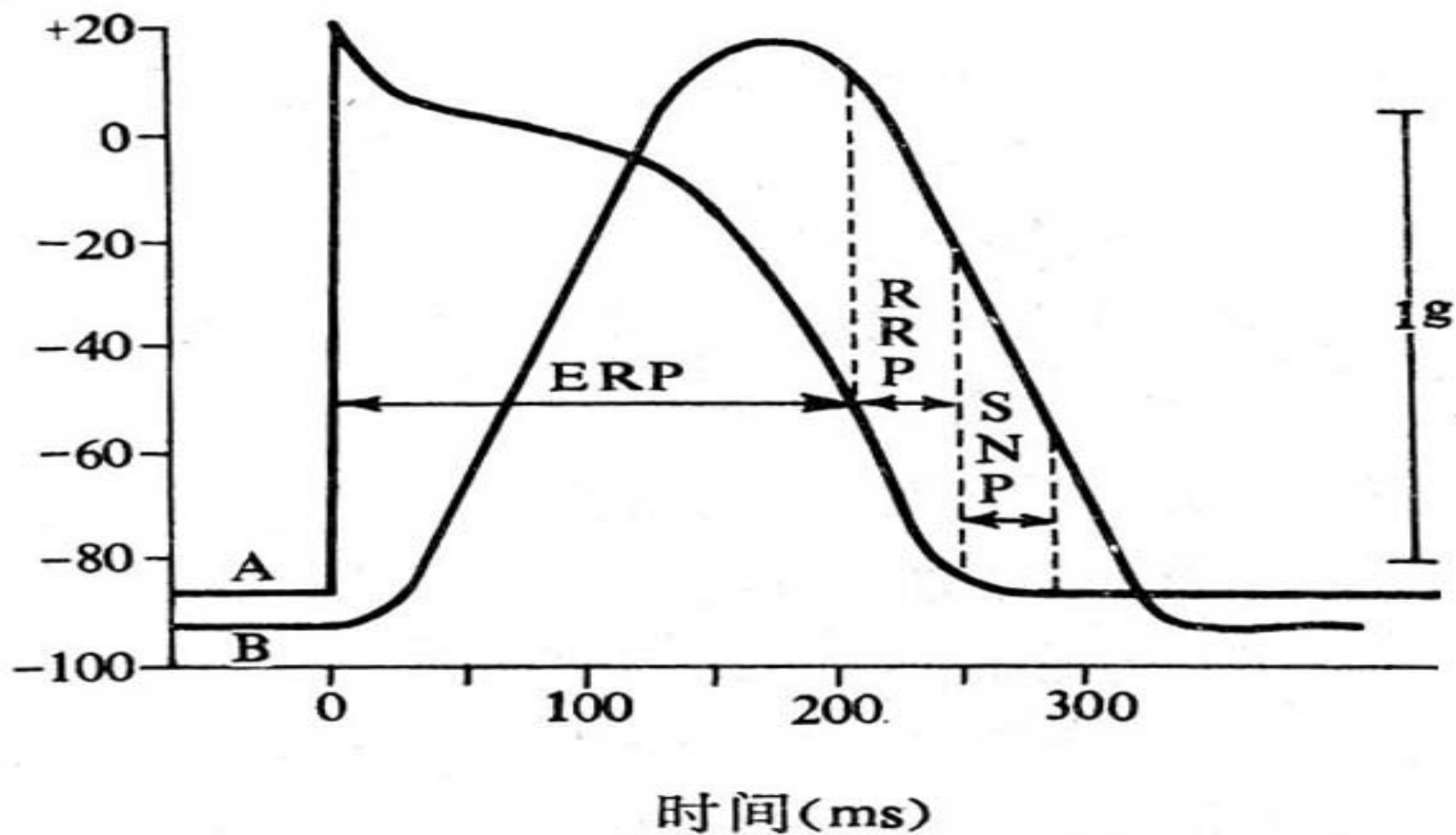
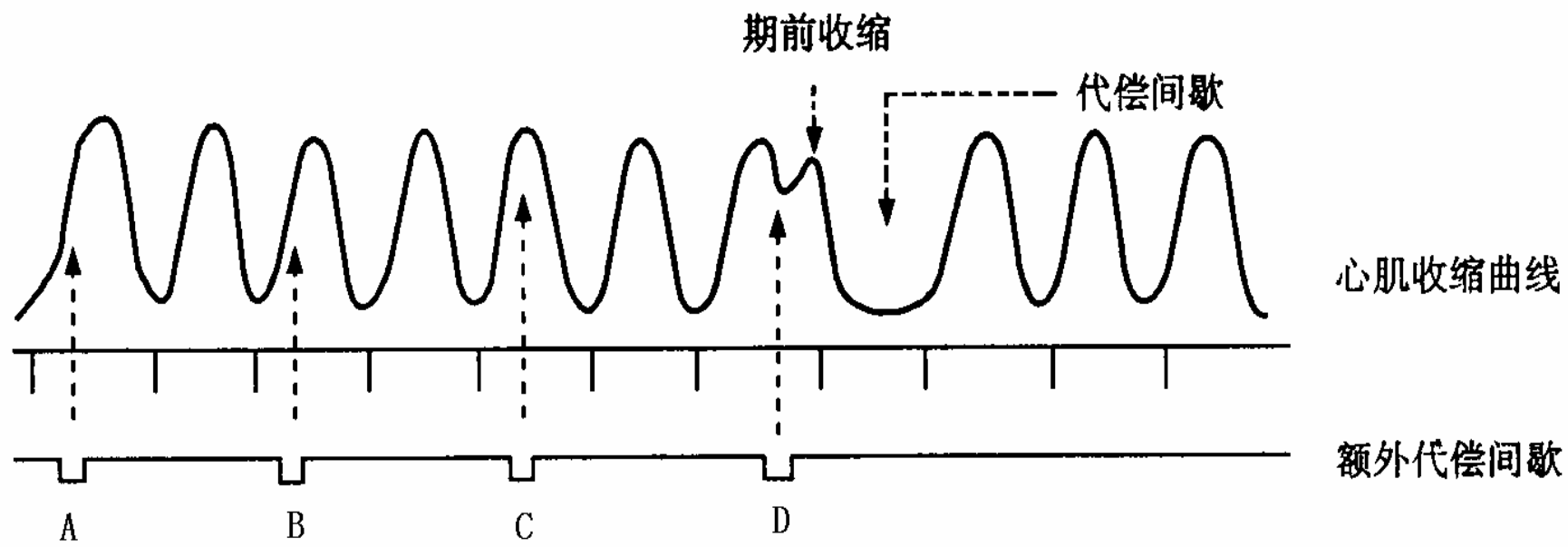
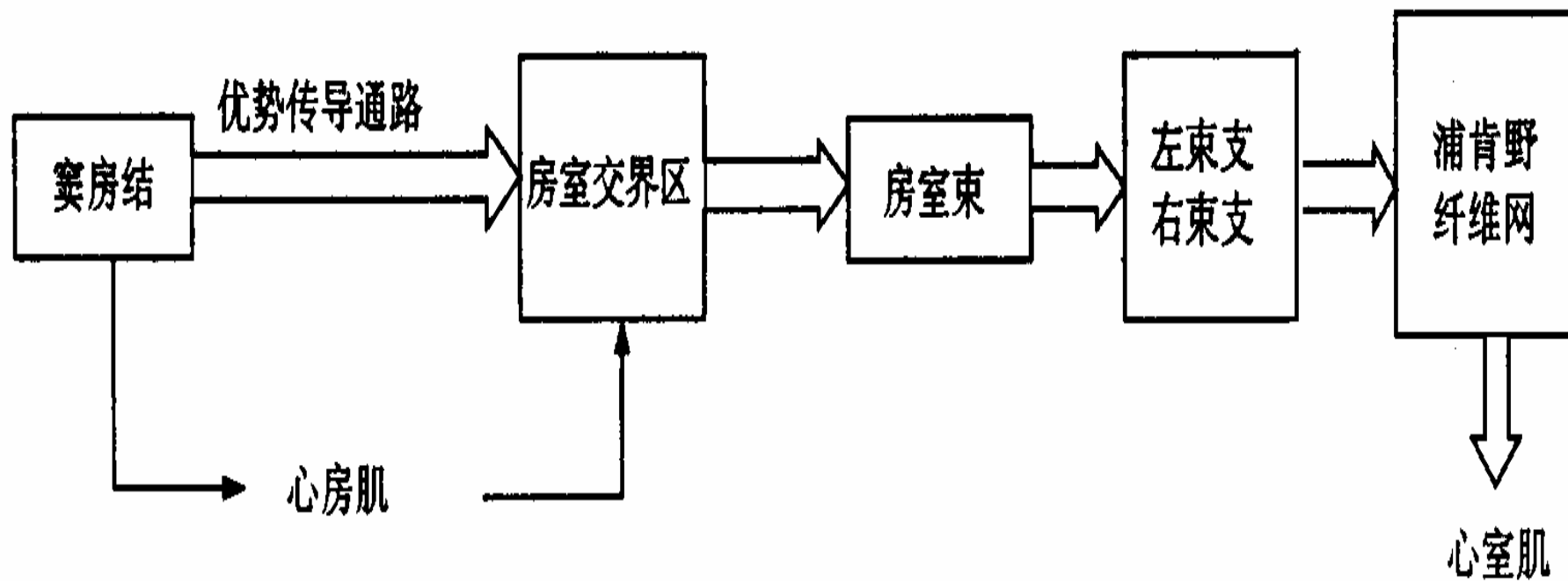


图 4-10 心室肌动作电位期间兴奋性的变化及其与机械收缩的关系  
 A: 动作电位 B: 机械收缩 ERP: 有效不应期  
 RRP: 相对不应期 SNP: 超常期

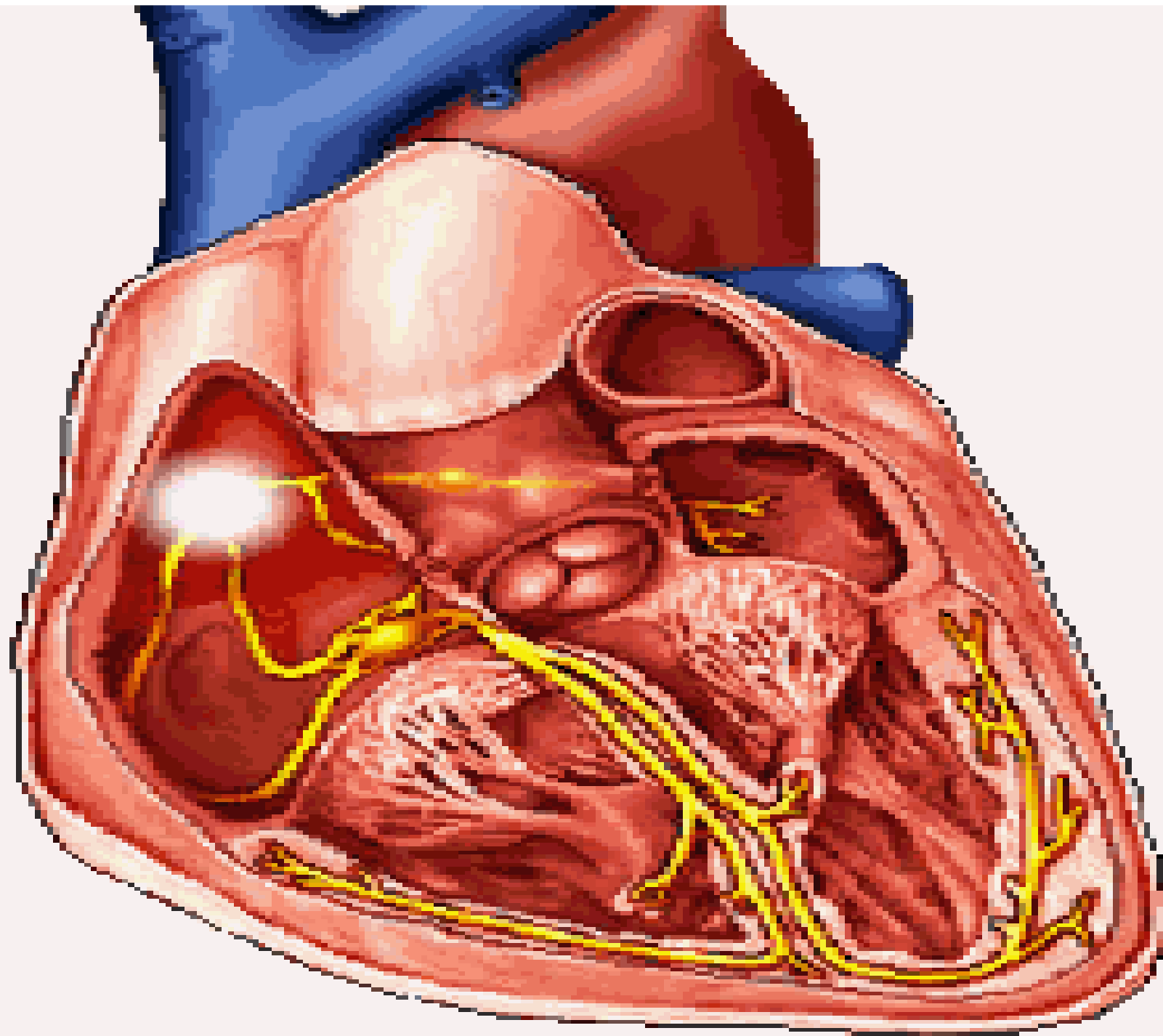


期前收缩与代偿间歇示意图

### (三) 传导性



心内兴奋传导途径示意图



## 影响传导性的因素

- \*结构因素
- \*0期去极化速度和幅度
- \*邻近部位 膜的兴奋性



## (四) 收缩性

- 1、不发生强直收缩:
- 2、“全或无”式的收缩
- 3、对钙离子的依赖性
- 4、“绞拧”作用

## 三、心脏的泵血功能

### (一) 心动周期和心率

心动周期：心脏每收缩和舒张一次，也称一次心跳。

心率：单位时间内（每分钟）心脏跳的次数。

60~100次 /min ， 平均每分钟75次。

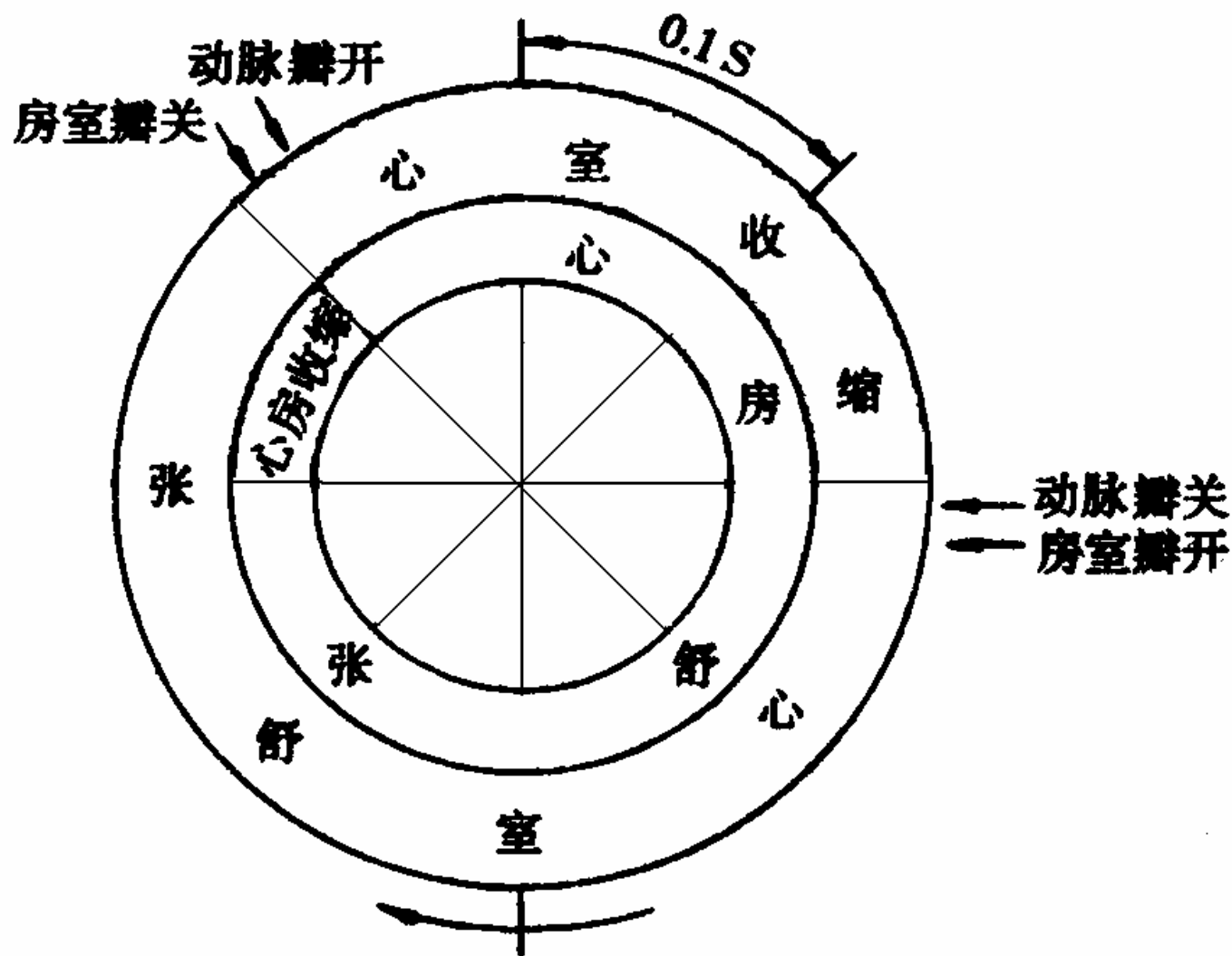


图 4-1 心动周期中心房心室活动的顺序和时间关系

## (二) 心脏的泵血过程

1. 心房收缩期：是心动周期的起点

2. 心室收缩期

等容收缩期

快速射血期

减慢射血期

3. 心室舒张期

等容舒张期

快速充盈期

减慢充盈期



### (三) 心脏泵血功能的评价

#### 1、心脏的输出量

\*每搏输出量

\*每分输出量

\*心指数

\*射血分数

#### 2. 心脏做功

搏功=搏出量 \* (平均动脉压-平均心房压)

每分功=搏功 \* 心率

## (四) 影响心输出量的因素

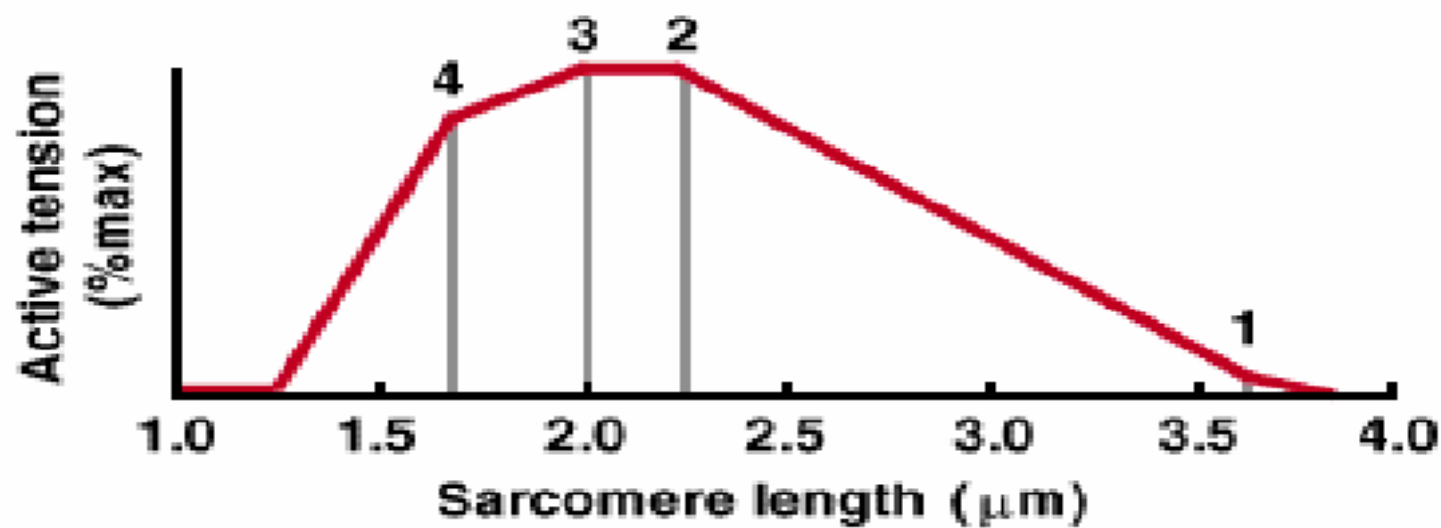
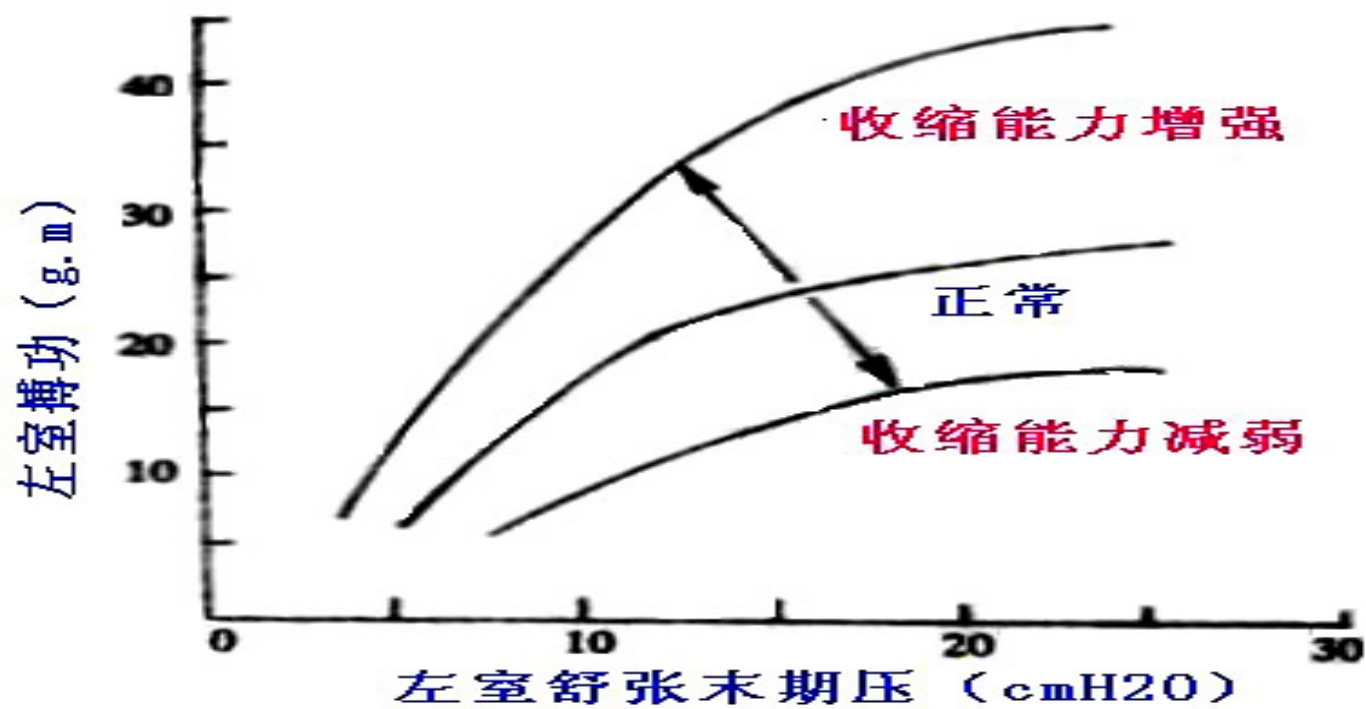
### 1、搏出量

1) 前负荷

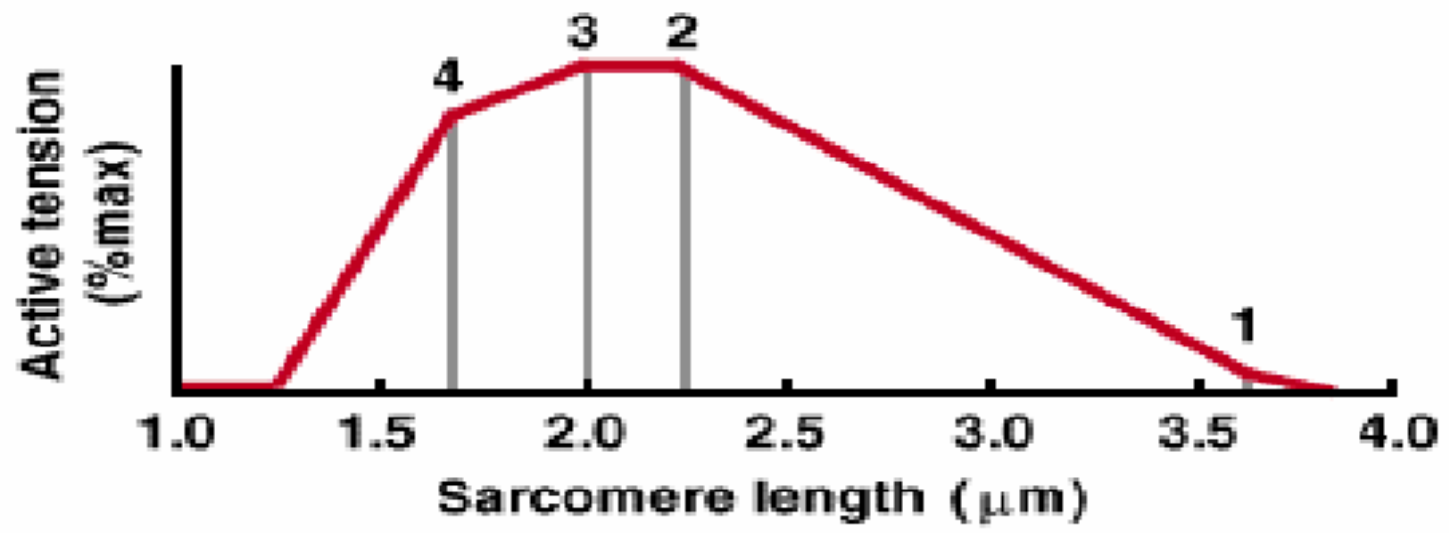
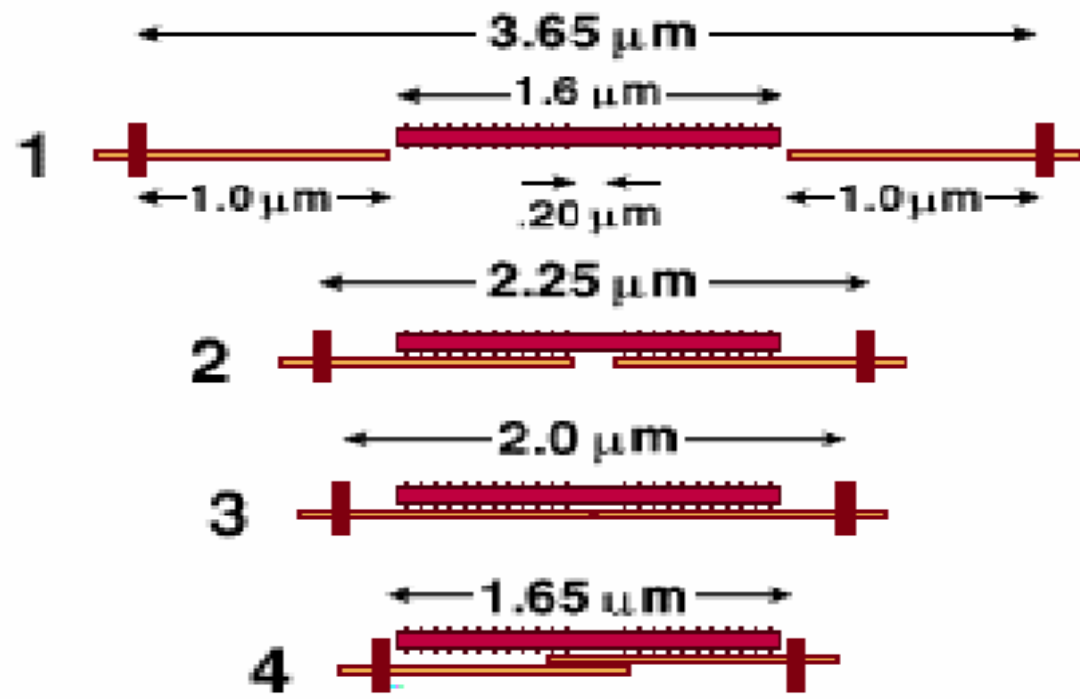
2) 后负荷

3) 心肌收缩能力

### 2、心率







## (五) 心力储备

1. 心率储备：使心输出量提高2-2.5倍。

2. 搏出量储备

收缩期储备：55-65ml

舒张期储备：15ml

## (六) 心音

	第一心音	第二心音
性质	音调低、时间长	音调高，时间短
主要成因	心室收缩；房室瓣关闭；血流冲击动脉壁	主动脉瓣、肺动脉瓣关闭
生理意义	标志心室收缩开始	标志心室舒张开始
最佳听诊部位	左锁中线第五肋间	第二肋间胸骨左右缘
临床意义	心室肌收缩力大小；房室瓣功能	动脉压高低；动脉瓣功能

## 第二节 血管生理

各类血管：

1. 弹性贮器血管：主A、肺A及大动脉
2. 分配血管：中动脉（如肾动脉）
3. 阻力血管：小A及微A
4. 交换血管：真毛细血管
5. 容量血管：静脉（容量大，易扩张，  
血量60-70%）

# 一、血流量、血流阻力和血压

(一) 血流量:

$$Q = \Delta P / R$$

**血流速度:** 主动脉内血流速度最快,  
毛细血管内的血流最慢。

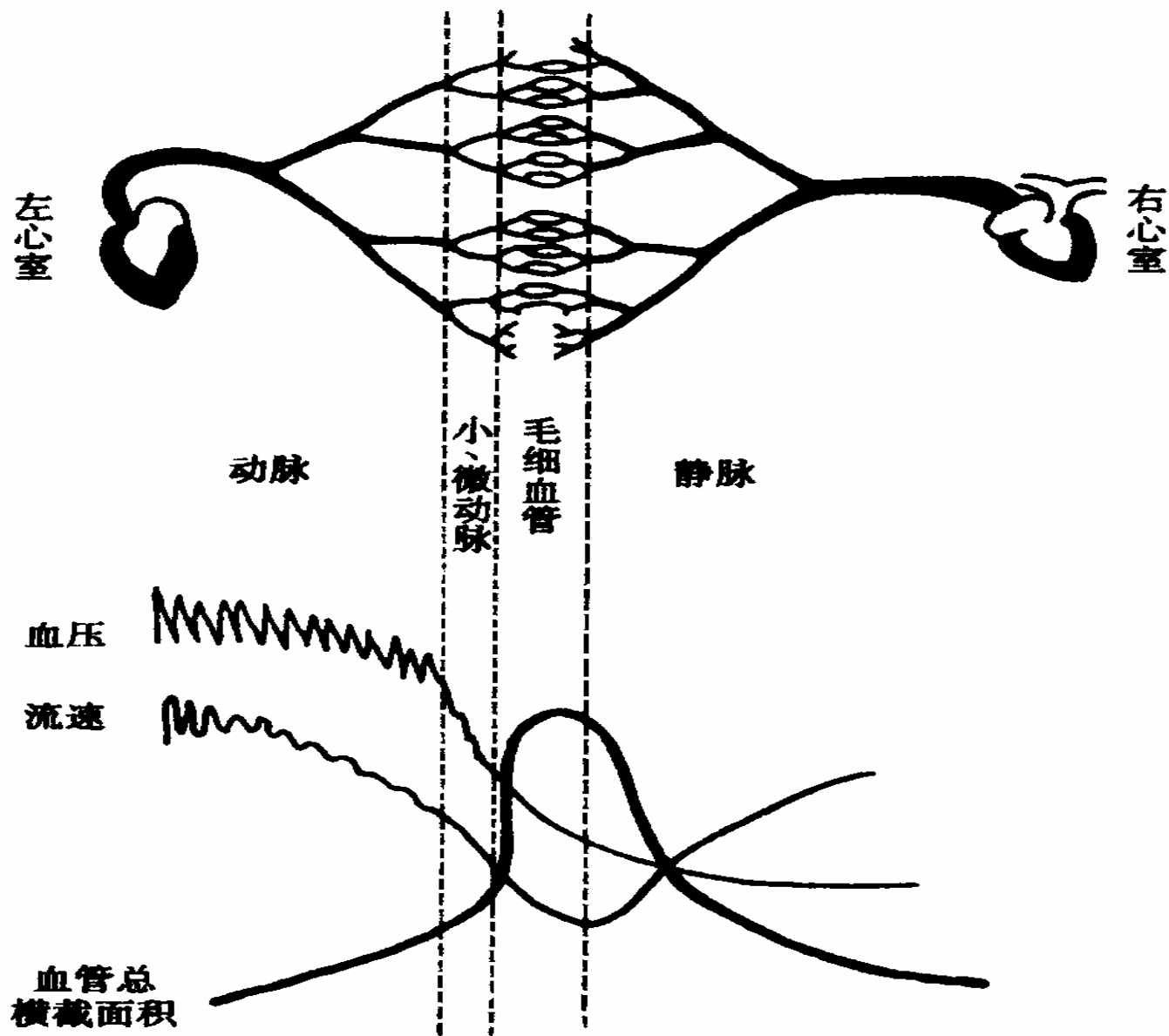


图4-10 各段血管的血压、血流速度和血管总横截面积关系示意图

## (二) 血流阻力

$$R=8L\eta/\pi r^4$$

在体循环的血流阻力中，  
大动脉约占19%，  
小、微动脉约占47%，  
毛细血管约占27%，  
静脉约占7%。

### (三) 血压

血压：指血管内流动的血液对于单位面积血管壁的侧压力。

\* 形成条件：

- 1、血液充盈
- 2、心脏收缩与射血

\* 血压的变化

由于血液流动过程中不断克服阻力消耗能量，因此血压是逐渐降低的。以小、微动脉阻力最大，血压降低的幅度也最大。



## 二、动脉血压

### (一) 动脉血压正常值

动脉血压：一般是指主动脉内的血压，  
通常以肱动脉的血压代表主动脉血压。

收缩压：90 - 140mmHg

舒张压：60-90mmHg

脉压：30-40mmHg

平均动脉压=舒张压+1/3脉压

## (二) 动脉血压形成

前提条件：血管系统中有足够的血液充盈

基本条件：心脏射血和外周阻力

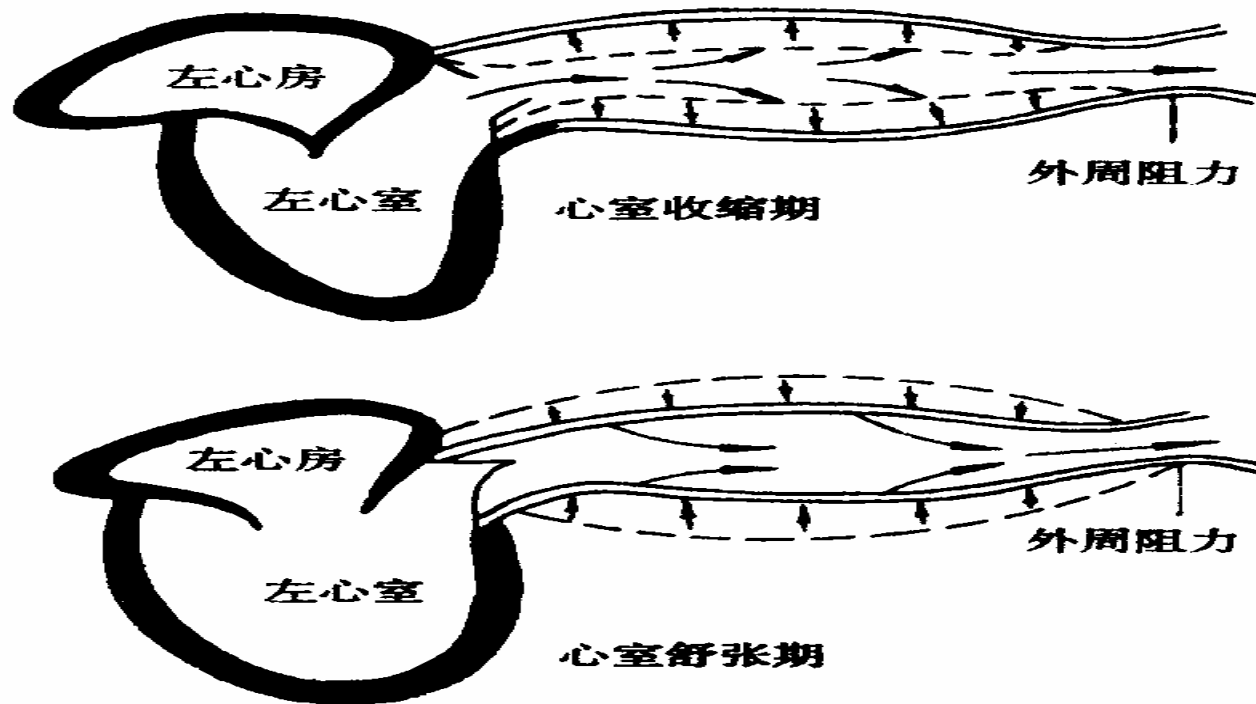


图4-11 大动脉管壁弹性的作用示意图

### (三) 动脉血压影响因素

	收缩压	舒张压	脉压
搏出量 ↑	↑	↑	↑
心率 ↑	↑	↑	↓
外周阻力 ↑	↑	↑	↓
循环血量与血管容积的比值 ↓	↓	↓	↓
大A弹性 ↓	↑	↓	↑

## 三、静脉血压和静脉回心血量

### (一) 静脉血压

1. 外周静脉压
2. 中心静脉压 (CVP)

#### CVP的影响因素:

1. 心脏射血能力
2. 静脉回流量

#### 意义:

1. 反映心功的指标
2. 控制补液量的指标 : CVP>16cmH<sub>2</sub>O时, 输液慎重。

## (二) 影响静脉血回流的因素

主要受外周静脉压和CVP之差的影响

- ① 体循环平均充盈压
- ② 心肌收缩力
- ③ 体位改变
- ④ 骨骼肌的挤压作用
- ⑤ 呼吸运动

## 四、微循环

### (一) 微循环的组成

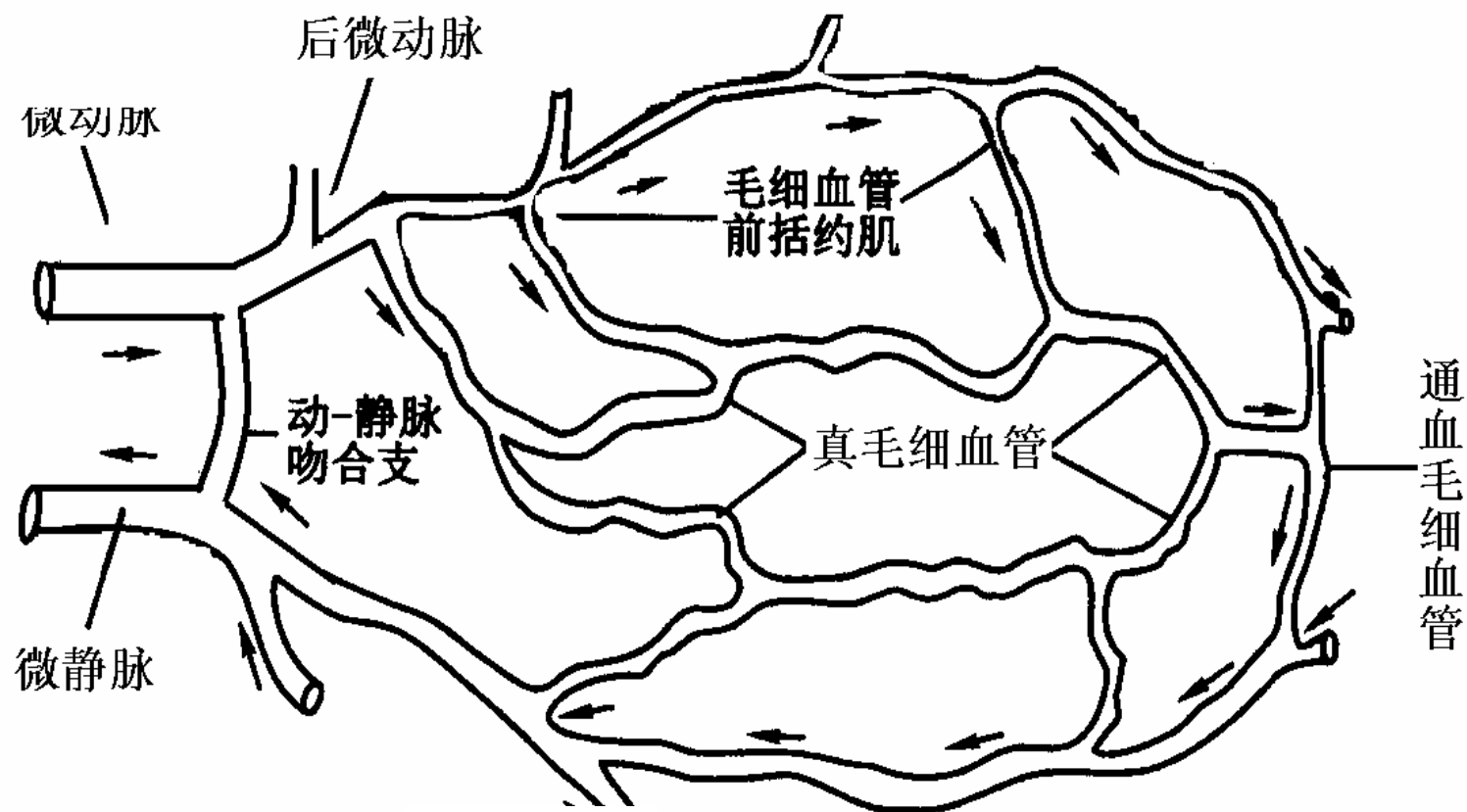


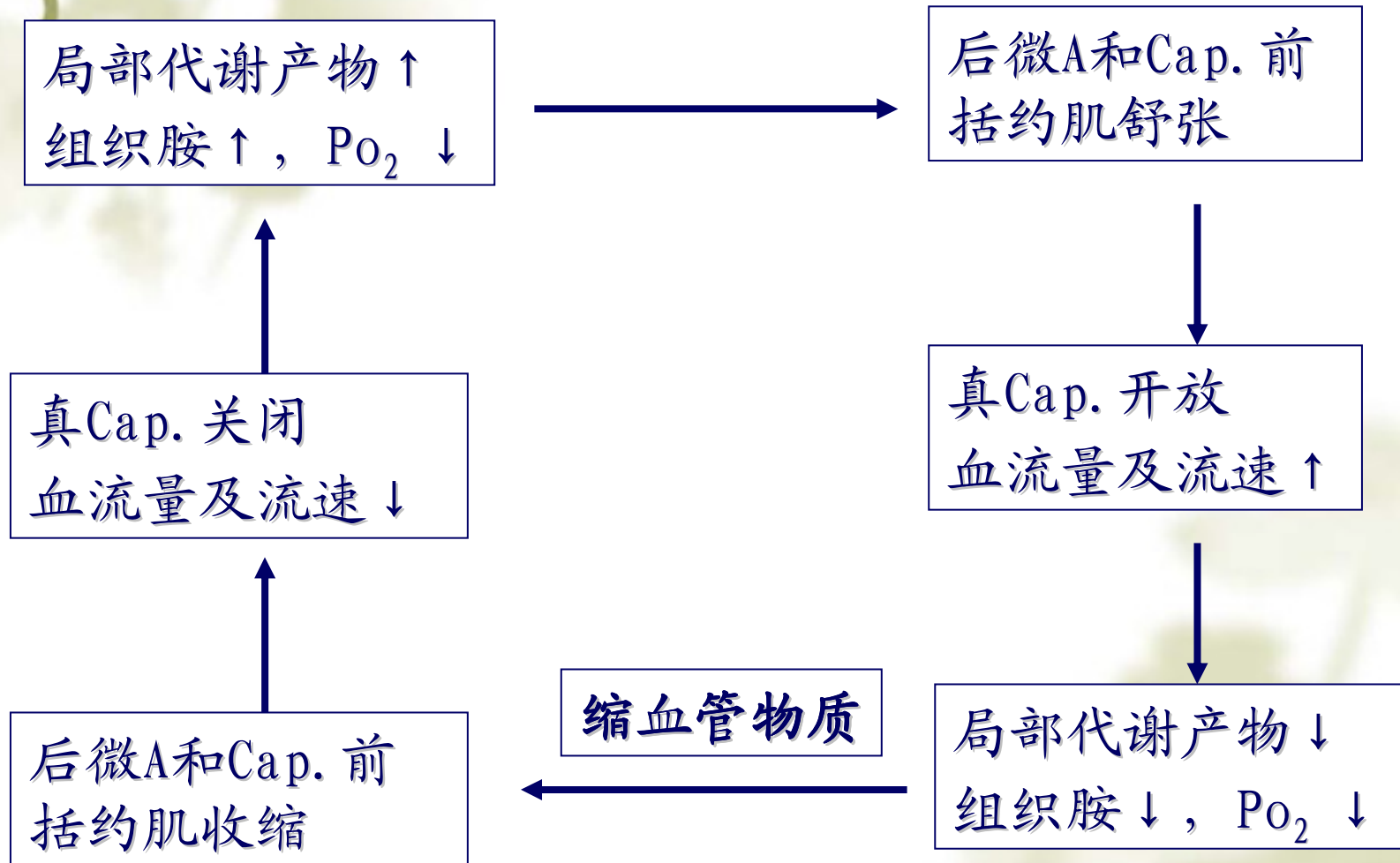
图4-13 微循环组成模式图

## (二) 微循环的血流通路与作用

名称	血流通路	血流特点	作用
迂回通路:	微A → 后微A → Cap. 前括约肌 → 真Cap. 网 → 微V	血流缓慢	物质交换 主要场所
直捷通路:	微A → 后微A → 通血Cap. → 微V	血流速较快	静脉回流
A-V短路:	微A → A-V吻合支 → 微V	随温度变化	调节体温



### (三) 微循环血流量的调节





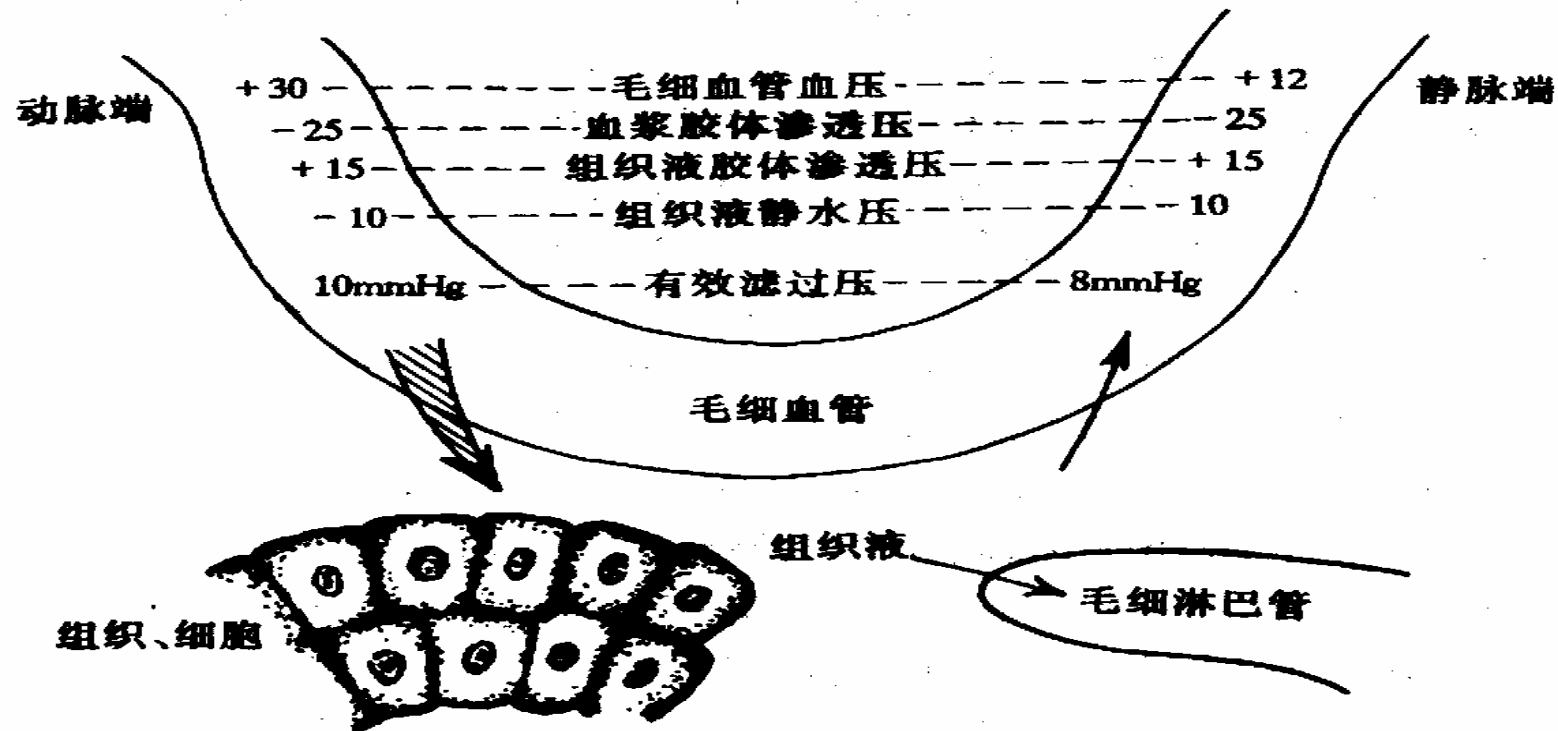
## (四) 毛细血管内外的物质交换

- 1、扩散
- 2、滤过
- 3、出胞和入胞

## 五、组织液的生成

### (一) 组织液的生成与回流

$$\text{有效滤过压} = (\text{毛细血管压} + \text{组织液胶体渗透压}) - (\text{血浆胶体渗透压} + \text{组织液静水压})$$



组织液生成与回流示意图

+ 代表使液体滤出毛细血管的力量    - 代表使液体吸收回毛细血管的力量

(1mmHg = 0.133kPa)

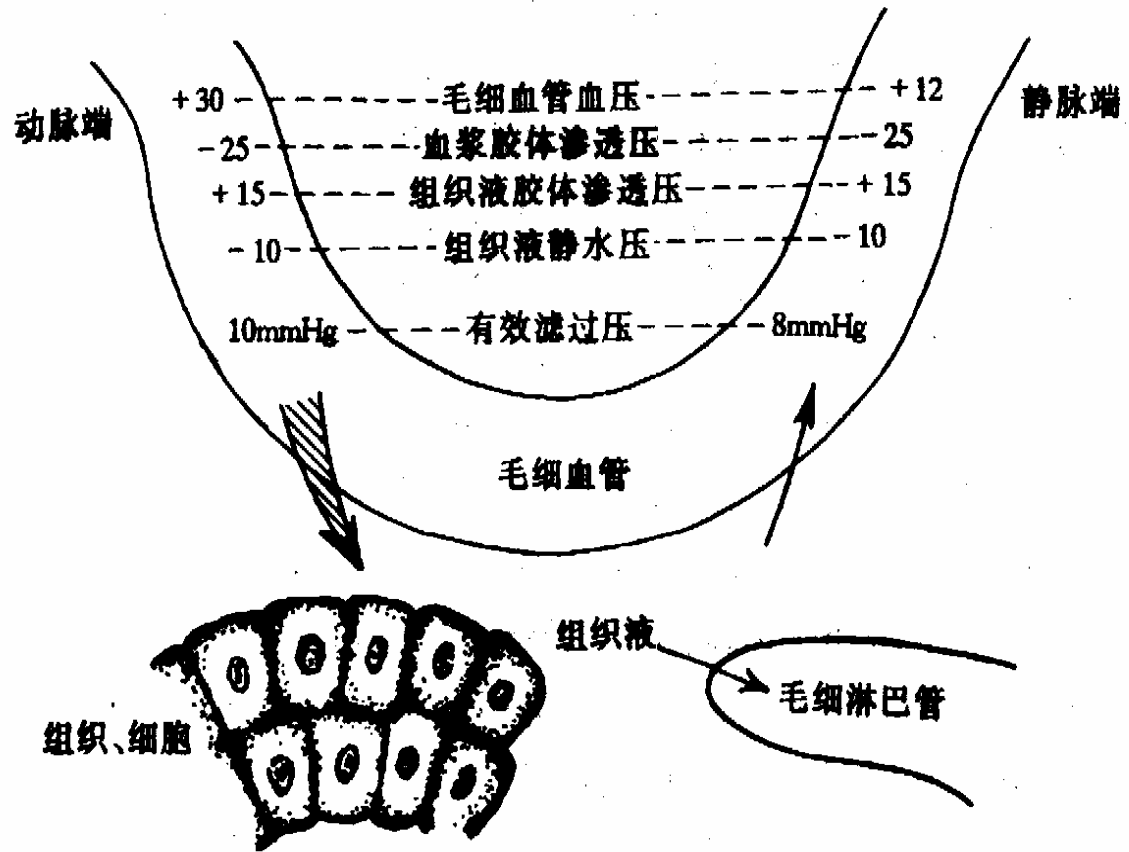
## (二) 影响组织液生成与回流的因素

- 1、毛细血管压
- 2、血浆胶体渗透压
- 3、淋巴液回流
- 4、毛细血管壁通透性

# 七、淋巴生成与回流

生理意义:

- 1、回收蛋白质
- 2、运输肠道吸收的脂肪酸和胆固醇。
- 3、调节血浆和组织液之间的液体平衡。
- 4、防御屏障作用: 清除组织中的RBC、细菌及异物。



组织液生成与回流示意图

+ 代表使液体滤出毛细血管的力量 - 代表使液体吸收回毛细血管的力量

(1mmHg=0.133kPa)

# 第三节 心血管活动的调节

## 一、神经调节

### (一) 心脏的神经支配

	心交感神经	心迷走神经
起源	脊髓胸段T <sub>1</sub> ~T <sub>5</sub> 侧角神经元	延髓的迷走神经 背核和疑核
分布	右: 窦房结 左: 房室交界	右: 窦房结 左: 房室交界
递质	去甲肾上腺素 (NE)	乙酰胆碱 (Ach)
受体	$\beta_1$	M
阻断剂	心得安	阿托品

## 心迷走神经的生理作用

乙酰胆碱和心肌细胞膜上M受体结合，  
使钾的通透性增大，抑制心脏的活动，  
表现为：

负性变力作用、  
负性变传导作用、  
负性变时作用。

## 心交感神经的生理作用

去甲肾上腺素和心肌细胞膜上  $\beta 1$  受体结合，使钙的通透性增高、钾的通透性降低，兴奋心脏，表现为：

正性变力作用、  
正性变传导作用、  
正性变时作用。



## (二) 血管的神经支配

### (1) 缩血管神经纤维（交感缩血管神经纤维）

作用：作用于血管的 $\alpha$ 受体，使血管缩

特点：持续发放紧张性冲动：1-3次/秒，使血管保持一定的程度的收缩状态，称为交感缩血管紧张。紧张性 $\uparrow$   $\rightarrow$  血管缩，紧张性 $\downarrow$   $\rightarrow$  血管舒

### (2) 舒血管神经：不参与血压调节。



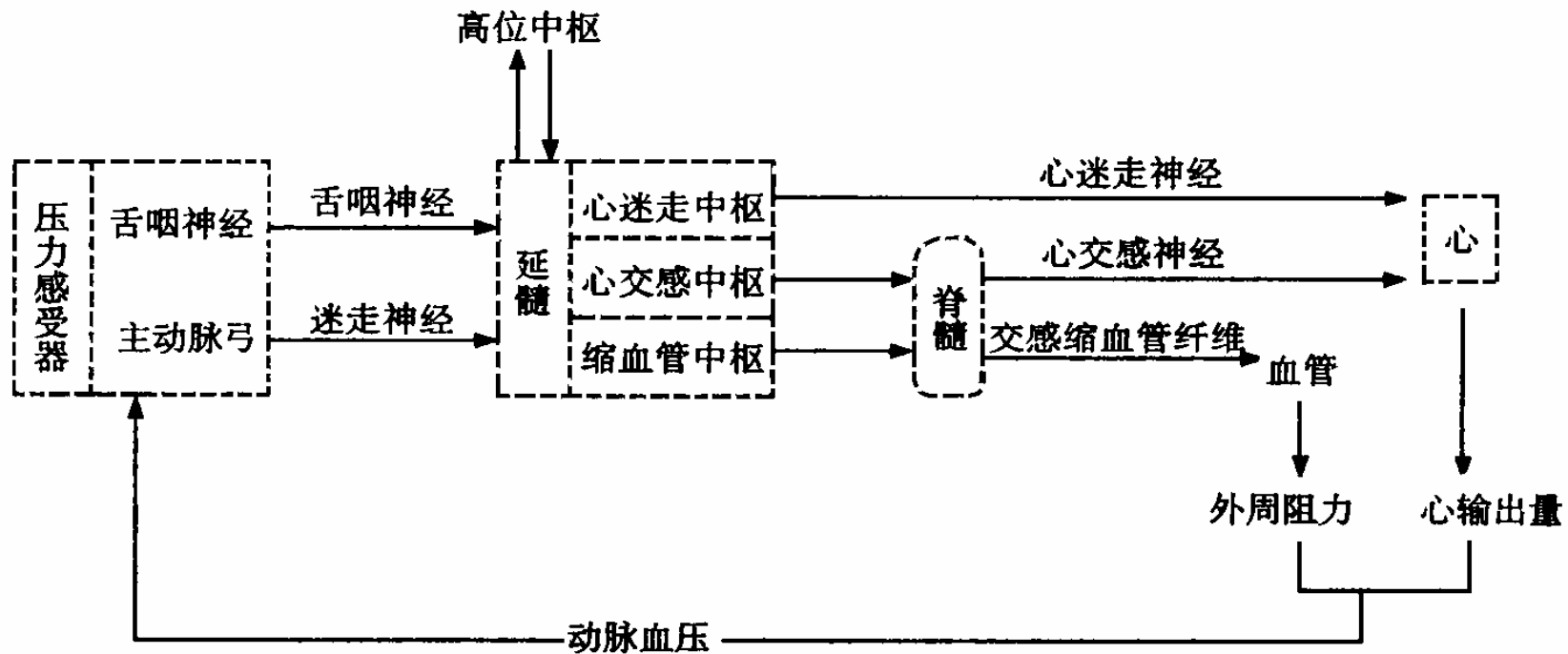
## (二) 心血管中枢

部 位	特 点	
延 髓	缩血管中枢 心交感中枢 心迷走中枢	①最基本的心血管中枢 ②紧张性活动：经常发放一定频率的冲动通过传出神经调节心血管的活动
延 髓 以 上	下丘脑、 大脑边缘系统 大脑新皮层运动区 小脑顶核..	①下丘脑是皮层下的一高位整合中枢 ②越是高位N元，其整合功能越复杂

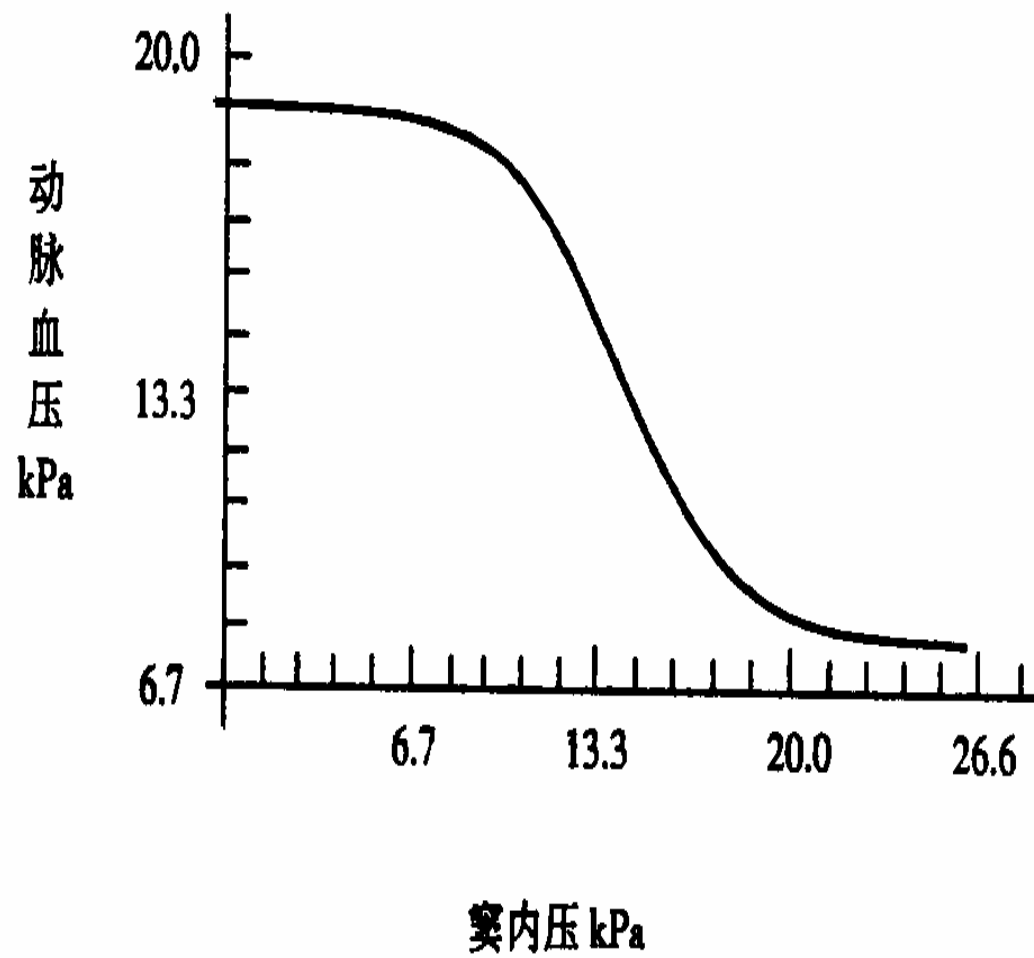
## (四) 心血管反射

颈动脉窦、主动脉弓压力感受性反射

生理意义：保持动脉血压相对稳定。



降压反射途径示意图



压力感受器反射的功能曲线

## 二、体液调节

### 1、血管紧张素 (An)

合成:

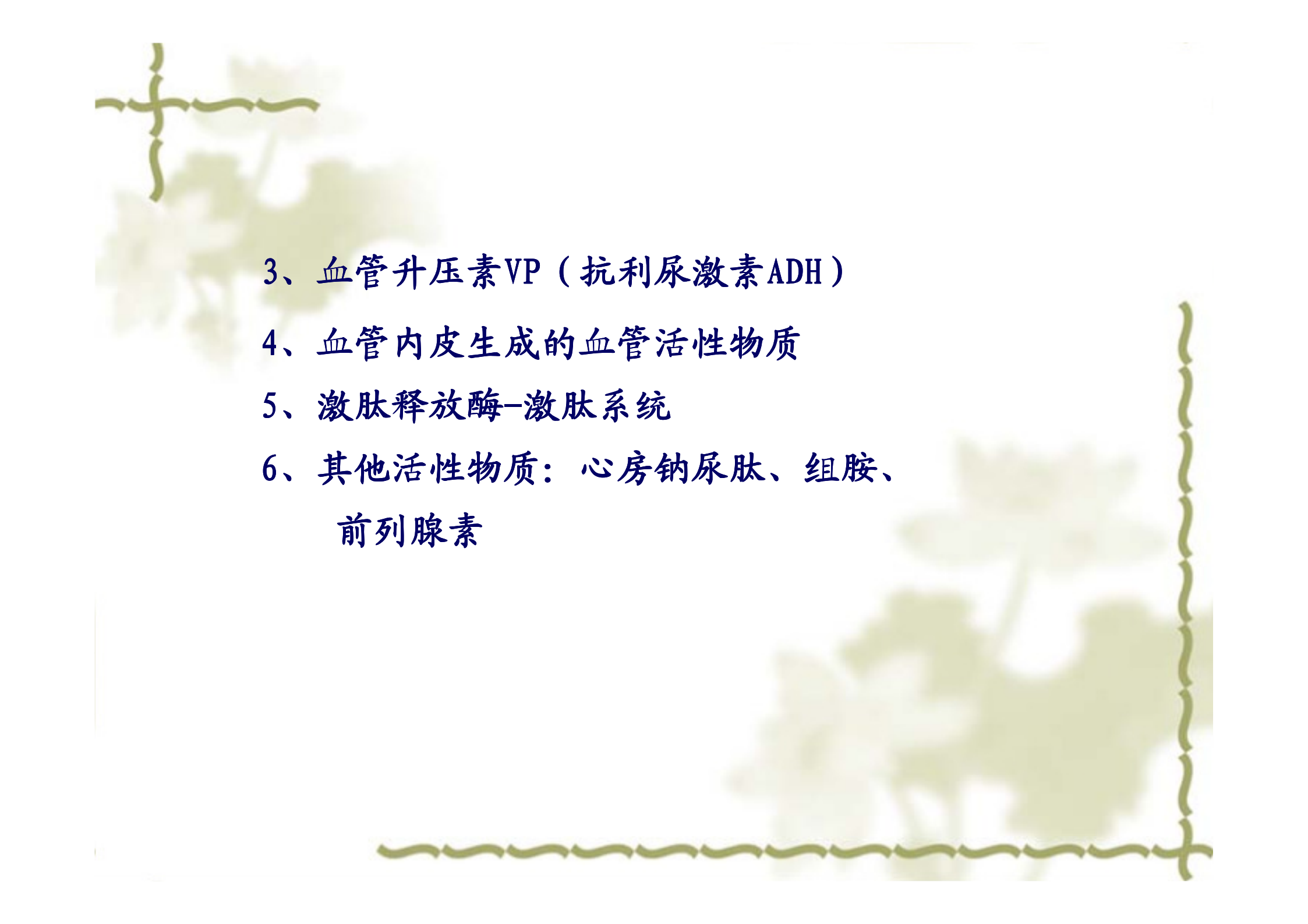
作用:

- ①全身小A及容量血管收缩
- ②交感神经递质释放增多
- ③交感缩血管紧张加强
- ④促进醛固酮的释放，  
促进水钠的重吸收。



## 2、肾上腺素和去甲肾上腺素

	肾上腺素 (E)	去甲肾上腺素 (NE)
来源	肾上腺髓质	肾上腺髓质、交感N节后纤维
$\beta 1$ 受体	兴奋心脏	兴奋心脏
受体	使皮肤、肾、胃肠的血管收缩	使皮肤、肾、胃肠的血管收缩
$\beta 2$ 受体	使骨骼肌、肝冠状血管舒张	无
总效应	强心，无升压作用	强心，升压作用明显

- 
- 3、血管升压素VP（抗利尿激素ADH）
  - 4、血管内皮生成的血管活性物质
  - 5、激肽释放酶-激肽系统
  - 6、其他活性物质：心房钠尿肽、组胺、  
前列腺素

# 第五节 器官循环

## 一、冠脉循环

### 1、解剖特点：

- ①表面走行、垂直穿入、易受压迫
- ②毛细血管分布丰富
- ③侧支细小，易阻塞

### 2、血流特点：

- ①冠脉血流呈周期性变化：在等容舒张期，血流量最多
- ②流程短、灌注压高、血流量大、动静脉氧差大

### 3、冠脉血流量的调节

- ①代谢水平调节：主要是腺苷
- ②神经调节：交感神经 迷走神经
- ③激素调节：



## 二、肺循环

### 1、生理特点:

- ①两套血管系统
- ②血压低、途径短
- ③无组织液存在
- ④血容量变化大: 受呼吸影响大
- ⑤对缺氧敏感:  $P_{O_2} \downarrow \rightarrow$  微A收缩

### 2、血流量的调节

- ①神经调节: 交感N、迷走N
- ②肺泡气:  $P_{O_2} \downarrow$ 、 $P_{CO_2} \uparrow \rightarrow$  肺微A收缩
- ③体液调节:
  - 舒张血管: ACh、 $PGI_2$
  - 收缩血管: E、NE、An II  
TXA<sub>2</sub>、 $PGF_2$



### 三、脑循环

#### 1、特点：

①血流量大、耗氧量多

②血流量变化小

③存在血-脑屏障和血-脑脊液屏障

#### 2、脑血流量的调节：

①自身调节：PA在8.0—18.6KPa范围变动时  
脑血流量保持不变。

②体液调节

③神经调节：

### 3、脑脊液的生成和吸收

生成：由脑室的脉络丛和室管膜细胞分泌

吸收：通过蛛网膜绒毛被吸收入静脉窦

作用：在脑、脊髓和颅腔、椎管之间起缓冲  
是脑和血液之间进行物质交换的中介

### 4、血-脑脊液屏障和血-脑屏障

血-脑脊液屏障：在毛细血管和脑脊液之间存在  
限制某些物质自由扩散的屏障。

血-脑屏障：在毛细血管和脑组织之间存在类似  
的屏障。脂溶性物质易通过。





完