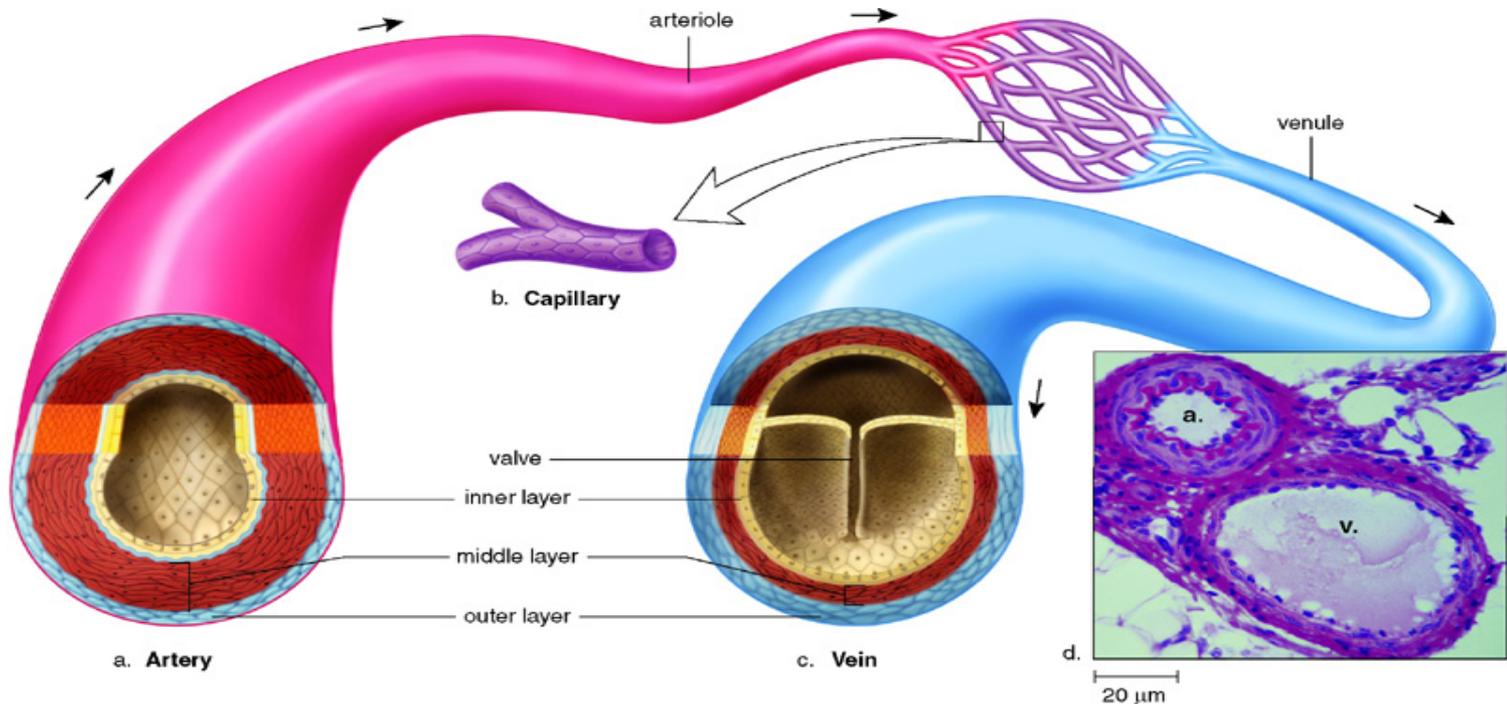


第四节 血管生理

一、血管的种类结构与机能特点

(一) 动脉artery

1、结构：内膜（内皮、内皮下层、内弹性膜）、中膜（平滑肌、弹性纤维、胶原纤维）、外膜（结缔组织）



2、功能分类：

(1) 弹性贮器血管Windkessel vessels: 主动脉、肺动脉主干及其发出的最大分支。

(2) 分配血管: 弹性贮器血管以后到分支为小动脉前的动脉管道。输送血液功能

(3) 毛细血管前阻力血管precapillary resistance vessels: 小动脉, 微动脉。

(二) 静脉venous

1、结构：内膜、中膜、外膜

深静脉、浅静脉、静脉瓣

2、功能分类

(1) 毛细血管后阻力血管:微静脉

(2) 容量血管**capacitance vessels**: 静脉

（三）毛细血管

- ◆ 结构：管壁最薄，分布最多， $8\sim 10\mu\text{m}$
- ◆ 功能分类：
 - 1) 毛细血管前括约肌：真毛细血管起始部常有**环形平滑肌**环绕。若收缩→毛细血管关闭。
 - 2) 交换血管（真毛细血管）：管壁由单层内皮细胞构成。

二、血流量、血流阻力、血压

(一) 血流量 blood flow 和血流速度

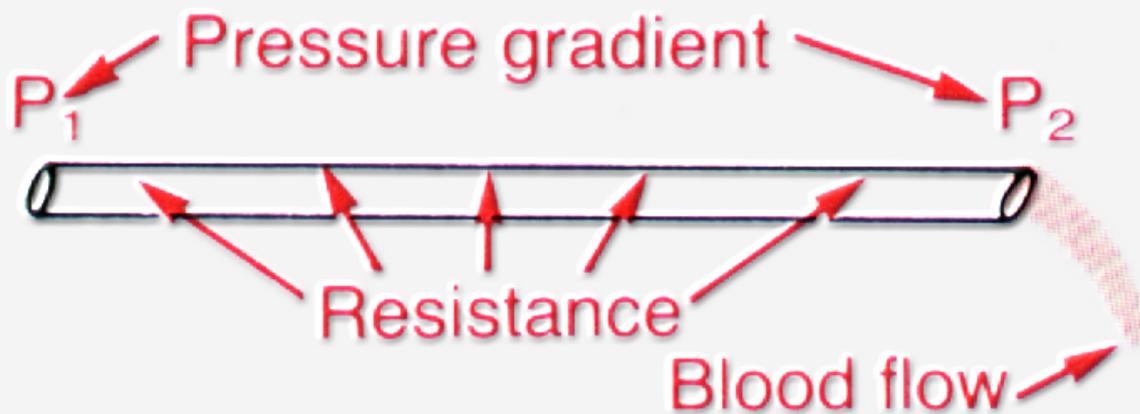
单位时间内流过血管某一截面的血量

泊肃叶定律 (Poiseuille Law)

$$Q = \Delta P / R = \Delta P \pi r^4 / 8 \eta L \quad \eta: \text{血液黏滞度}$$

Q: 血流量 ΔP : 血管两端的压力差 R : 血流阻力

血流分配的调节主要是通过改变阻力血管的口径实现。



(二) 血流阻力 R

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

R与血管长度L和血液粘滞度 η 成正比

与血管半径r的4次方成反比

血流阻力主要是由血液粘滞度和血管半径决定。

小动脉和微动脉 ----阻力血管（口径小，阻力大）

器官血流量主要取决于阻力血管的口径。

(三) 血压 **blood pressure**

定义：血管内血液对单位面积血管壁的侧压力

$$1\text{mmHg}=1.36\text{cmH}_2\text{O}=0.133\text{KPa}$$

$$1\text{ kPa} = 7.5\text{ mmHg}$$

主动脉平均压 100 mmHg

毛细血管 } 近动脉端 30-40 mmHg

 } 近静脉端 10-15mmHg

一般将肱动脉血压代表主动脉血压。

三、动脉血压

1、动脉血压 **arterial blood pressure** 的生理意义

血压过低 组织供血不足，影响正常活动

血压过高，心脏和血管负担加重

2、动脉血压的形成

基本条件：心血管系统内有足够量的**血液充盈**和**心脏射血**。还需外周阻力和大动脉的弹性贮器作用。

A、形成血压的前提：心血管系统内有足够的**血液充盈**

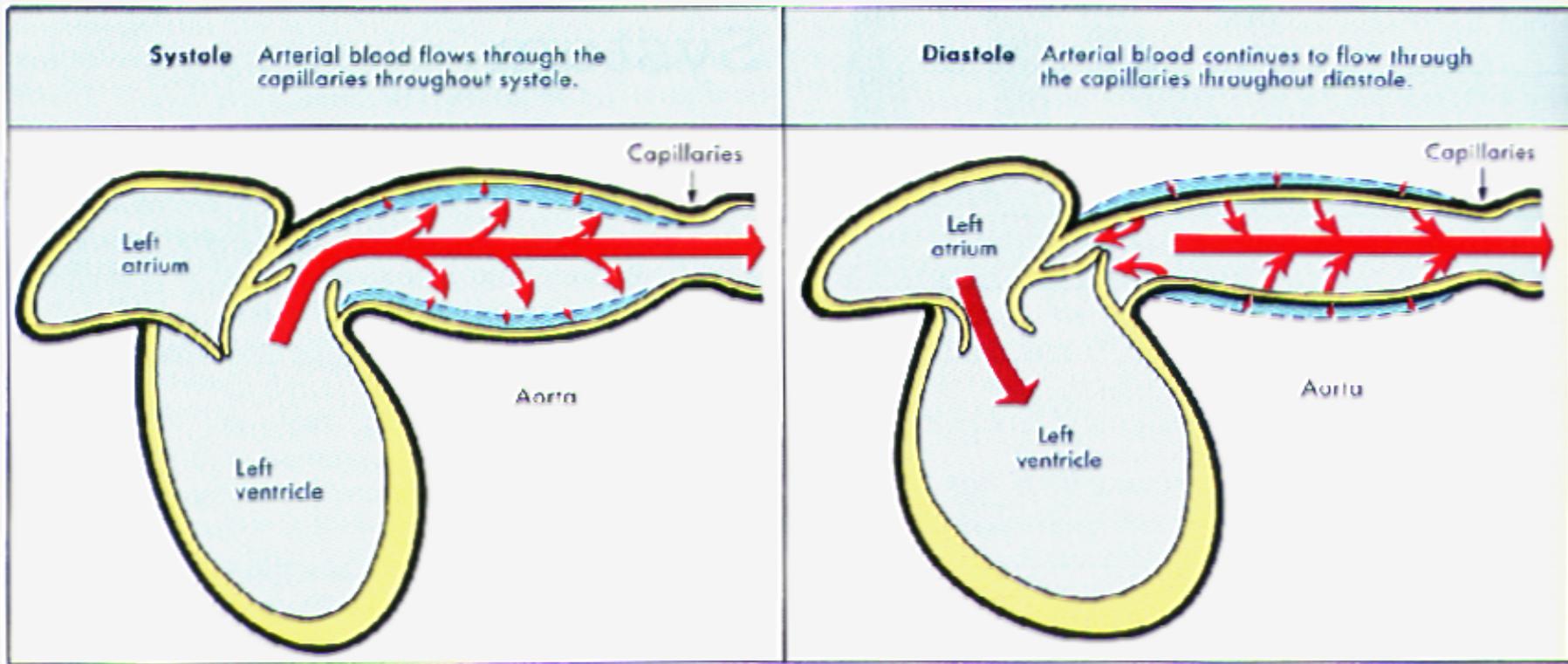
循环系统平均充盈压(Mean circulatory filling pressure): 心脏暂停射血，血流暂停时存在于循环系统中压力，人约为7 mmHg。

B 基本因素：心脏射血和外周阻力 **peripheral resistance**

外周阻力：小动脉和微动脉对血流的阻力
每次心脏射血仅**1/3**流向外周

C 主动脉、大动脉的弹性贮器作用

- ◆ 缓冲血压变化，使心室的间断性射血变为动脉内的持续血流，同时形成舒张压。
- ◆ 心动周期内，动脉血压变动幅度远小于左心室内压的变动。



- ◆心室一次收缩→射血约**70ml**，由于主动脉壁的可扩张性，收缩期仅**1/3**流至外周，余**2/3**暂时贮存于主动脉和大动脉→收缩压，即产生势能。
- ◆心室舒张时，主动脉和大动脉发生弹性回缩，贮存的势能转为压强能（维持血压）和动能（推动血流）。

3、动脉血压的正常值

- 心室收缩，动脉血压升高，其最高值—**收缩压**
心室舒张，动脉血压下降，其最低值—**舒张压**
- 收缩压 (Systolic pressure, **SP**) 100~120mmHg (90~140)
- 舒张压(diastolic pressure, **DP**) 60~80mmHg (60~90)
- 脉搏压 (Pulse pressure, **PP**) 30~40mmHg (20~40)
- 平均动脉压 (**mean arterial pressure, MAP**) :
在一个心动周期中动脉血压的平均值。
MAP = DP + PP/3, 13.3 kPa (100 mmHg)

4、影响动脉血压的因素

A 每搏输出量 (stroke volume)

每搏输出量↑ (心收缩期 射入主动脉血量↑),
收缩压明显↑。

舒张压升高不多(假定外周阻力和心率变化不大, 血流加快, 增加的血量在心舒期已经流至外周), 脉压↑

一般情况下, 收缩压的高低主要反映心脏每搏输出量的多少。

B 心率(heart rate)

心率↑收缩压升高不如舒张压显著，脉压↓

心率↑(心舒期缩短，心舒期末主动脉内残留的血量↑)舒张压↑；收缩压↑不如舒张压(由于动脉压↑，血流加快，收缩期内有较多的血液流向外周)，脉压↓

C 外周阻力(peripheral resistance)

外周阻力↑，收缩压升高不如舒张压升高明显，脉压↓

心舒期末存留在主动脉内的血量↑，舒张压↑

一般情况下，舒张压的高低主要反映外周阻力大小。

D 主动脉和大动脉的弹性贮器作用

缓冲动脉血压变化，脉压减小。

老年人，弹性贮器作用减弱。

E 循环血量和血管系统容量比例--相适应

失血后，循环血量减少，动脉血压下降。

四、静脉血压和静脉回心血量

(一) 静脉血压(venous pressure)

中心静脉压 (central venous pressure)：右心房和胸腔内大静脉的血压。

正常变动范围：**4~12mmH₂O**。 1mmHg=1.36cmH₂O

外周静脉压(peripheral venous pressure)

：各器官大静脉的血压

中心静脉压高低取决于心脏的射血能力和静脉回心血量之间的相互关系。

心脏的射血能力强，中心静脉压低。

静脉回流速度快，中心静脉压也会升高。

(二) 静脉回心血量及影响因素

单位时间内静脉回心血量取决于外周静脉压与中心静脉压的差，以及静脉对血流的阻力。

1、体循环平均充盈压 \uparrow ，静脉回心血量 \uparrow

2、心肌收缩力增强，静脉回心血量 \uparrow

◆ 右心衰竭，射血显著减弱，血液淤积于右心房和大静脉内，颈静脉怒张，肝充血肿大，下肢浮肿等。

◆ 左心衰竭，左心房压和肺静脉压 \uparrow ，肺淤血和水肿。

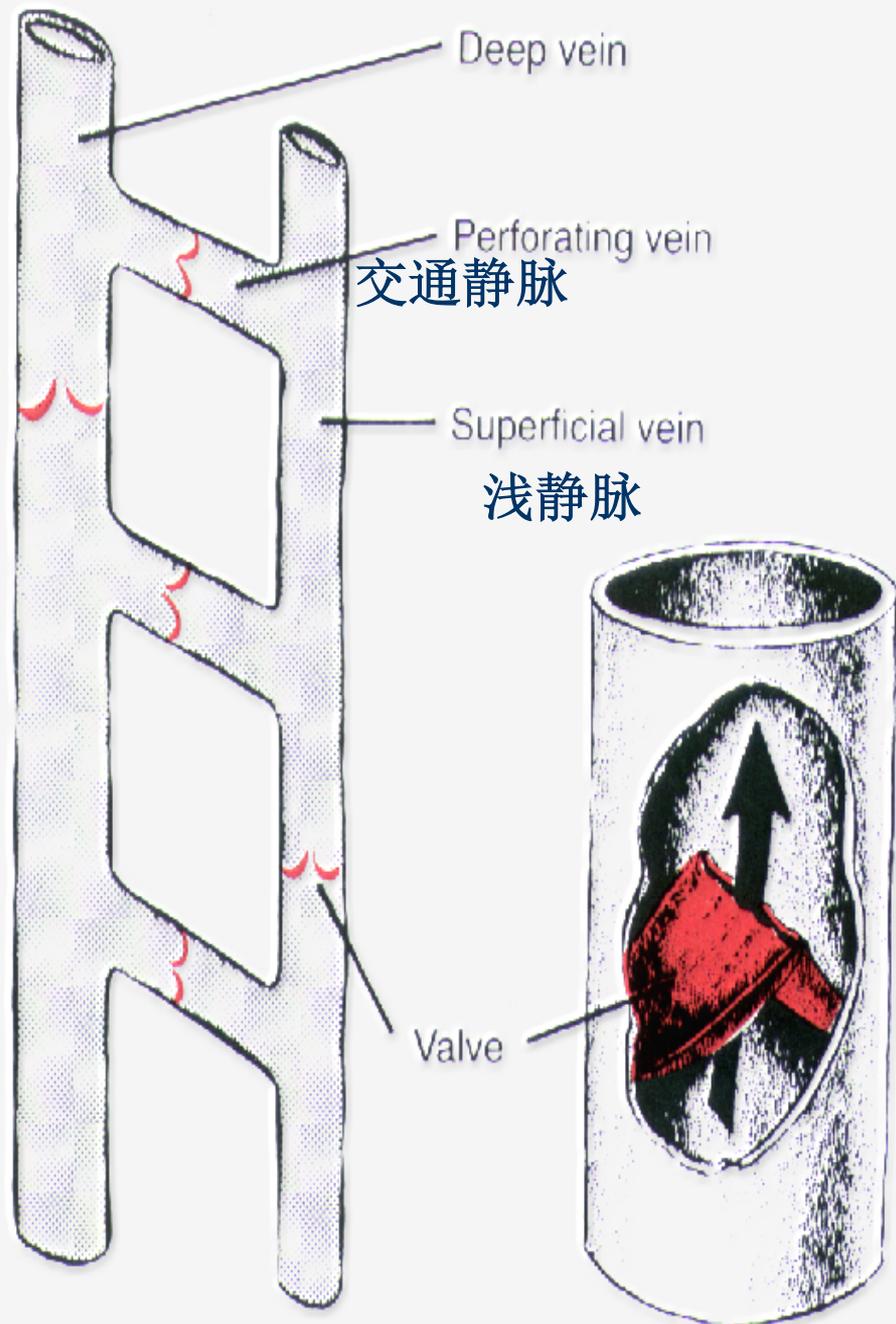
3、体位改变

卧位 \rightarrow 立位，血流重力作用，回心血量 \downarrow

4、骨骼肌的挤压

下肢的静脉回流主要依靠骨骼肌的收缩和静脉血管中瓣膜作用。

“肌肉泵”或“静脉泵”



5、呼吸运动

- ◆ 吸气 → 胸膜腔负压增大 → 大静脉和右心房更加扩张 → 有利于静脉血回流至右心房。
- ◆ 呼气 → 胸膜腔负压减小 → 回流至右心房血量 ↓

五、微循环microcirculation

(一) 微循环组成

微动脉与微静脉之间的血液循环。

主要功能：物质交换。

- 微动脉 (arteriole): 小动脉终末部分
- 后微动脉 (metarteriole): 微动脉分支
- 毛细血管前括约肌 (precapillary sphincter)
- 真毛细血管 (true capillary): metarteriole以直角方向分出
- 通血毛细血管 (直接通路thoroughfare channel)
- 动-静脉吻合支 (arteriovenous shunt)
- 微静脉 (venule): 功能上为毛细血管后阻力血管

(二) 微循环血流通路

1、直接通路(thoroughfare channel):

微动脉→后微动脉(metarteriole)→通血毛细血管→微静脉

意义: 一部分血液迅速通过微循环进入静脉。

特点: 常处于开放状态, 血流速度较快, 骨骼肌中多见。

2、动-静脉短路(arteriovenous shunt): 手指、足趾等处较多。

微动脉→动-静脉吻合支→微静脉

意义: 调节体温。

环境温度↑ → 动静脉吻合支开放 → 血流量↑ → 散热

中毒性休克: **动-静脉短路**大量开放, 加重组织缺氧。

3、迂回通路（营养通路）：

微动脉→后微动脉→毛细血管前括约肌→真毛细血管
→微静脉

毛细血管前括约肌舒张（收缩） →真毛细血管开放
（关闭）

意义：血液与组织液进行物质交换的场所

特点：交替开放。

(三) 微循环的血流动力学

- 微动脉阻力控制血流量， $8 \sim 40 \mu\text{m}$ 的微动脉对血流阻力最大，血压降落最大。
- 毛细血管血压：

	近动脉端		中段	
近静脉端	30-40 mmHg	25 mmHg	10-15 mmHg	

毛细血管血压的高低取决于毛细血管前阻力和毛细血管后阻力之比。
- 微循环血流量：与微动脉和微静脉之间压力差成正比，与血流阻力成反比

六、组织液的形成

(一) 组织液形成

组织液是由血浆通过毛细血管壁滤过而形成并再经重吸收回流入血液。大部分呈胶冻状，不能自由流动。

滤过： 由于毛细血管壁两侧的压力差，引起液体从毛细血管内向组织液移动

重吸收： 液体由组织液内向毛细血管移动

1 有效滤过压=组织液生成压（毛细血管压+组织液胶体渗透压）

-回流压（血浆胶体渗透压+组织液静水压）

2 动脉端

$$\text{有效滤过压} = (32+8) - (25+2) \\ = 13\text{mmHg}$$

3 静脉端 effective filtration pressure

$$= (14+8) - (25+2) = -5\text{mmHg}$$

一般，0.5%-2%在毛细血管动脉端滤出，其中
90%在静脉端重吸收回血，10%进入毛细淋巴管

(二) 影响组织液生成的因素

- 1、毛细血管压 \uparrow 或通透性 \uparrow \rightarrow 组织液生成 \uparrow
如：炎症部位。
- 2、血浆胶体压 \downarrow 组织液生成 \uparrow 如肾炎。
- 3、淋巴回流受阻，组织液积聚，局部水肿
如丝虫病。