



# 第三章 血液

# Blood

郭军 MD 教授  
食品质量与安全系

[guojunge@china.com](mailto:guojunge@china.com)

13947146554

# 本章学习内容

§3-1 Introduction 概述、血液成分

§3-2 Blood Cells 血细胞

§3-3 Hemostasis 生理止血

Blood Coagulation 血液凝固

Fibrinolysis 纤维蛋白溶解

§3-4 Blood Groups 血型 和 输血

# §3-1 Introduction 概述

流体组织，充满于心血管系统，心脏的推动，不断循环流动。

流量，组成都要相对稳定；  
关系器官、组织功能，关系生命；  
血液在医学诊断上有重要价值。

生命出现于海洋



---

## \* 血液生理功能(概括)

- A 运输功能/物质交换
- B 维持内环境稳态/缓冲
- C 参与液体调节功能
- D 免疫功能/防御功能

血液生化指标是生命科学研究重要参数

---

# 1. 血量 Blood volume 即机体血液总量

是血浆量和血细胞量的总和；除红细胞外，其它血细胞数量很少，常可忽略不计。

正常成年人：总量为体重7% - 8%，  
或相当于每公斤体重70-80ml

70 kg 体重 5000cc~6000cc (10~12瓶)

血量的测定：

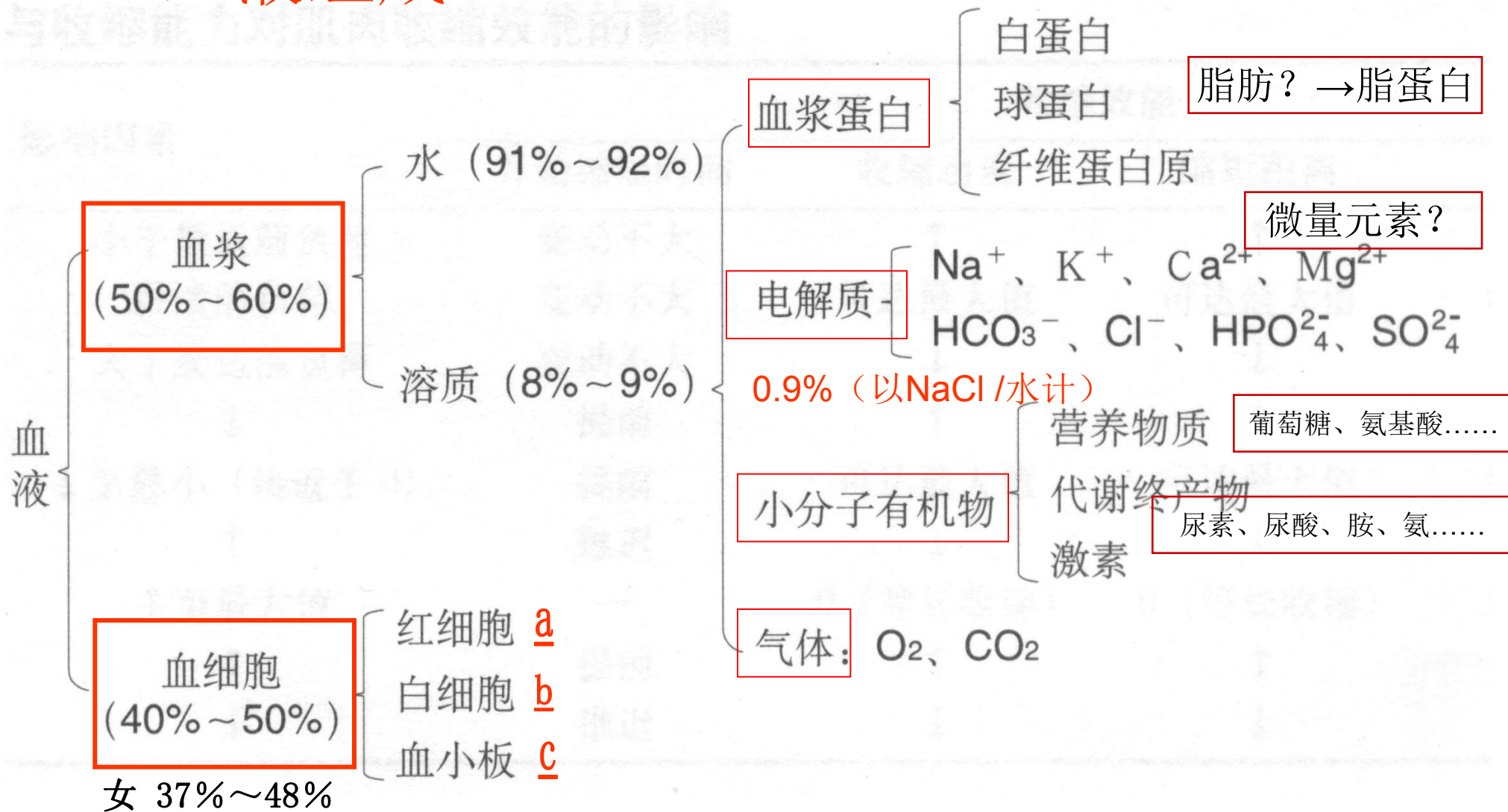
A 直接测定 — 放血 适合动物研究

B 稀释原理

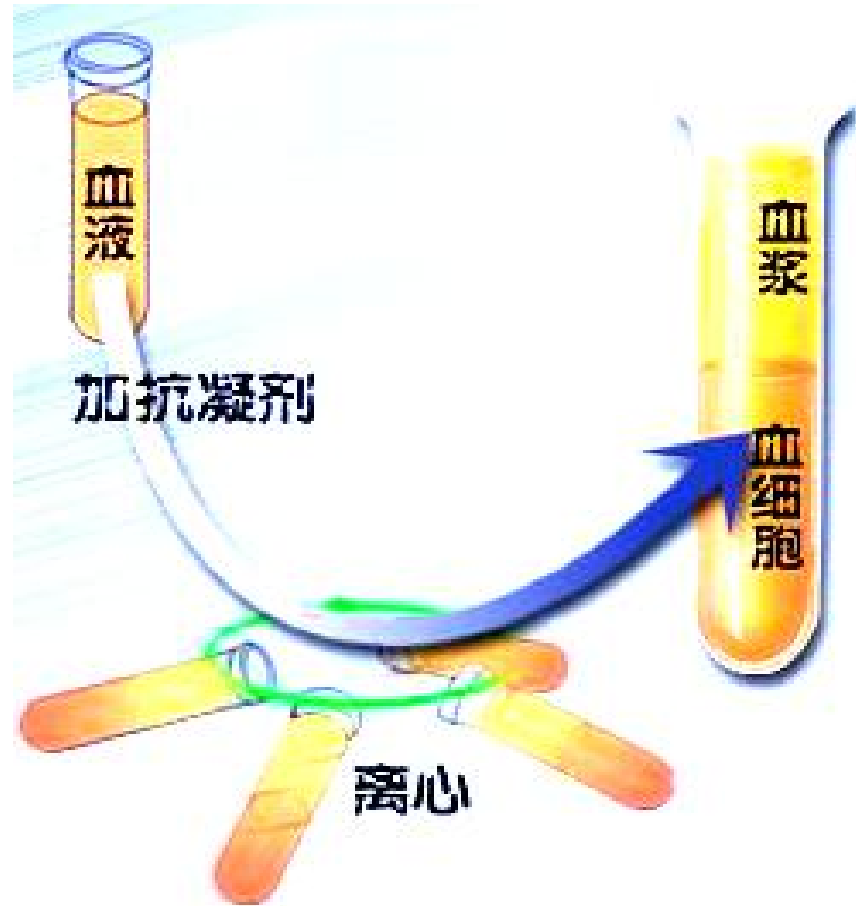
标记血浆蛋白 染料T1824 或 $^{131}\text{I}$

标记RBC  $^{51}\text{Cr}$ 或 $^{32}\text{P}$  RBC总量 血液总量

## 2. 血液组成



# Blood Plasma 血浆、组分及功能



## 血浆组成

宏量

微量

不容忽视

水分 91~92 %

溶质 A 血浆蛋白、肽 6.5%~8.5%

非蛋白有机质 ~1% (~2% 哺乳

类?)

B 营养物质 血糖、氨基酸、脂质? !

C 代谢产物 尿酸、尿素、 $\text{NH}_4^+$ 等

E 电解质/ 无机盐 0.9%

F 气体分子  $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$



## -2 血浆的主要成分及含量

问题：人体正常血糖值是多少？

成分	浓度 (mmol/L)	成分	浓度 (mmol/L)
水 (91%~92%)		蛋白质 (6%~8%)	
电解质 (<1%)		白蛋白	4.5g/dl
Na <sup>+</sup>	145	球蛋白	2.5g/dl
K <sup>+</sup>	4	纤维蛋白原	0.3g/dl
Ca <sup>2+</sup>	2.5	营养物质	
Mg <sup>2+</sup>	1.5	葡萄糖	5.6 (100mg/dl)
Cl <sup>-</sup>	103	氨基酸	2.0 (40mg/dl)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24	磷脂	7.5 (500mg/dl)
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1	胆固醇	4~7 (150~250mg/dl)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.5	气体	
代谢产物		O <sub>2</sub>	0.1
尿素	5.7	CO <sub>2</sub>	1
尿酸	0.3	N <sub>2</sub>	0.5

易缺人体必需  
常量矿物质

凝血因子  
I

# 血浆蛋白质 问题：盐析法血浆蛋白质分几类？

电泳法血

## 浆蛋白质分几类？

### ■ 血浆生物化学研究

盐析法：白蛋白（肝）、球蛋白与纤维蛋白原三类。

电泳法：白蛋白分为白蛋白和前白蛋白

球蛋白（肝、免疫细胞）区分为

$(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  球蛋白等。

血浆 白蛋白/球蛋白 比值 肝功指标

### ■ 功能上划分

运输蛋白 如 糖蛋白、脂蛋白、运铁蛋白

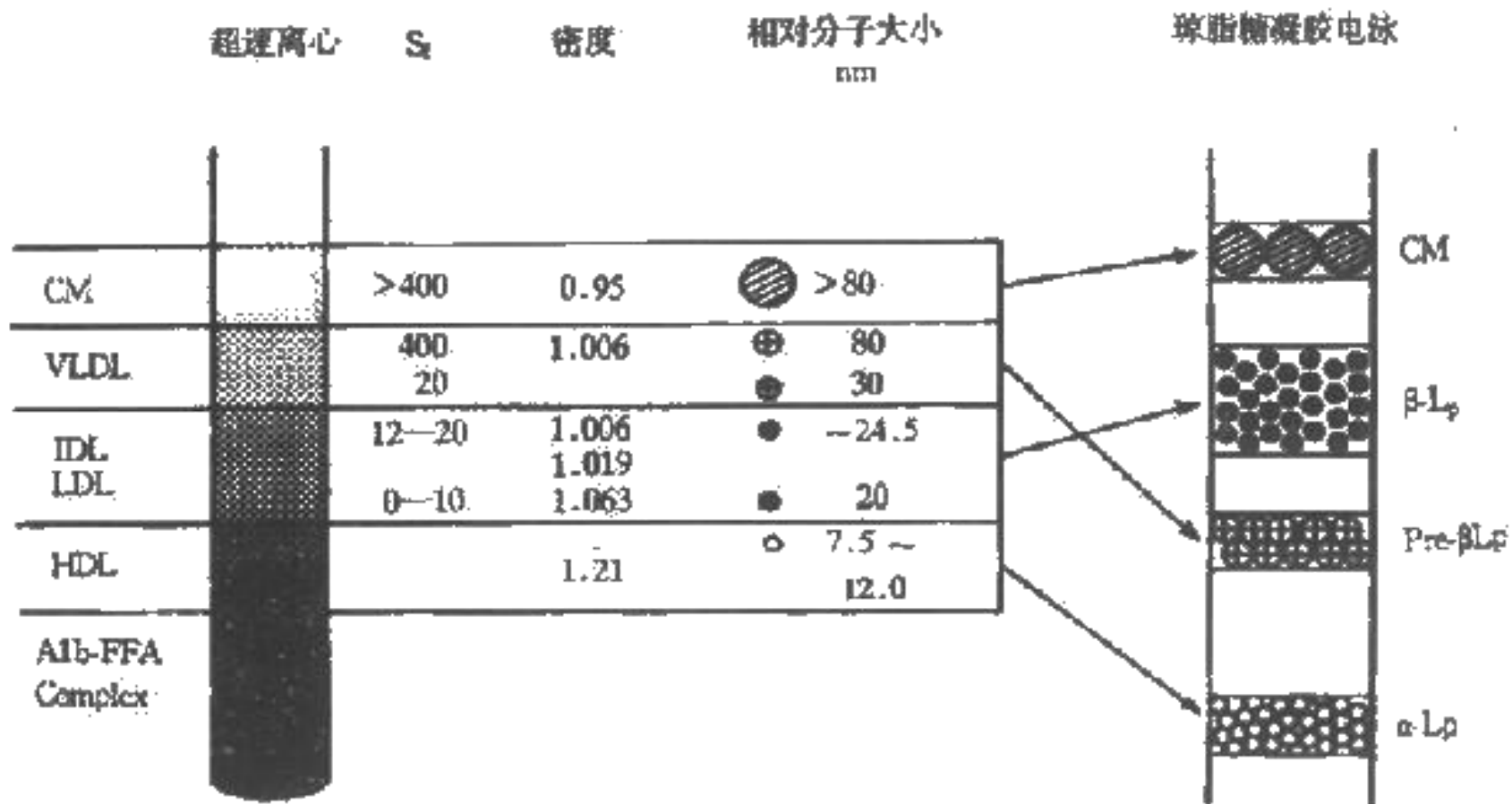
免疫蛋白，酶，激素

凝血蛋白

等等

# 血脂

血液中有没有脂肪，是否存在游离脂肪？即脂肪如何存在的？脂蛋白的种类和生理、健康关系。



---

- 血脂是血浆中的中性脂肪（甘油三酯和胆固醇）和类脂（磷脂、糖脂、固醇、类固醇）的总称，广泛存在于人体中。

- 主要化验项目：

总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、载脂蛋白A1(ApoA1)、载脂蛋白B(ApoB)等6项。

胆固醇 cholesterol类 指标与高血脂关系密切

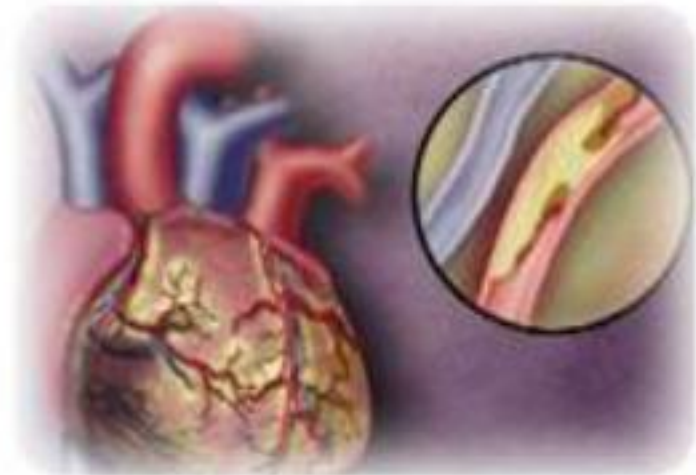
---

## Heart Attack

The Left Anterior Descending (LAD) coronary artery is blocked with a blood clot causing damage to the heart muscle and an irregular ECG.



You\_my\_he.51.com



# 血浆蛋白的生理机能

## A 营养功能 蛋白质储存作用。如 白蛋白

肝脏，体内的某些细胞，特别是单核吞噬细胞系统，吞饮完整的，然后由细胞内的酶类将吞入细胞的蛋白质分解为氨基酸。这样生成的氨基酸扩散进入血液，随时可供其它细胞合成新的蛋白质之用。

## B 运输功能/保护功能/

脂类 — 水溶性脂蛋白；血红蛋白—O<sub>2</sub> 拓展：  
血脂

药物 — 蛋白质结合/ 如 白蛋白

小分子物质 如激素、各种正离子、维生素

可逆性的结合，即可防止它们从肾流失，又由于结合状态与游离状态的物质处于动态平衡之中，可使处于游离状态的这些物质在血中的浓度保持相对稳定。

**C 缓冲功能** 蛋白质酸碱两性集团。与H<sup>+</sup>和Na<sup>+</sup>组成缓冲对，和其它无机盐缓冲对（主要是碳酸和碳酸氢钠）一起，缓冲血浆中可能发生的酸碱变化，保持血液pH的稳定。

**D 形成胶体渗透压** colloid osmotic pressure

1.5mOsm/ L 不足血浆总渗透压1% ， 调节血管内外的水份分布。

osm, osmole 渗透压克分子, 渗量

**E 参与机体的免疫功能** 免疫抗体、补体系统等，都是由浆球蛋白构成的。

**F 参与凝血和抗凝血功能** 绝大多数的血浆凝血因子、生理性抗凝物质以及促进血纤维溶解的物质都是血浆蛋白。

**G 其他生理活性蛋白、肽**

# 电解质 electrolytes/ 矿物质 minerals

正离子 → Na<sup>+</sup> , Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

负离子 → Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> , Protein<sup>x-</sup>

电解质作用:

形成和维持血浆和内环境 晶体渗透压、  
维持 pH、以及生物电、兴奋发生等等

■ 微量元素 Fe Zn Cu .....

■ 补液的重要性 人医、动医 “补液疗法”

与人体主动恢复



# 人体各部分体液中 电解质含量

正离子

负离子

血浆

组织液

细胞内液

MEq/L (血浆)

MEq/L (水)

MEq/L (水)

MEq/L (水)

Na<sup>+</sup>

142.0

153.0

140.7

10

K<sup>+</sup>

5.0

5.4

4.0

140

Ca<sup>2+</sup>

5.0

5.4

2.5

5

Mg<sup>2+</sup>

3.0

3.2

2.0

27

总计

155.0

167.0

155.5

182

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

27.0

29.0

30.0

10

Cl<sup>-</sup>

103.0

111.0

114.0

25

HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

2.0

2.2

2.0

80

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

1.0

1.1

1.0

20

有机酸

6.0

6.5

7.5

?/FONT>

蛋白质

16.0

17.2

1.0

47

总计

155.0

167.0

155.5

182

# 口服补液盐配方： — 一个功能饮料基础配方

咖啡因、氨基酸、胆碱、肉碱

维生素、微量元素

成分

w/v

葡萄糖/蔗糖

2~5%

小苏打  $\text{NaHCO}_3$

0.23%

KCl

0.25%

水

100 ml

香精、色素，果汁、果肉

$\text{CO}_2$



# 郭氏生物汽水

配方：

5~10 % 葡萄糖/蔗糖水

CO<sub>2</sub> 生成剂 — 干酵母粉

果汁或香精调味（如菠萝丁/香精）

工艺：可乐瓶，活性剂，放一点点  
放置 30min，冬天放暖气上

优点：生物保健！简便！

缺点：保质期不长！

### 3. 血浆/血液的理化特性 掌握

Physicochemical properties of plasma

#### 3.1 血浆和血液的比重 Gravity

血液为1.050~1.060 > 血浆为1.025~1.030。

RBC 比重大于血浆比重

#### ■ RBC沉降率/ 血沉 ESR

RBC 在抗凝血中的沉降速率，简称血沉 教材39页

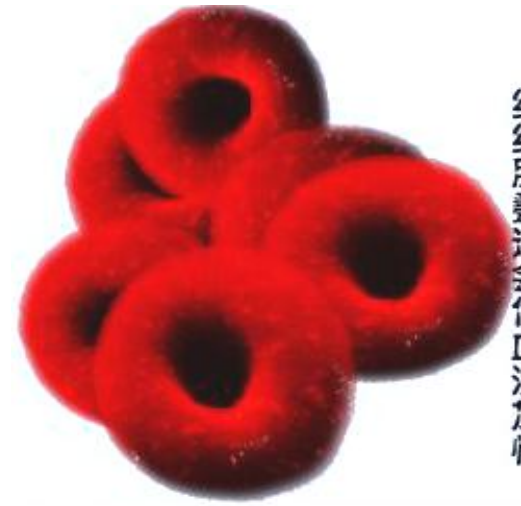
实际规定：RBC在抗凝血中1 h 下沉的距离，即~。

正常 男性 不超过 3mm/h

女性 不超过10mm/h



# 红细胞沉降率加快/血沉增高 了解



红细胞叠连会使血沉加快

## A 生理性

月经、妊娠、老年 血沉加快

## B 病理性

风湿、活动性肺结核（其它急性传染病）

恶性瘤、手术后、骨折、注射疫苗等情况

## 3.2 血液和血浆的 粘滞性 Viscosity

a 水为参照—相对粘滞性

血液为 4~5,

血浆为 1.6~2.4

b 全血的粘滞性主要决定于RBC数量

c 血浆的粘滞性主要决定于血浆蛋白质的含量

血脂高，即血浆脂蛋白高。

d 凝血 与 抗凝血机制 的动态平衡影响粘滞性。

### 3.3 血浆 渗透压 osmotic pressure

- 渗透压单位： osm，溶质颗粒度 1mol/L，即1 osm。

血浆~：约为300 m Osm / L，708.9kPa (5330 mmHg)。

- 血浆渗透压的构成/包括两个方面

A 晶体渗透压 crystal osmotic pressure

对保持细胞内外的水平衡极为重要。

B 胶体渗透压 colloid osmotic pressure

仅1.5mOsm (25mmHg)，不到总渗透压的1%。

但是，血浆胶体渗透压对血管内外的水平衡有重要作用。

## ■ 等渗与等张的概念

### A 等渗溶液

与血浆渗透压相等的溶液。否则高或低渗~。

人工等渗溶液：0.85%NaCl，5.0% Glu

### B 等张溶液

能使 RBC 保持正常体积和形态的溶液。

### “等渗”与“等张” 区别

在于 溶质 是否能透过生物膜

“张力”实际上是指溶液中不能透过细胞膜的颗粒所造成的渗透压。



---

NaCl 不能透过细胞膜，所以0.85%-0.9%的NaCl 即是等渗溶液，也是等张溶液。

尿素能自由透过细胞膜，故1.9 %尿素溶液虽然与血浆等渗，但将 RBC 置入其中后立即溶血，所以不是等张溶液。

“等张” 一定 “等渗”， “等渗” 不一定 “等张”。

---

### 3.4 血浆 pH 值与 酸硷平衡 / 酸碱度

- 人和哺乳动物正常血液pH 值为7.35-7.47。 P 49

鱼类血液平均pH为7.52~7.71。

pH值是 内环境稳态的重要指标。

鸟类血液/血浆pH? (有兴趣自查、自学)

## 活学活用思考题

赠同学一句：用知识思维！学习使人智慧！

1. 血浆和内环境pH / 酸碱平衡是如何维持的？
2. 何谓“碱贮”？
3. 剧烈呕吐为何会导致碱中毒？  
剧烈腹泻为何导致酸中毒？
4. 紧张时剧烈呼吸为何会“头晕”，“眼花”？
5. 肾脏对血液pH稳定/酸碱平衡维持有何贡献？
6. 何谓“成碱食品”？何谓“成酸食品”？  
为何提倡“多吃蔬菜、水果”？
7. 剧烈运动为何会肌肉酸痛？
8. 发高烧后为何浑身酸痛？

## ■ 血液中的酸碱缓冲对

血浆和 RBC 中酸碱缓冲体系，

决定和影响 血液 pH/酸碱度

- a  $\text{NaHCO}_3 / \text{H}_2\text{CO}_3$  血浆中最重要的缓冲对  
“碱贮” — 血液中 $\text{NaHCO}_3$ 的含量 正常比值20/1
  - b 蛋白质钠盐/蛋白质
  - c  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 / \text{NaH}_2\text{PO}_4$
- } 血浆
- 
- d (氧合) 血红蛋白钾盐 / (氧合) 血红蛋白
  - e  $\text{K}_2\text{HPO}_4 / \text{KH}_2\text{PO}_4$
- } RBC内



■ 成碱与成酸食品 问题：与酸碱平衡有何关系？

a 成碱食品 多数蔬菜、水果；

Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>阳

— 离子丰富

b 成酸食品 动物性食品，硫、磷高

精加工谷物，灰分低

c 中性食品 牛乳，蛋白高，但灰分也高（Ca<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>）

议题：牛乳 vs 人乳 → 婴幼儿生理特点

→ 肾负担

脱盐 vs 非脱盐乳清粉 ↗

结石症

注意：营养学

“合理营养、均衡膳食”

成碱、成酸食品 平衡摄入，也是其一！

### 3.5 血液的颜色：血红色

RBC 血红蛋白，血红素， $\text{Fe}^{2+}$

鲜红： $\text{O}_2\cdot\text{Hb}$ （动脉血）

暗红： $\text{CO}_2\cdot\text{Hb}$ （静脉血）

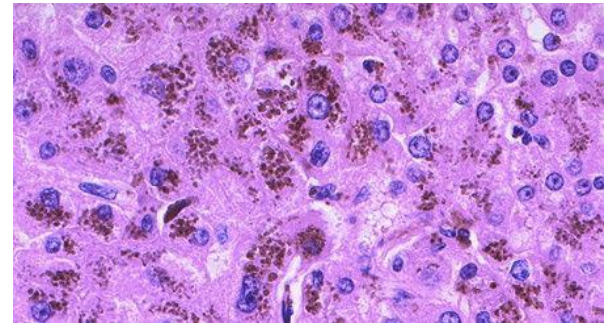
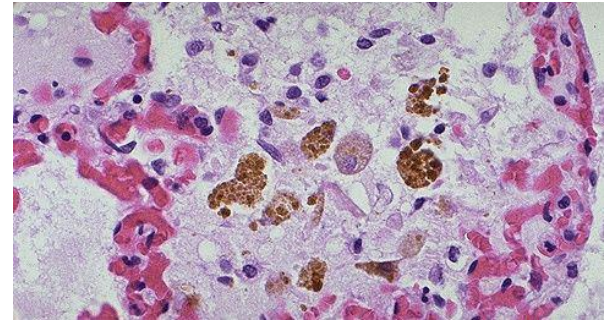
褐色、棕色：血黄素 $\text{Fe}^{3+}$

■ 动物的血液 不一定是红色，

蓝色：血蓝素， $\text{Cu}^{2+}$ ，鲎

绿色：

无色：



# § 3-2 Blood Cells 血细胞

## ■ Blood Cells

RBC

WBC

Platelets

占 血液总容积 40~50%

血细胞的起源



# 1. *Erythrocyte, EC; red blood cell, RBC* 红细胞/红血球

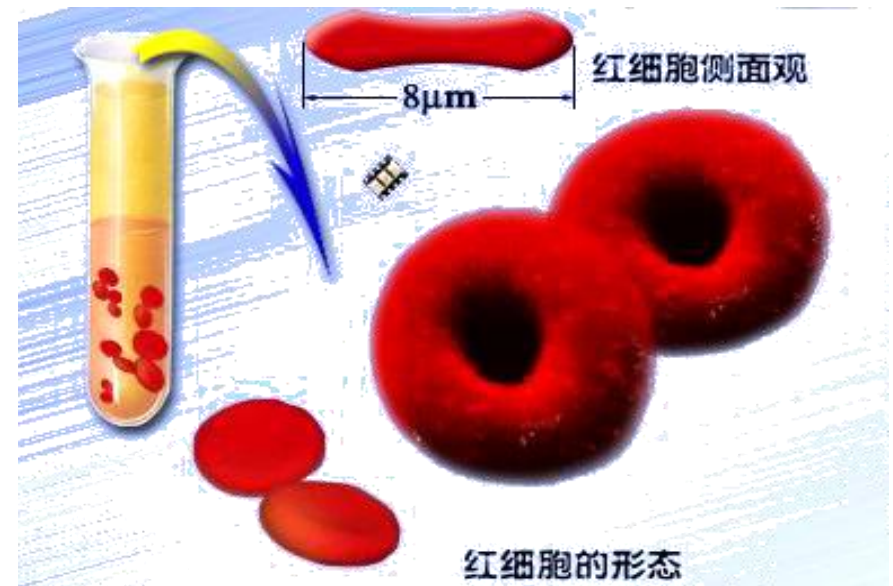
## 1.1 形态 特性

无核 — 人和哺乳动物

有核 — 鸟类

直径  $8\sim 10\ \mu\text{m}$

厚度  $2\ \mu\text{m}$



两面凹陷的厚饼状

可塑性变形，穿过狭窄的 毛细血管 和 血窦

衰老、病变可塑性变形能力降低

## ■ 悬浮稳定性 血沉

RBC 比重大于血浆

悬浮不沉降特性就是悬浮稳定性

RBC 表面有唾液酸，带负电，相互排斥



红细胞叠连会使血沉加快

## 1.2 数量

## 贫血指标之一

- 男性  $4.5 \sim 5.5 \times 10^{12} / L$       450~550万/ $\mu l$
- 女性  $3.8 \sim 4.6 \times 10^{12} / L$       380~460万/ $\mu l$
- 新生儿  $6.0 \sim 7.0 \times 10^{12} / L$       600~700万/ $\mu l$

动物种类	狗	猫	兔	大鼠
直径、数量				
红细胞的数量 (百万/ml)	7.0 (5.5~8.5)	7.9 (5.0~10.0)	5.0~7.4	6~10
红细胞的直径 ( $\mu m$ )	7.0 (6.7~7.2)	5.9 (5.6~6.3)	7.5 (6.5~9.0)	

## 1.3 功能

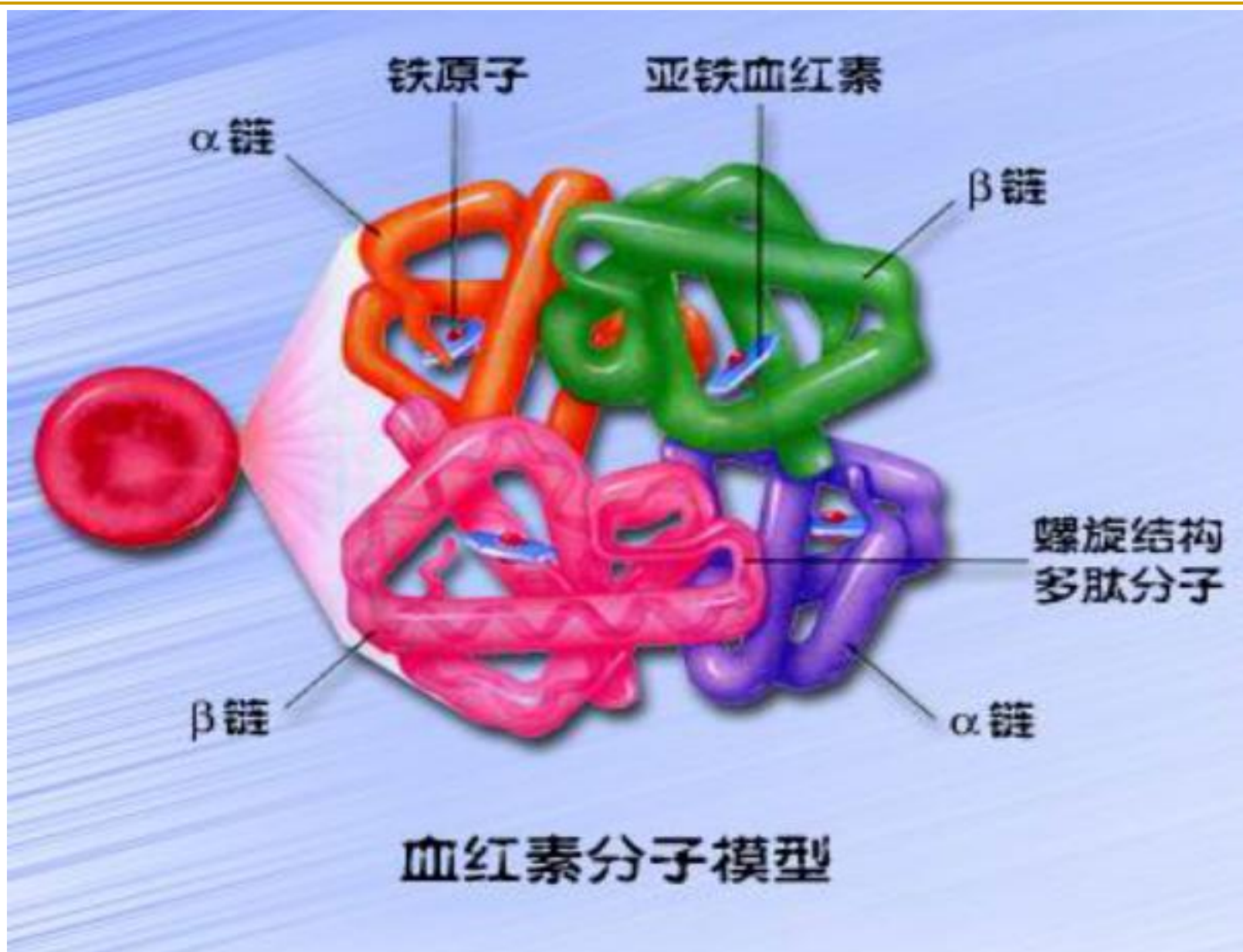
a 运输 $O_2$ 和 $CO_2$

含血红蛋白Hb，一种结合蛋白

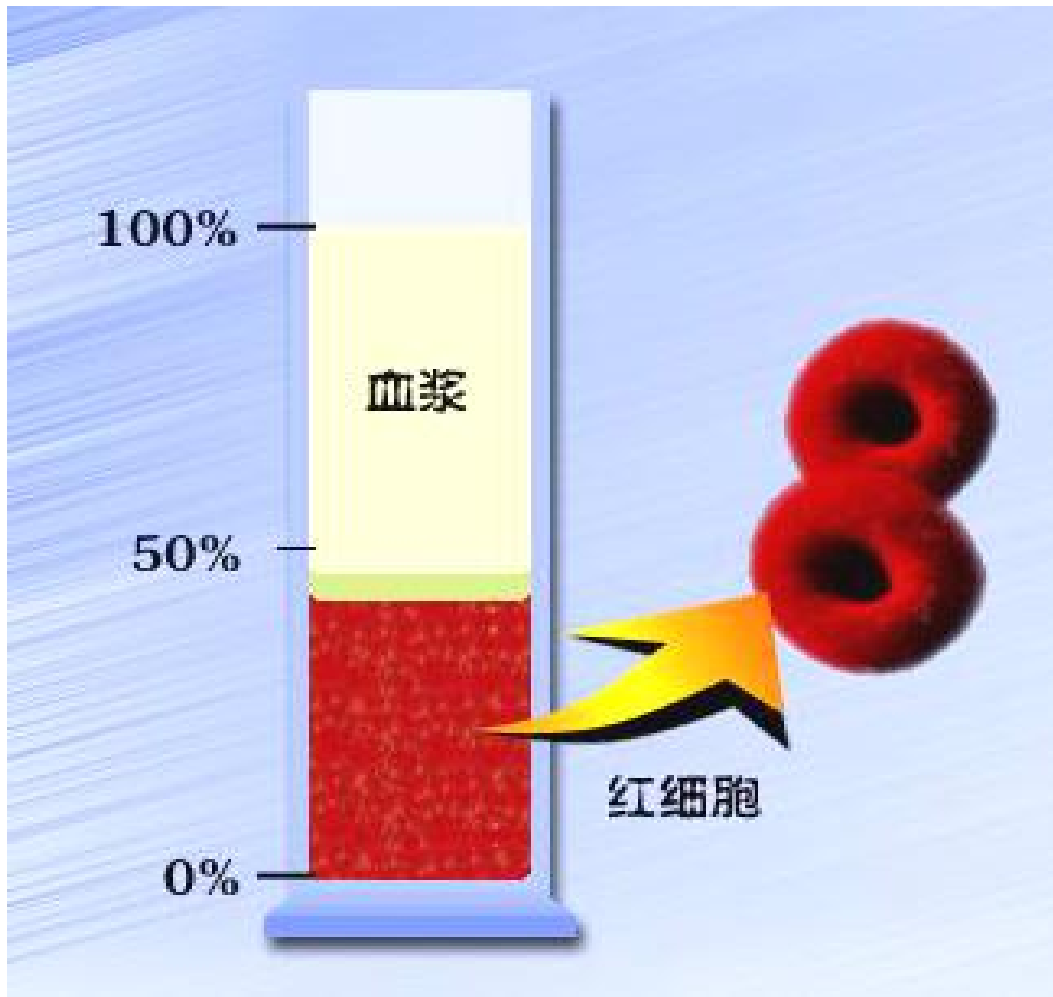
Hb 含 亚铁血红素 结合 4个氧

b 缓冲酸碱，对维持血液pH 有一定作用

c 其他 免疫/非特异性抗原提呈细胞



# 红细胞比容 hematocrit value, RBC 压积



红细胞在血液中所占的容积百分比，称为红细胞比容

男性为40%-50%  
女性为37%-48%。

全身各类血管中，血液的红细胞比容值也不尽相同。

---

## 2. *Leukocyte, LC; White Blood Cell, WBC*

### 白细胞/白血球

白细胞 即 白血球

因不含血红蛋白而得名

拉丁学名 *leukocyte*，一群免疫细胞

#### 2.1 功能 防御细胞群

参与免疫：抗微生物、抗寄生虫、抗肿瘤、移植排斥、输血反应等等。

参与过敏发生 及 其它自身免疫疾病

---

## •有关白细胞迁移性的概念

### ■ 白细胞渗出 *leukapedesis*

白细胞作变形运动穿过血管壁。

### ■ 趋化性

白细胞趋向某些化学物质游走的特性。

体内具有趋化作用的物质包括：

A 异物 细菌毒素、细菌或人体细胞的降解产物，以及 抗原-抗体复合物等。

B 细胞因子 趋化因子 chemokine



## 2.2 血液白细胞分类 和 数量

### ■根形态、功能分三大类:

A 粒细胞 *granular cell, GC; granular leukocytes, granulocyte*

a. 嗜中性~95%; b. 嗜碱性~4%; c. 嗜酸性~1%

B 淋巴细胞 *lymph-cell, lymphocyte, LC/ LY*

a. B 淋巴细胞; b. T 淋巴细胞; c. NK 等其它

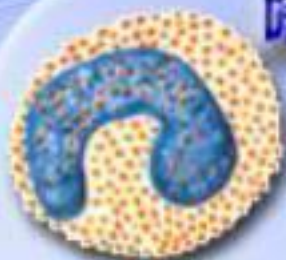
LC

C 单核细胞 *monocytes, mono. ; mononuclear cell, MC*

单核-巨噬细胞 系统 (群)

# 白细胞

嗜酸性粒细胞



嗜中性粒细胞



有颗粒白细胞

白细胞

嗜碱性粒细胞



无颗粒白细胞

淋巴细胞



单核细胞



白细胞的分类

---

■ 问题：何谓“白细胞增多” 或 “白细胞减少”？

■ 数量

有生理 和 病理波动

生理波动：新生儿高， $15 \times 10^9$ ；运动、分娩

病理波动：

增高↑：感冒发烧；各种细菌性感染；白血病

减少↓：药物；某些病毒感染……

---

## 血液中各类白细胞计数（细胞/ $\mu\text{L}$ ）

	均数	范围	%
<b>粒细胞</b>			
中性粒细胞	4150	1712~7588	<u>50~70</u>
嗜酸性粒细胞	165	0~397	0.5~5
嗜碱性粒细胞	44	0~112	0~1
单核细胞	456	66~846	3~8
淋巴细胞	2185	1029~3341	<u>20~40</u>
白细胞总数	7000	4000~10000	

问题：何谓“白细胞增多” 或 “白细胞减少”？

$<4 \times 10^9/\text{L}$ ,  $>10 \times 10^9/\text{L}$

## 2.3 各种WBC 生理特性和功能

- 中性粒细胞 *neutrophil granulocyte*  
又称多形核白细胞；小吞噬细胞



8~10um

血管内停留6~8h，末梢血管停留12~48h，  
组织中生存4~5d。

“自杀性”性吞噬细胞。

穿过血管壁进入组织，不再返回血液。

骨髓中尚贮备了约 $2.5 \times 10^{12}$ 个成熟中性粒细胞，在机体需要时可立即动员大量这部分粒细胞进入循环血流。

# 功能

A 一种主要吞噬细胞 特别是在化脓性细菌入侵的第一线，当炎症发生时，它们被趋化性物质吸引到炎症部位。非特异性细胞免疫系统中起着十分重要的作用。

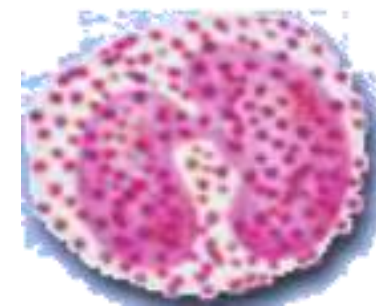
B 产生旁分泌激素物质

如血栓素和前列腺素等，这类物质对调节血管口径和通透性有明显的作用，还能引起炎症反应和疼痛，并影响血液凝固

## ■ 嗜碱性粒细胞

basophile granulocyte; basophilic leukocyte

数量较少 WBC 占0.5%-1%。  
平均循环时间是12小时。



胞质中存在较大嗜碱性染料颗粒。

颗粒内含有肝素和组织胺；还有 嗜酸性粒细胞趋化因子A、过敏物质等。

**肥大细胞**      mast cell

功能:

A. 引起过敏反应

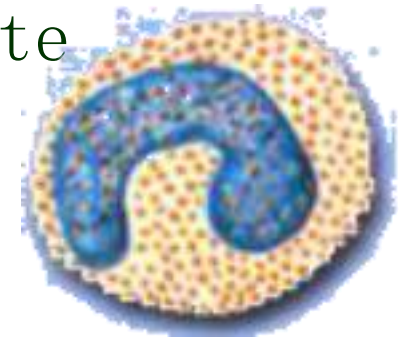
B. 参与脂肪代谢

近年来发现。当食物中的脂肪被肠吸收后，周围血液中的嗜碱性粒细胞数随即增加；可释放肝素（heparin），激活在血浆中的脂肪分解。这是由于肝素作为脂酶的辅基增强了脂酶的作用。结果加快了由脂肪分解为游离脂肪酸的过程。

C. 被激活时还释放嗜酸性粒细胞趋化因子A  
eosinophile chemotactic factor A



- 嗜酸性粒细胞 eosinophile granulocyte  
又称“嗜伊红粒细胞”。  
WBC 0.5%~5%。



功能：

A. 限制嗜碱性粒细胞在速发性过敏反应中的作用。

三个方面限制嗜碱性粒细胞的活性：一是嗜酸性粒细胞可产生前列腺素E使嗜碱性粒细胞合成释放生物活性物质的过程受到抑制；二是嗜酸性粒细胞可吞噬嗜碱性粒细胞所排出的颗粒，使其中含有生物活性物质不能发挥作用；三是嗜酸性粒细胞能释放组胺酶等酶类，破坏嗜碱性粒细胞所释放的组胺等活性物质。

B. 参与对蠕虫的免疫反应。

## ■ 单核细胞

mononuclear phagocyte, monocyte

直径约为 $15\sim 30\ \mu\text{m}$

约占血WBC 4%~8%。



15-30 $\mu\text{m}$

## 具吞噬作用

单核细胞在血液中停留2-3天后迁移到周围组织中，细胞体积继续增大，直径可达 $50\sim 80\ \mu\text{m}$ ，细胞内所含的溶酶体颗粒和线粒体的数目也增多，成为成熟的细胞。

## ■ 单核—巨噬细胞系统的功能

也称 大吞噬细胞

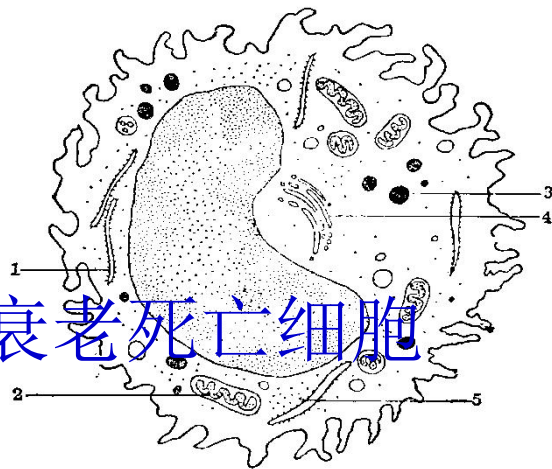
a 吞噬 异物、抗原抗体复合物、衰老死亡细胞

b 抗原提呈作用

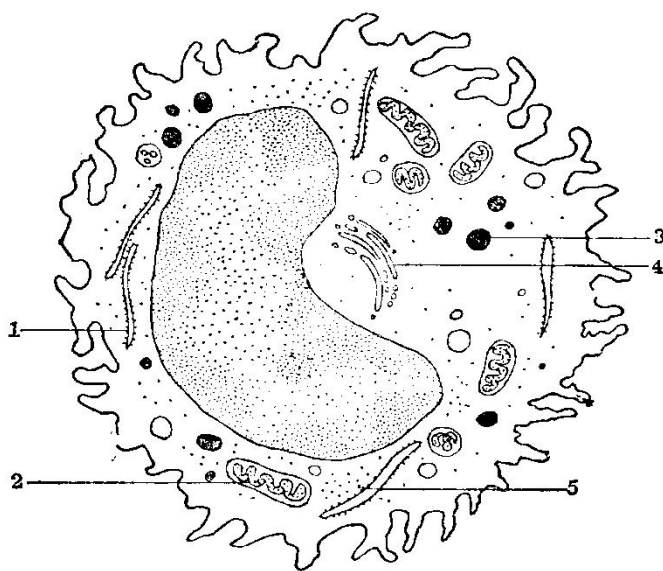
c 分泌炎性介质

一类防御细胞群前体细胞

单核细胞进入各种组织器官中成为各种巨噬细胞Macrophage，它们经常大量存在于淋巴结、肺泡壁、骨髓、肝和脾等器官。激活了的单核细胞和组织巨噬细胞能生成并释放多种细胞毒、干扰素和白细胞介素。可在炎症周围单核细胞能进行细胞分裂，并包围异物。



# ■ 单核—巨噬细胞系统 一大类防御细胞群



巨噬细胞模式图

1.粗面内质网, 2.线粒体, 3.溶酶体,  
4.高尔基氏体, 5.游离核糖体

50-80 $\mu$ m

# ■ Macrophages 单核巨噬细胞

脾脏巨噬细胞

淋巴结巨噬细胞

骨髓巨噬细胞

枯否氏细胞（肝脏）

尘细胞（肺泡）

朗格罕细胞（皮肤）

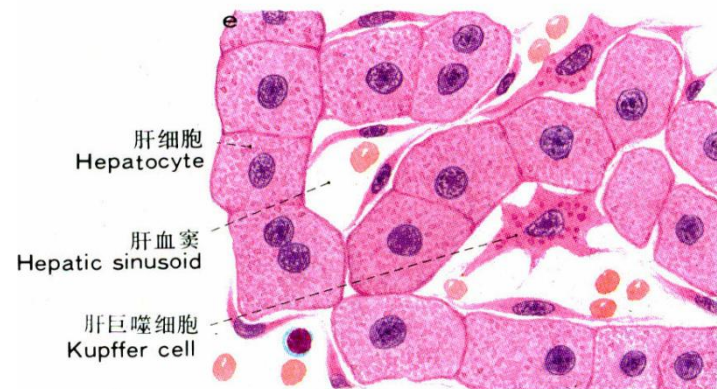
树状细胞（黏膜淋巴组织）

组织细胞（结缔组织）

间膜细胞（肾小球）

小胶质细胞（中枢神经）

破骨细胞（骨膜）



肝细胞索和肝血窦 H·E 高倍  
Hepatic cell cords and sinusoids



肺泡结构模式图

## ■ 淋巴细胞 lymphocyte

形态:

一般形态上难区分，呈球形。

胞浆少，核大，而一边凹陷呈弯月形。

寿命:

淋巴细胞的寿命较长，一般为数月，

有的长达几年或更长。

分类/ 亚群

T 淋巴细胞亚群 介导细胞免疫

B 淋巴细胞亚群 介导体液免疫

其它: 杀伤细胞 killer cell

自然杀伤细胞 NK cell



功能:

介导特异性免疫过程。

免疫应答过程中起着核心作用。

淋巴细胞再循环

成熟淋巴细胞在血液、淋巴液及淋巴器官中的反复循环

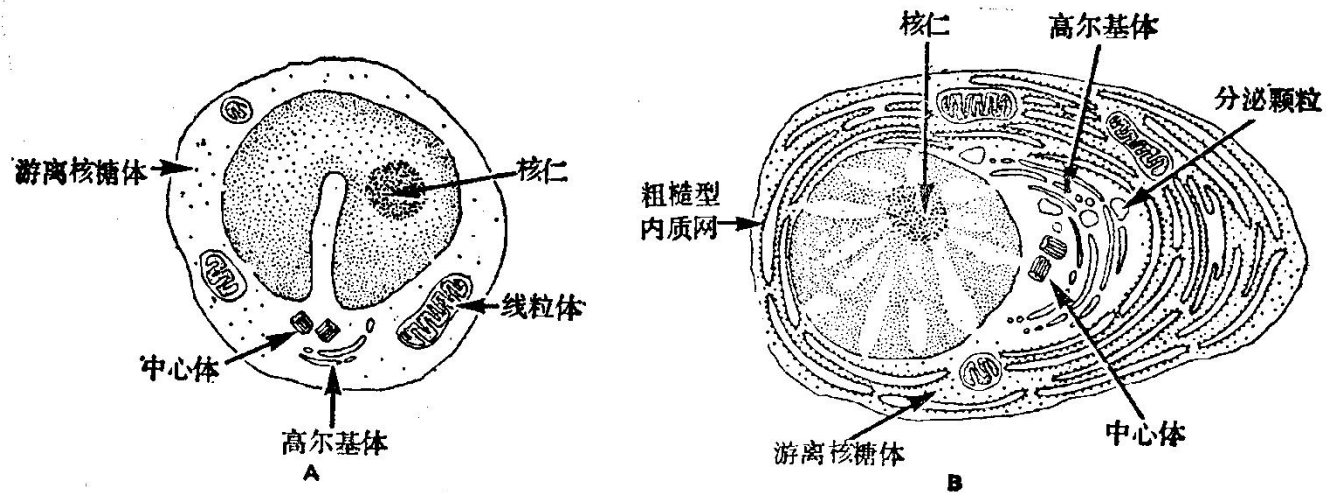
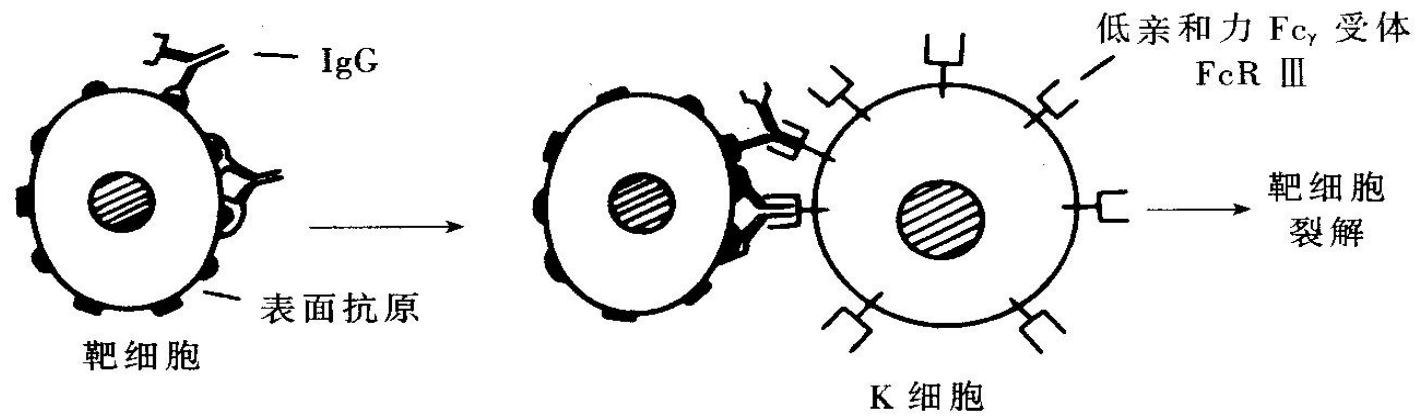


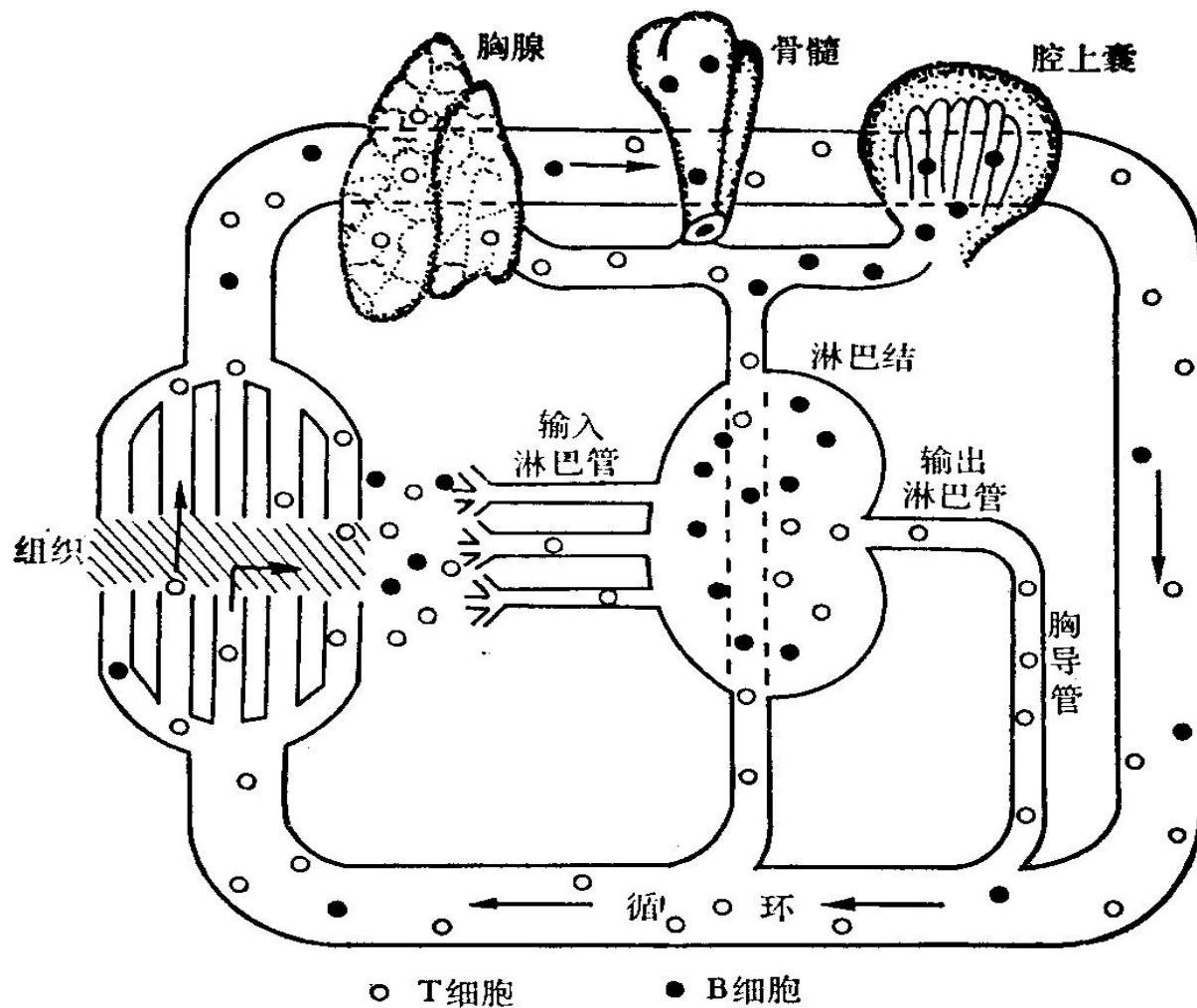
图1-10 淋巴细胞(A)和浆细胞(B)的主要结构特点<sup>[2]</sup>

T、B淋巴细胞均为小淋巴细胞，一般形态上难区分，呈球形，直径5-7微米，胞浆少，核大，而一边凹陷呈弯月形。浆细胞的形态特征是胞浆丰富，富含粗面内质网（说明蛋白质分泌能力超群），细胞核常偏于一侧，车轮状。





带有抗体 Fc 受体的 K 细胞对靶细胞的捕捉和杀伤示意图



淋巴细胞循环模式图

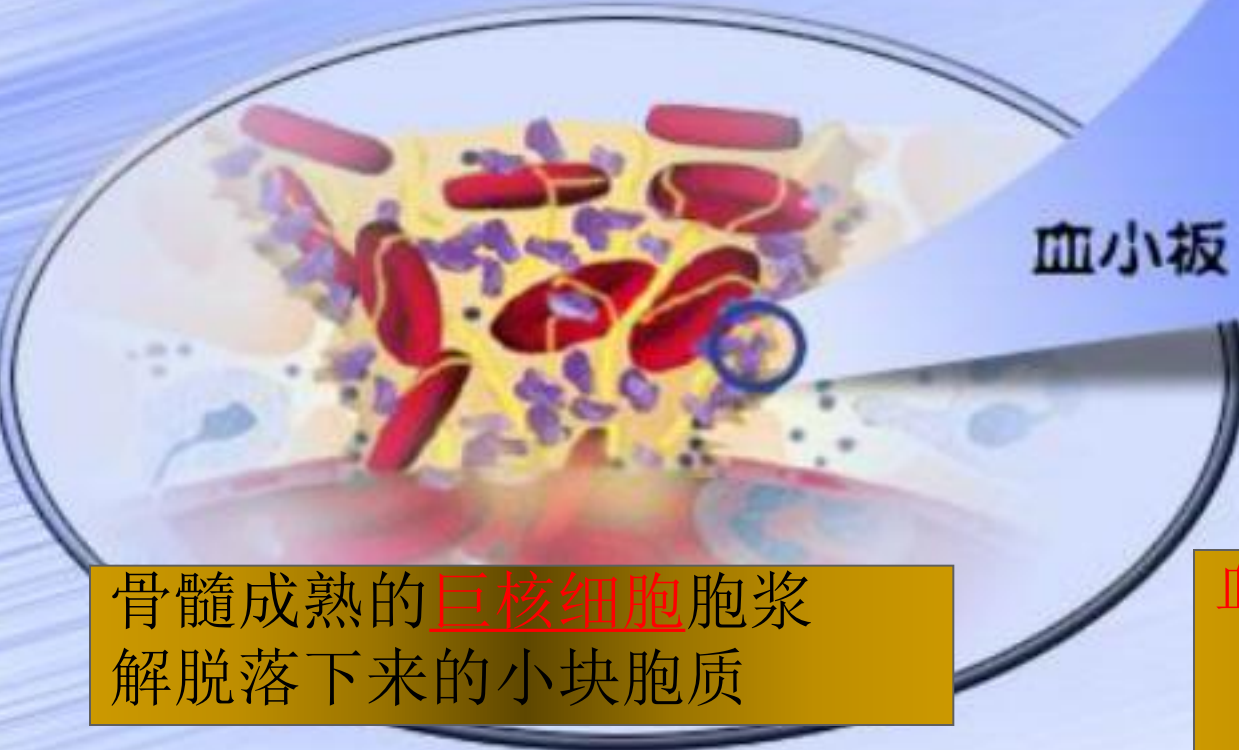
### 3. 血小板

platelets, thrombocyte



# 血小板

血小板不具完整的细胞结构，无细胞核。体积很小，直径仅  $2 \sim 4 \mu\text{m}$ ，在血流中为圆形或椭圆形，在染色的血涂片上呈不规则形，常集合成群。



血小板

血小板的生理功能  
主要参与生理性止血和  
血液凝固过程。

骨髓成熟的巨核细胞胞浆  
解脱落下来的小块胞质

## ■ 血小板的生理特性 掌握

骨髓巨核细胞、TPO（促血小板生成素）

生成的前2天有生理作用，寿命可有7-14天。

### 生理特性

**A. 粘附** 当血管内皮损伤而暴露胶原组织时，立即引起血小板的粘着，这一过程称为血小板粘附（thrombocyte adhesion）。

**B. 聚集** 血小板彼此之间互相粘附、聚合成团的过程，称为血小板聚集（thrombocyte aggregation）。

**C. 释放反应** 指血小板受刺激后，可将颗粒中的ADP、磷脂、5-羟色胺（5-HT）、儿茶酚胺、 $\text{Ca}^{2+}$ 、血小板因3（PF3）等活性物质向外释放的过程。

**D. 收缩** 指血小板内的收缩蛋白发生的收缩过程。它可导致血凝块回缩、血栓硬化，有利于止血过程。

**E. 吸附** 血小板能吸附血浆中多种凝血因子于表面。

## ■ 血小板生理功能

掌握

A. 维护血管内皮光滑

随时沉着血管壁 修

血小板减少

皮下、黏膜出血、紫癜

B. 参与生理止血

C. 加速血凝

血小板数量和功能不正常与出血和血栓疾病有关



## 4. 血细胞的起源 — 形成与分化

问题：血细胞是从哪儿来的？/机体的造血器官在哪里？

### ■造血器官

#### a 出生前

胚胎 早期，是在卵黄囊造血

第二个月开始，由肝、脾造血

第五个月后，肝、脾的造血活动逐渐减少，骨髓开始造血并逐渐增强

#### b 婴儿

几乎完全依靠骨髓造血，但必要时，肝、脾可再参与造血以补充骨髓功能的不足。

c 儿童 4岁以后 骨髓腔的增长速度已超过了造血组织增长的速度，脂肪细胞逐步填充多余的骨髓腔。

d 成年 → 骨髓造血

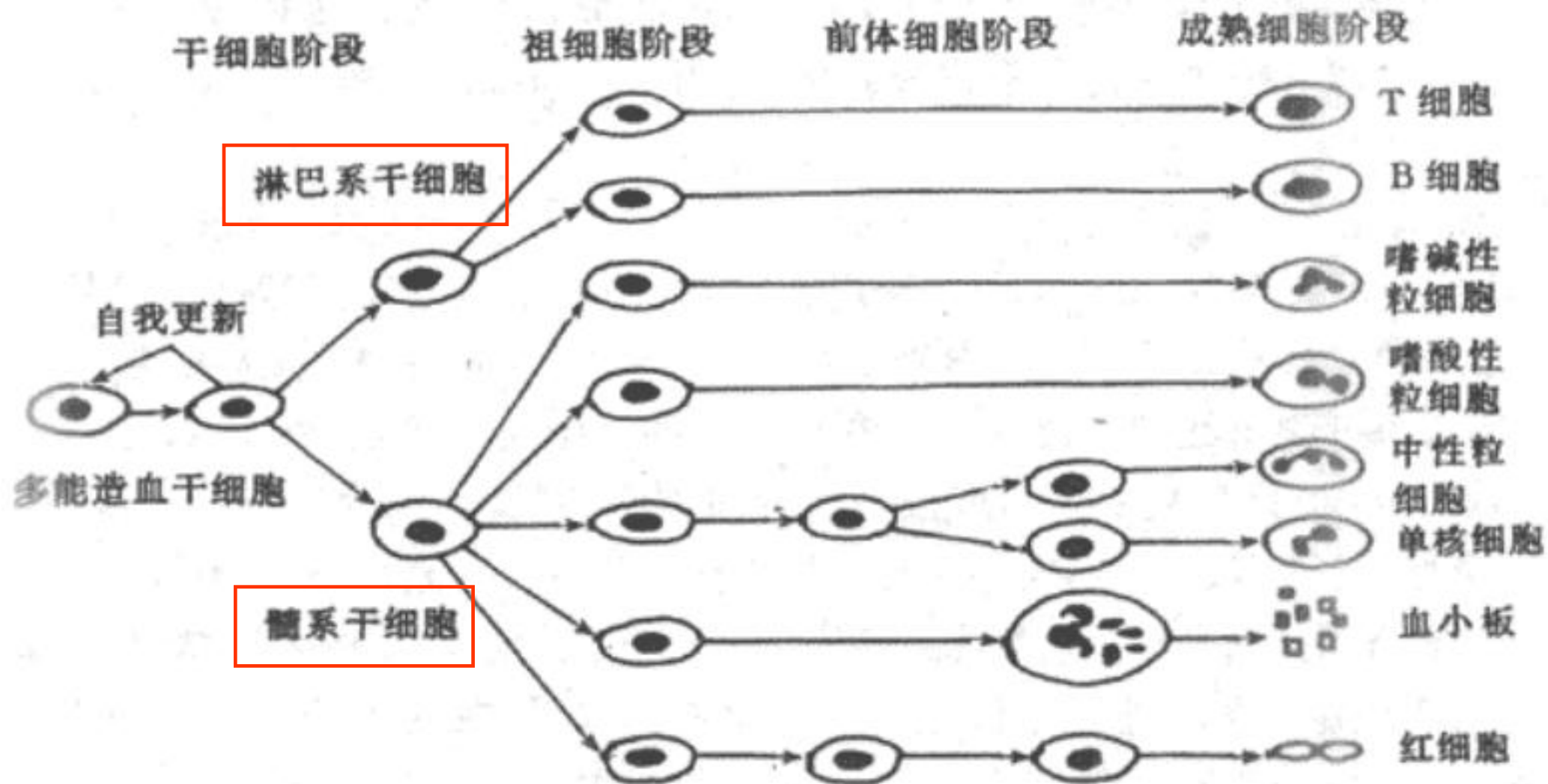
18岁后只有脊椎骨、肋骨、胸骨、颅骨 等扁骨骨髓

和长骨近端骨髓处才有造血骨髓，但造血组织的总量已很充裕。

哺乳类 同人类 主要骨髓造血

鸟类 骨髓+腔上囊

# 源于多能造血干细胞 hemopoietic stem cells





## 4.1 红细胞的生成

### ■ RBC更新

RBC 平均寿命约为120天。（白细胞寿命？血小板寿命？）

每24小时便有0.8%的红细胞进行更新，也就是说每分钟约有 $160 \times 10^6$ 个红细胞生成；

肝、脾和骨髓中被巨噬细胞所吞噬。

事实上，任何组织都能使红细胞解体，这可从皮下出血的青紫块都会逐渐消失的事实证明。

当机体有需要时，红细胞的生成率还能在正常基础上增加数倍。

■ 问题：贫血有哪些类型，试分析可能原因。

■ 红细胞生成所需要的营养素

蛋白质、铁、叶酸、B<sub>12</sub>和V<sub>C</sub>等是影响红细胞生成的重要因素。

维生素B<sub>6</sub>、B<sub>2</sub>、E，微量元素铜、锰、钴和锌等。

**营养小贴**

每毫升RBC含1mg铁，每天需要20-25mg铁用于红细胞生成，但人每天只需从食物中吸收1mg（约5%）以补充排泄的铁，其余95%均来自人体铁的再利用。

## ■ 贫血的种类 及 形成因素

a 生理性贫血 如孕妇

b 营养性贫血 —— 蛋白质、铁

c 缺铁性贫血

d 巨幼红细胞性贫血，大细胞性贫血  
—— 叶酸、B<sub>12</sub>

e 再生障碍性贫血 p51

药物、毒物、辐射、病毒等导致骨髓造血干细胞功能衰竭，全血细胞减少为特征的一组疾病，临床表现为贫血、出血和感染。

f 其他划分：创伤性贫血/失血性贫血

原发性贫血/继发性贫血

## ■ 红细胞生成的调节

A 缺氧 刺激 RBC 生成的直接因子

B 细胞因子

爆式促进因子 BPA, burst promoting factor

促红细胞生成素 EPO

再生障碍性贫血

是骨髓造血功能衰竭的一组综合症。

一种认为：红系祖细胞 EPO 受体有缺陷所致。

C 雄雌激素、甲状腺素、生长素 对RBC有影响

erythroid

造血  
干细胞

BPA

爆氏促进因子

BFU - E

CFU - E

红系前体细胞

爆式红系集落  
形成单位  
早期红系祖细胞

EPO

红细胞总量

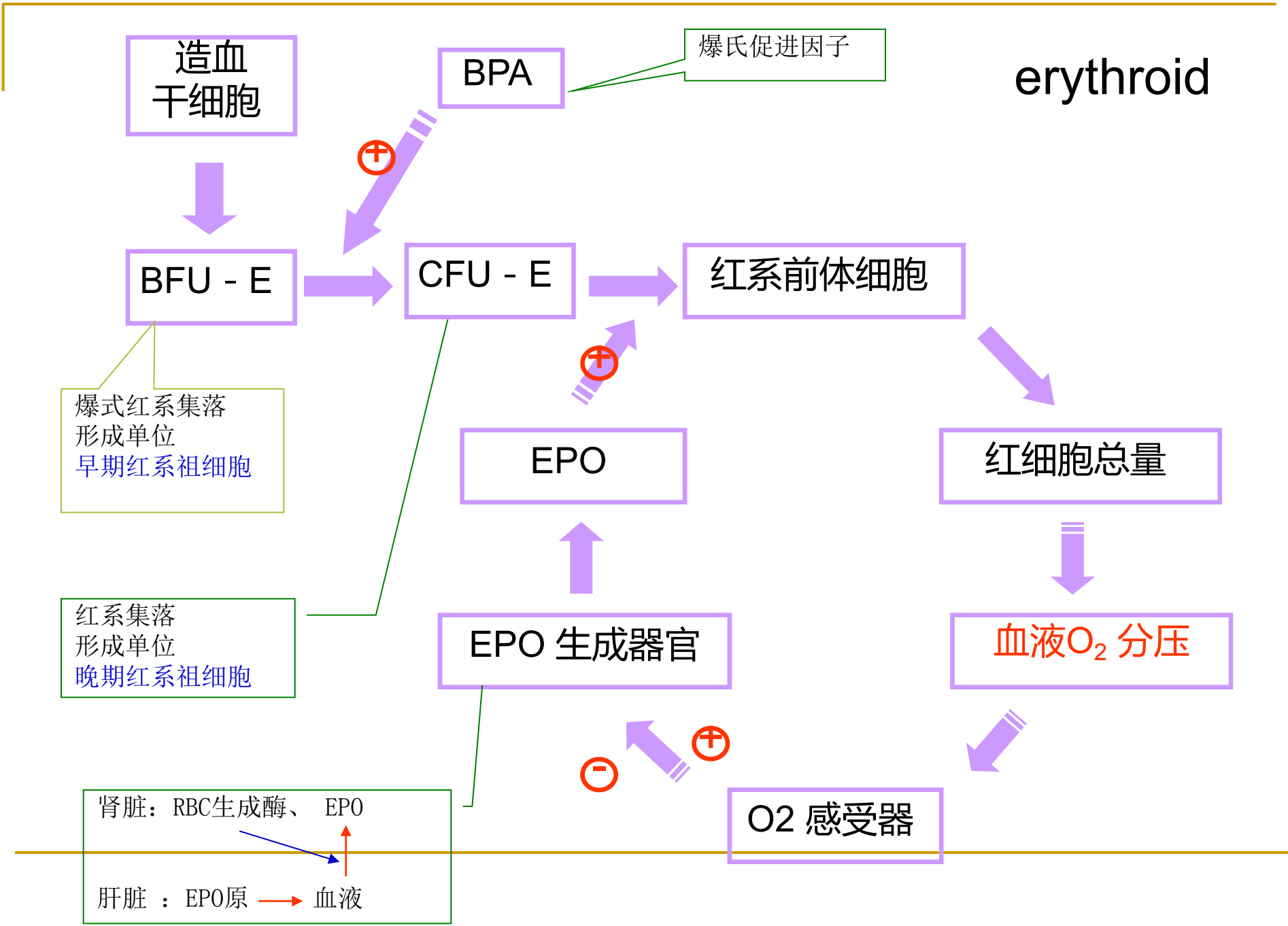
红系集落  
形成单位  
晚期红系祖细胞

EPO 生成器官

血液O<sub>2</sub> 分压

肾脏：RBC生成酶、 EPO  
肝脏：EPO原 → 血液

O<sub>2</sub> 感受器





*§3-3 Hemostasis & Blood*  
**Clotting**

生理止血 和 血液凝固

## § 3-3 *Hemostasis* 生理止血

### 1. 生理止血 *physiological hemostasis* 简称 止血

*hemostasis*

血液从血管流出后，在正常情况下经数分钟出血自行停止的现象。

**流血时间** *Bleeding time* 1-3 分钟

临床上以**流血时间**判断**止血功能**

方式：手指、耳垂 针刺，止血时间。

■ 生理止血过程包括三个过程： 掌握

A. 局部血管立即收缩

交感神经兴奋，特点：反应快，持续短；  
缩血管物质：血小板和损伤血管内皮细胞

如5-HT，血栓素A<sub>2</sub>、内皮素

B. 血小板栓子形成

激活 血小板 和 凝血系统 形成 松软血栓

主要是创伤发生后，血小板迅速粘附于创伤处，并聚集成团，形成较松软的止血栓子，凝血系统开始启动。

C. 血液凝固 Blood clotting/ coagulation

纤维蛋白块 沉聚增多，形成 牢固血栓

凝血系统被激活，在血小板松软血栓基础上形成牢固血栓



## 2. 血液凝固

*Blood Coagulation, Blood clotting*

### ■ 血液凝固，或血凝

血液由溶胶状态变成不能流动的凝胶状态的过程。

### ■ 血清 serum

血液凝固后一定时间（1-2小时），血凝块又发生回缩，并释出淡黄色的液体。

	血细胞	血小板	纤维蛋白	凝血因子
plasma 有	无	无	有	
serum 极少	无	无	无	

问题：plasma 和serum 有何区别？

## ■ 凝血因子 *Blood clotting factors*

注意：抗凝血

### 制备方法★

血浆和组织中直接参与凝血的物质。

有 15 种

按国际命名法用罗马数字编了号的有 12种

I, II, III, IV, ~~V~~, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII,  
XIII

另外三种有 前激肽释放酶PK

高分子激肽原HMWK

血小板磷脂 PL 等

直接参与凝血过程。

# 按国际命名法编号的凝血因子

编 号	同 义 名	合成部位	
因子 I	纤维蛋白原 fibrinogen	肝	★
因子 II	凝血酶原 prothrombin	肝	
因子 III	组织凝血激酶 tissue thromboplastin		
因子 IV	Ca <sup>2+</sup>		★
因子 V	前加速素 proaccelerin		
因子 VII	前转变素 proconvertin	肝	
因子 VIII	抗血友病因子 AHF 何谓“血友病”？		
因子 IX	血浆凝血激酶 PTC	肝	
因子 X	Stuart-Prower 因子	肝	
因子 XI	血浆凝血激酶前质 PTA		
因子 XII	接触因子 contact factor		
因子 XIII	纤维蛋白稳定因子		

## ■ 凝血因子的特征:

A. 除IV (Ca<sup>2+</sup>) 与 PL (血小板磷脂) 外,  
其余凝血因子都是蛋白质; 大多是 内切酶。

B. 多数在肝合成, 因此肝脏功能异常影响凝血。

II 凝血酶原

VII 前转变素

IX 血浆凝血激酶

X Stuart—Prower

合成必需 V<sub>k</sub> 参与  
凝血维生素

问题: 哪种维生素对肝脏合成凝血因子关系最密切?

---

C. 正常时，大多以无活性 “酶原” 形式存在，通过水解（激活）呈 “活性态”，代号右下标 “a”

例如 II（凝血酶原）

激活后 记 IIa（凝血酶）

D. 多数 分子量 比较大，一般不能从肾小球滤过，降解和失活在肝脏完成。

---

## ■ 凝血机制 / 凝血过程

### Processes of Blood coagulation

1964年 Macfarlane, Davies & Ratnoff

提出“瀑布学说”认为：

凝血过程是一系列凝血因子相继激活的过程，  
每一步酶解反应均有放大效应。

“雪崩”效应，“泥石流”效

大体分三个阶段：了解

第一阶段 凝血酶原激活物形成

第二阶段 凝血酶形成

第三阶段 纤维蛋白形成

## ■ 第一阶段 凝血酶原激活物 形成 要求：掌握最原始启动因素

### A. 内源性激活途径

血液与损伤血管内皮、或与玻璃容器等异物接触  
一般从因子XII(接触因子)的激活开始，血管内膜下组织，特别是胶原纤维暴露激活XII为XIIa

### B. 外源性激活途径

创伤性出血的血液凝固

依靠组织释放的因子III（组织凝血激酶）激活过程。

外源性途径由因子VII与因子III组成复合物，在有Ca<sup>2+</sup>存在的情况下，激活XII为XIIa。

因子III 广泛存在于血管外组织中，但在脑、肺和胎盘组织中特别丰富。因子III为磷脂蛋白质。

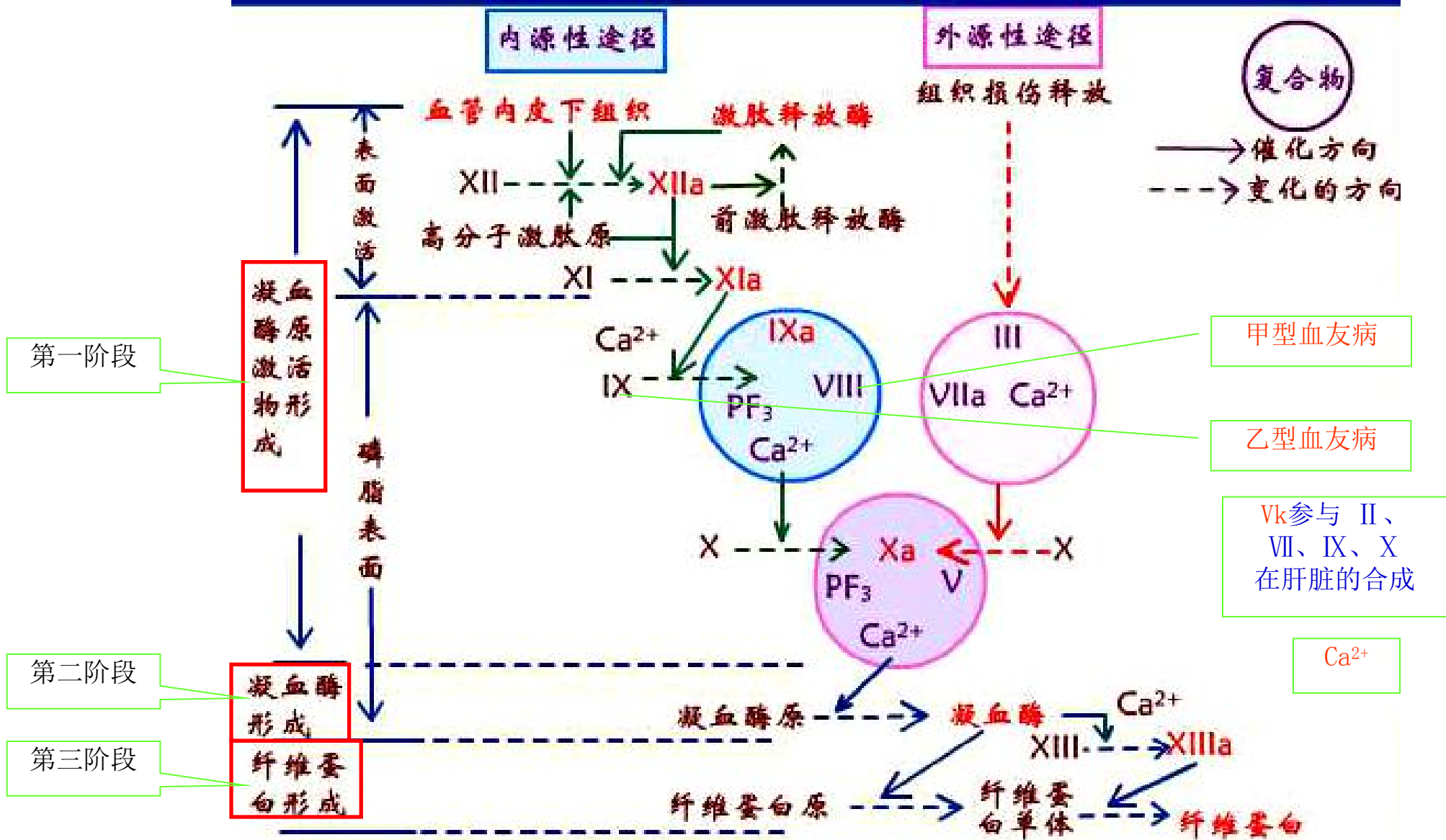
---

外源性途径凝血较快，内源性途径较慢，  
但在实际情况中，单纯由一种途径引起凝血的情况不多。

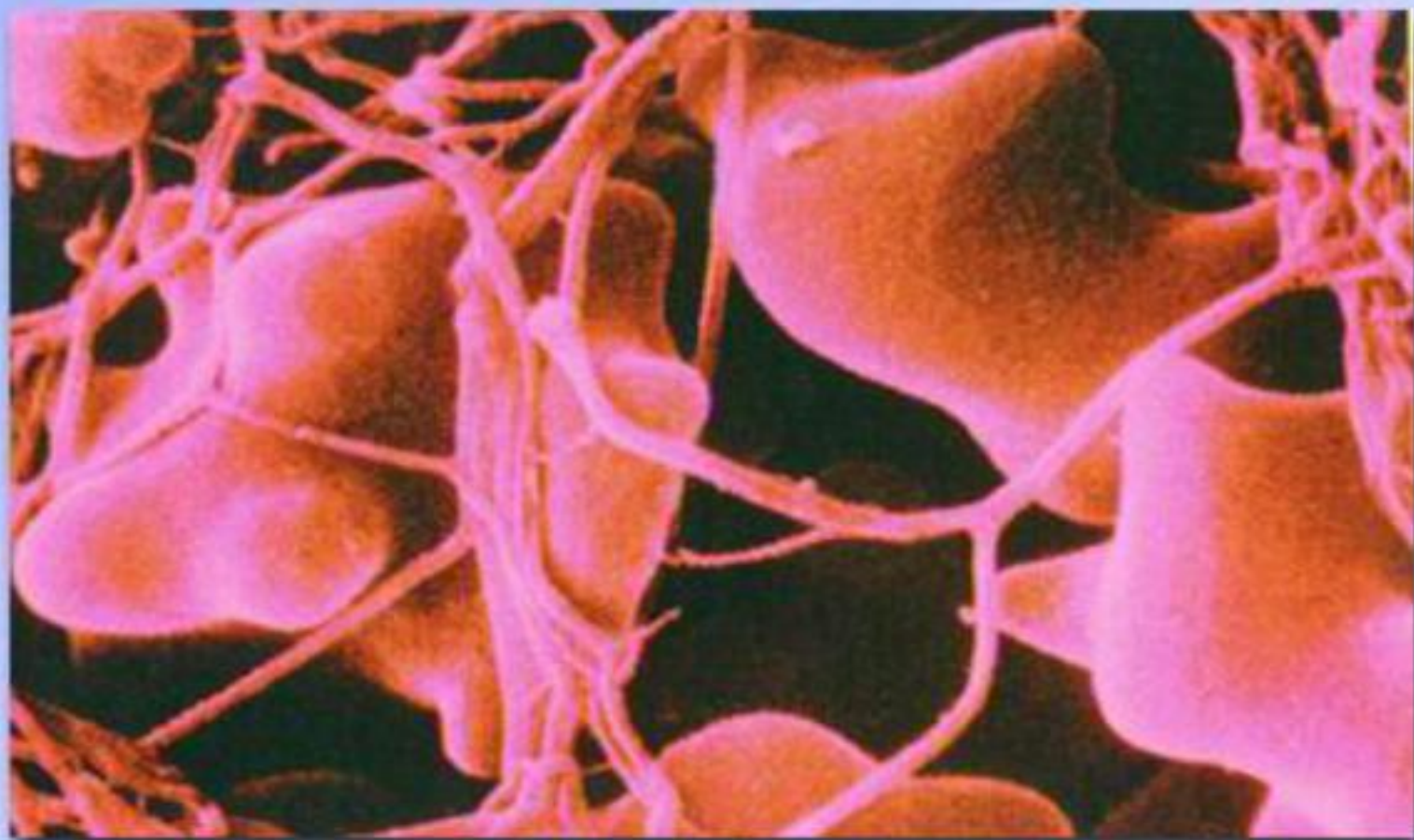
凝血酶原激活物：Xa， V，  $\text{Ca}^{2+}$ ， PL 复合物

---





凝血过程基本上是一系列蛋白质分子内切的过程，凝血过程一旦开始，各个凝血因子便一个激活另一个，形成一个“多米若骨牌”效应，“雪崩/泥石流”效应，直至血液凝固。



凝血块电镜图

### 3. 抗凝血系统和纤维蛋白溶解

#### Anti-coagulation & fibrinolysis

- 正常时，血液保持液态

正常机体血浆有很强的抗凝血酶物质（系统）

明显证据：

人血浆凝血酶原（II）约300U/ml。10ml血浆在凝血时生成的凝血酶就足以使全身血液凝固。

生理止血时，凝血只限于某一小段血管，而且1ml血浆中出现的凝血酶活性很少超出8-10单位，说明正常人血浆中有很强的抗凝血酶活性。

## 3.1 抗凝物质 和 作用

### ■ 血浆中主要抗凝物质 熟悉种类

#### A. 抗凝血酶III antithrombin

肝脏和血管内皮细胞分泌的一种球蛋白。能与凝血酶IIa 结合，10~20min 使其失活。与肝素结合活力增大100~1000倍。还能使IXa、Xa、XIa, XIIa失活。

#### B. 肝素 heparin 常见抗凝血药物

是一种酸性粘多糖，主要由肥大细胞和嗜碱性粒细胞产生，正常浓度较低，与抗凝血酶III结合增强其活性。

脂蛋白脂酶的辅基，有助于血浆乳糜微粒清除，被称为“血浆/血液 清洁因子”，防止高血脂有关血栓。

抗凝血因子III和肝素，它们的作用约占血浆全部抗凝血酶活性的75%，最重要抗凝血物质。

### C. 蛋白质 C Protein C

肝合成的一种 V<sub>K</sub> 依赖蛋白。

以酶原形式存在。有抗凝和溶纤双重作用。

蛋白质C 缺乏 导致难控制血管凝血，常常死于婴儿期，或易出现血栓。

### D. $\alpha_2$ 巨球蛋白

一种大分子，与凝血因子原结合，防止其被激活，直到这些凝血因子被降解。

具有预防正常状态下血管内凝血的作用。

## 3.2 血纤维溶解/系统 Fibrinolysis简称：纤溶

- 正常情况下血管中经常有少量的纤维蛋白形成，覆盖末梢血管壁表面，维持血管内皮的完整和正常通透性。同时还有纤溶过程。
- 在生理止血血凝块常可成为血栓，堵塞血管。出血停止、血管创伤愈合后，也通过血纤维溶解的过程，打通血管。

## ■ 纤溶系统成分 熟悉组成

由 a 纤溶酶原、b 纤溶酶、c 酶原激活物、d 酶原抑制物

A. 纤维蛋白溶解酶原 plasminogen

简称：纤溶酶原，血浆素原

plasminogen activators, PAs



B. 纤维蛋白溶解酶 plasmin

简称：纤溶酶，血浆素

## C. 纤溶酶原激活物 plasminogen activators, PAs

分布广，种类多，主要有三类

- i. 血管激活物 小血管内皮细胞释放
- ii. 组织激活物 广泛存在与组织
- iii. 依赖于因子XIIa 的激活物

ii. 组织激酶 含量高组织有：

子宫，肾，肺，前列腺，甲状腺，手术、创伤不易止血。

肾产生的尿激酶，活性很强，有助于防止肾小管中纤维蛋白沉着。

血浆中的激活物的半衰期约13min，通常迅速被肝清除。



D. 纤溶抑制物            如  $\alpha_2$ 抗纤溶酶

E. 外源纤溶物质

葡萄球菌激酶

链球菌激酶

蚯蚓激酶

蛇毒

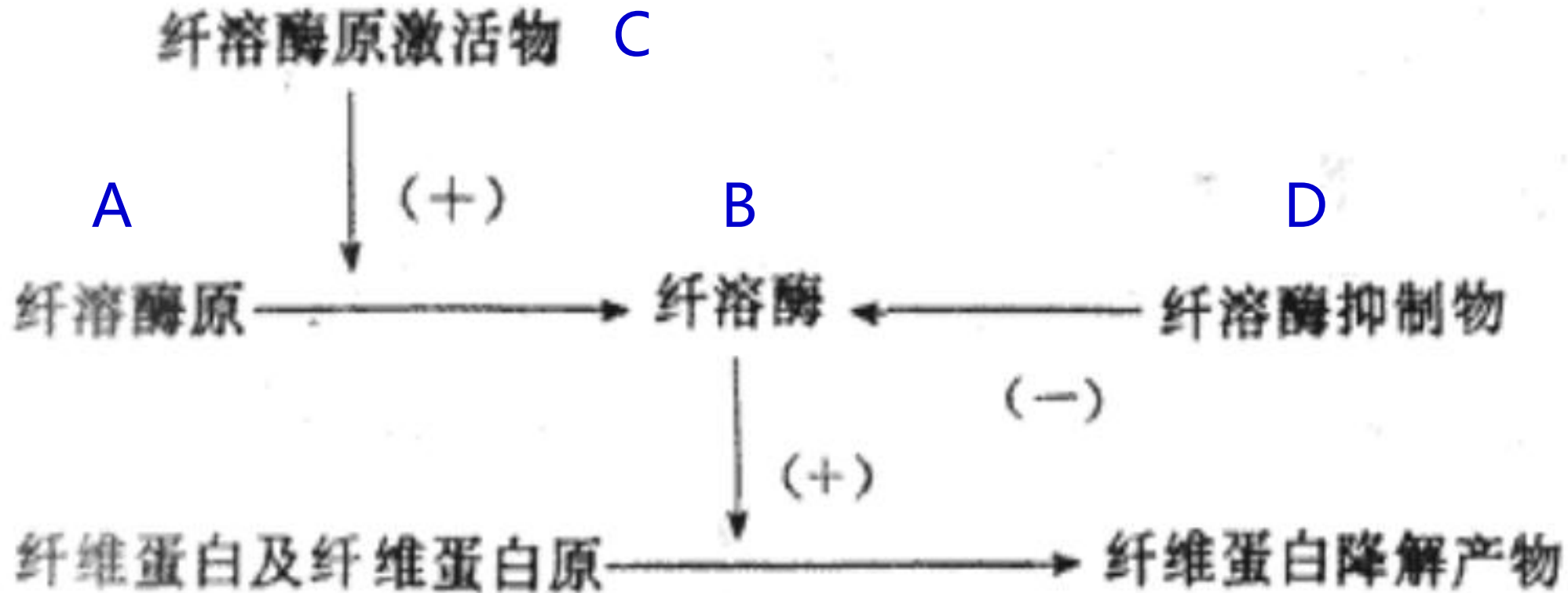
纳豆激酶

作业：纳豆激酶专题报告

什么是纳豆？纳豆激酶？如何获得？

作用如何？

## ■ 纤维蛋白溶解过程



(+): 促进作用

(-): 抑制作用

溶血 血凝

# § 3-4 *Blood Groups*

■ 血型

输血、移植

法医

嫌疑判定

亲子判定

可以排除



# 1. 血型 和 红细胞凝集

## ■ 血型

经典、狭义概念：

通常是指 RBC 上 特异抗原 的类型。

目前RBC 血型有十几个独立系统：

ABO, Rh, MNSs, Lewis, Lutheran

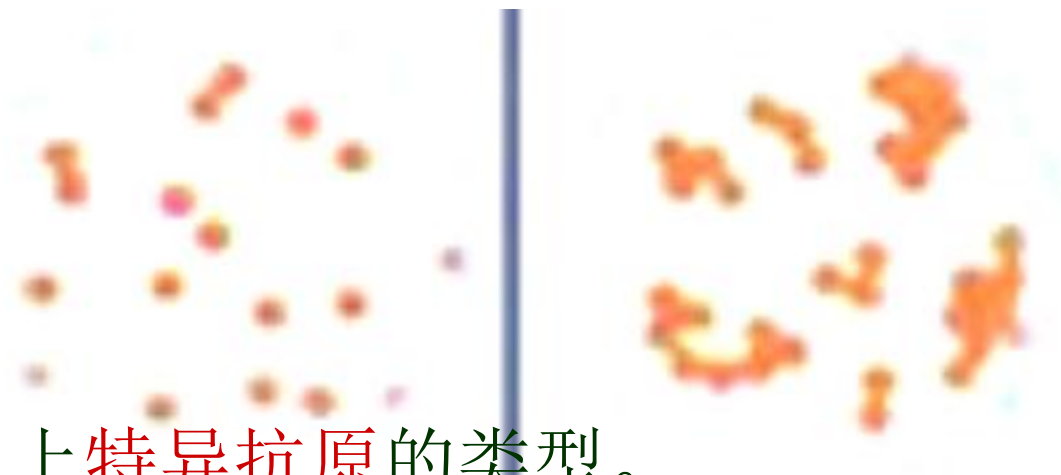
Kell, Kidd 等等。

广义概念：

包括 RBC 、 WBC 和 Platelet 血型；

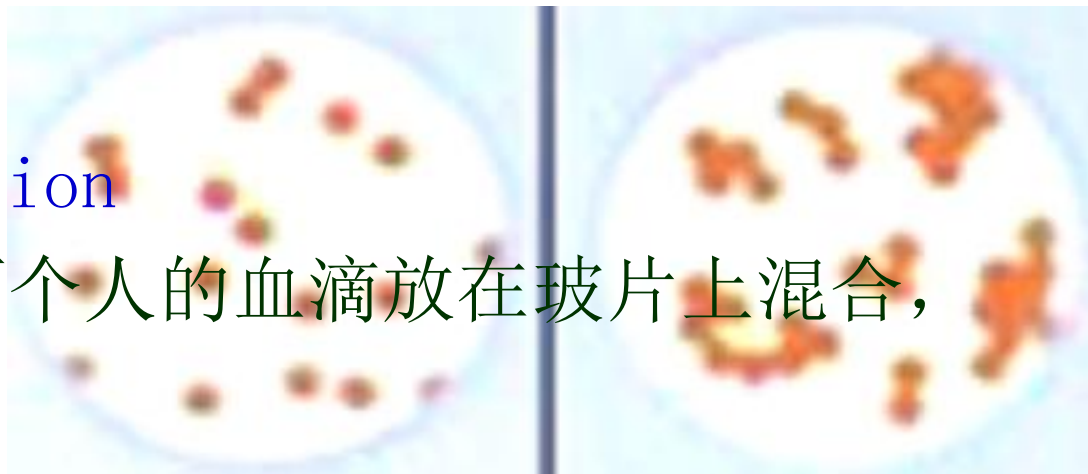
甚至 其它细胞 血型

本质是组织相容性问题！



## ■ 红细胞凝集 Agglutination

若将血型不相容的两个人的血滴放在玻片上混合，其中的RBC 即聚集成簇。



**原因：血型不相配；本质抗原—抗体反应。**

RBC 的凝集有时还伴有**溶血**。

后果：

血型不相容的血液输入循环血液中时，在血管凝集，堵塞毛细血管，溶血将损害肾小管，同时常伴发过敏反应，其结果可危及生命。

## ■ 凝集原和凝集素

RBC凝集的 机制/ 本质 是抗原 - 抗体反应

凝集原 Agglutinogen = 抗原、 $\approx$ RBC

凝集原是镶嵌在RBC 膜上的一些特异糖蛋白，  
在凝集反应中糖蛋白起着抗原的作用。

凝集素 Agglutinin

能与RBC 膜上的凝集原起反应的特异抗体。

# 1. ABO 血型

Karl Landsteiner 卡尔·兰德施泰纳 (美籍奥地利病理生理学家)

1901年发现 1930年诺贝尔奖

根据 RBC 膜上存在的凝集原A 与 凝集原B 的情况而将血液分为 4 型

血型	RBC 上的凝集原	血清中的凝集素
A	A	抗 B
B	B	抗 A
AB	A 和 B	不含凝集素
O	不含凝集原	抗 A 和抗 B

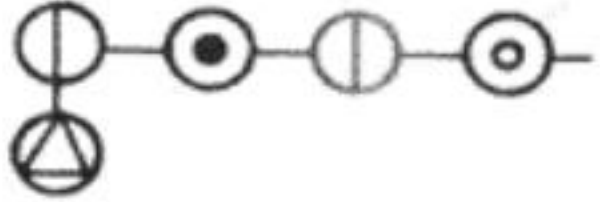
“万能输血者”

AB 型 人比例少

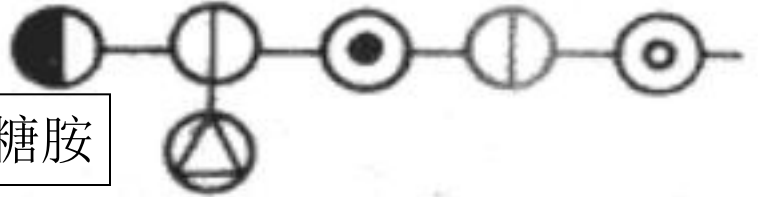
前驱物质



H 抗原

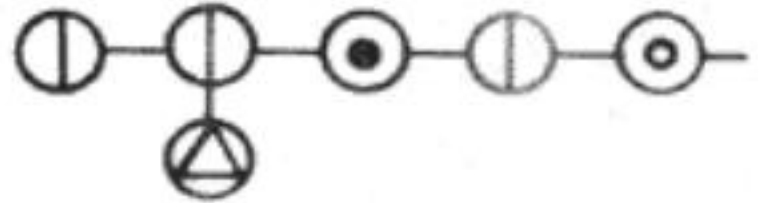


A 抗原



N-乙酰半乳糖胺

B 抗原



半乳糖



半乳糖



N-乙酰  
葡萄糖胺



N-乙酰半  
乳糖胺



岩藻糖



葡萄糖



## ABO血型遗传学特征——先天遗传的

- 总体上 A、B、O 各占 30%， AB 占 10%
- 各型在各种族有所不同

血型	A	B	AB	O
欧洲人群 %	41	9	3	47
中国汉族 %	31.3	28.1	9.8	30.8

- 新生儿的血液中还不具有ABO系统的抗体；在出生后的第一年中这种抗体才逐渐出现在血浆中。

民族	人数		A 型		B 型		AB 型		O 型	
	个	个	%	个	%	个	%	个	%	
汉 族	40980	12831	31.31	11501	28.06	4002	9.77	12646	30.86	
维吾尔族	1513	442	29.22	483	31.92	172	11.36	416	27.50	
壮 族	1487	316	21.25	410	27.57	58	3.9	703	47.28	
回 族	1355	369	27.23	384	28.34	115	8.49	487	35.94	
哈萨克族	885	202	22.82	264	29.83	83	9.38	336	37.97	
锡伯族	344	86	25.00	138	40.12	36	10.46	84	24.42	
乌孜别克族	129	33	25.58	50	38.76	13	10.08	33	25.58	
柯尔克孜族	124	23	18.54	49	39.52	9	7.26	43	34.68	
塔塔尔族	37	15	40.54	13	35.14	1	2.7	8	21.62	
彝 族	1007	288	28.60	303	30.09	82	8.14	334	33.17	
白 族	500	170	34.00	117	23.40	56	11.20	157	31.40	
傣 族	507	112	22.08	150	29.59	40	7.89	205	40.44	
景颇族	20	70	34.83	41	20.39	14	6.97	76	37.81	
佤 族	520	200	38.46	112	21.54	73	14.04	135	25.96	
土家族	960	362	37.71	219	22.81	61	7.9	310	32.29	

## ■ ABO血型的检测

正确测定血型是保证输血安全的基础。

一般输血中只有ABO 系统的血型相合才能考虑输血。

## ■ 测定ABO 系统的方法

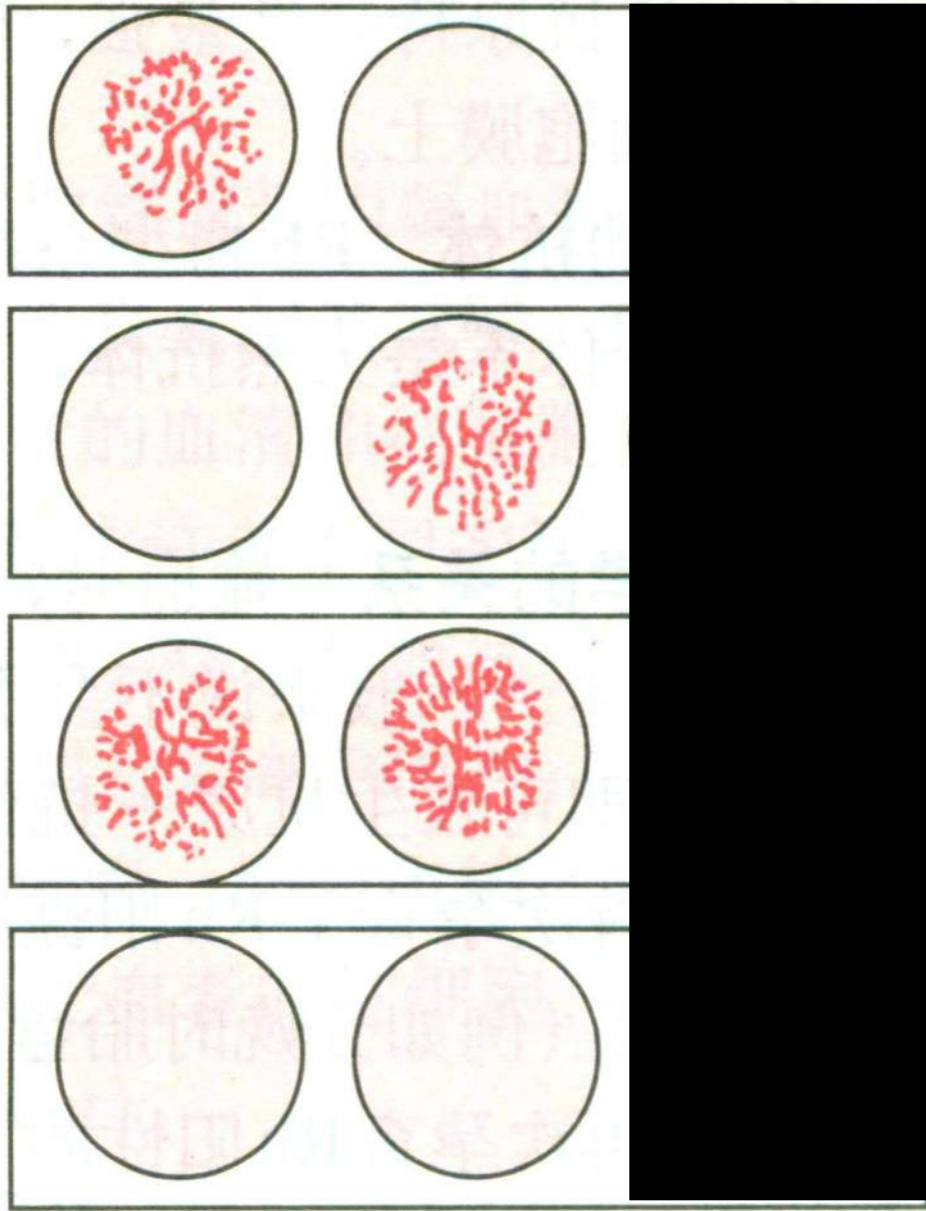
在玻片上分别滴上一滴抗B、一滴抗A和一滴抗AB 血清，在每一滴血清上再加一滴红细胞悬浮液，轻轻摇动，使红细胞和血清混匀，观察有无凝集现象。

抗B  
血清

抗A  
血清

抗A 抗B  
血清

血型诊断

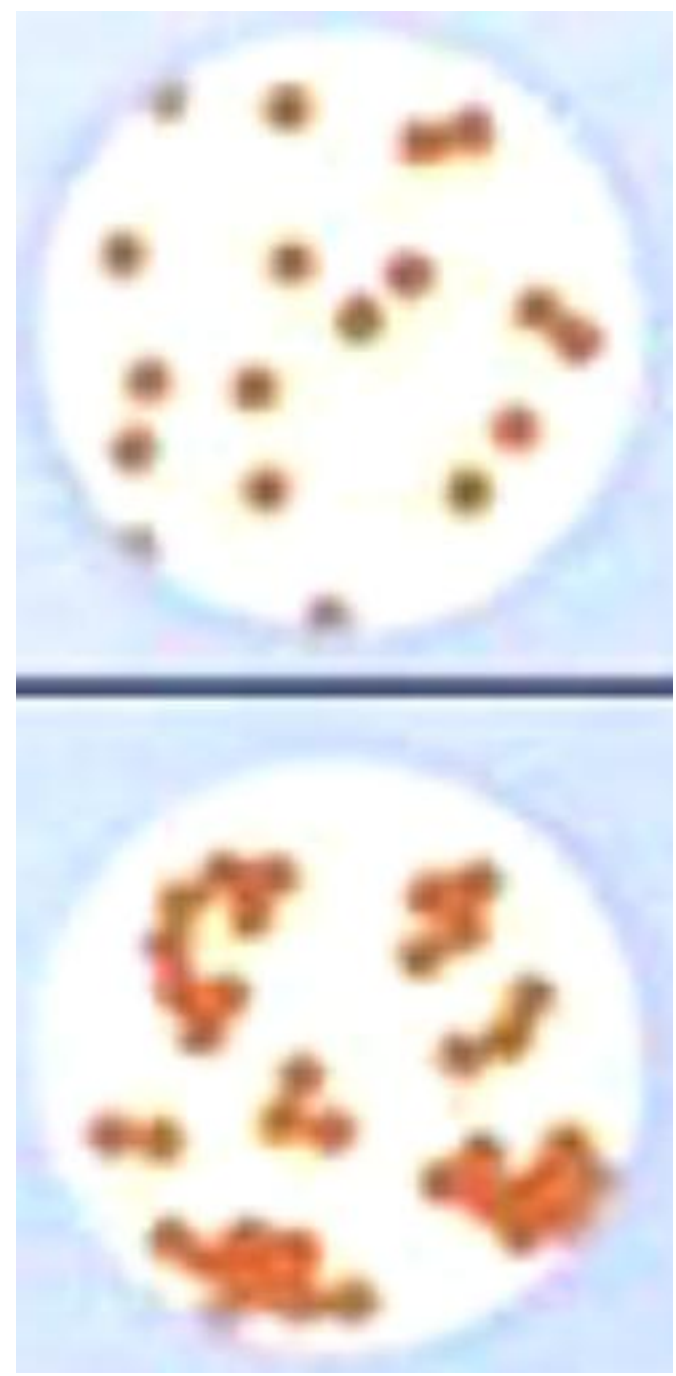


B型

A型

AB型

O型



受血者的血型

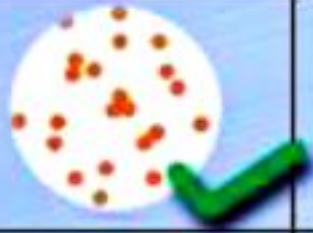
O

A

B

AB

O



A



B



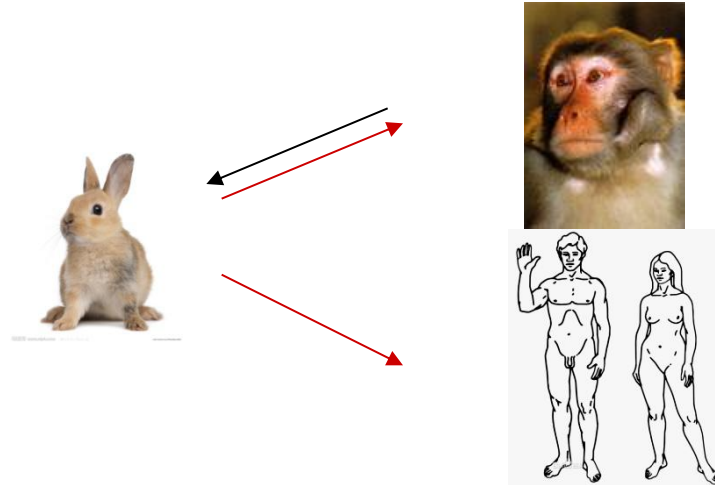
AB



供血者的血型

## 2. Rh 系统

- 用家兔抗恒河猴 Rhesus monkey RBC 血清（凝集素）与人的RBC反应。即人和恒河猴RBC 共有的抗原



- 白种人，约85% Rh<sup>+</sup>，15% Rh<sup>-</sup>。
- 我国，大部分民族

Rh<sup>+</sup>的约占99%，Rh<sup>-</sup>的人只占1%左右。  
但在一些少数民族中，Rh<sup>-</sup>的人较多  
如苗族为12.3%，塔塔尔族为15.8%。

# Rh 血型的特点及其在医学实践中的意义

- 人血清中**不存在** 抗 Rh 的天然抗体（凝集素）

## A. 输血意义：

只有当Rh<sup>-</sup>的人，接受Rh<sup>+</sup>的血液后，通过体液性免疫才产生出抗Rh<sup>+</sup>抗体。

第一次输血后一般不产生明显的反应，但在第二次，或多次再输入 Rh<sup>+</sup>血液时即可发生抗原-抗体反应，输入的 Rh<sup>+</sup> RBC 即被凝集。

**第二次或多次输血危险！**

## B. 后果 — 生育意义

Rh<sup>-</sup>女性，产生抗Rh<sup>+</sup>，则不能生育Rh<sup>+</sup>小孩。

### 3. 白细胞与血小板血型

- 器官组织的移植
- 骨髓移植
- 输血 输血可引起发热反应



---

## 4. 输血原则

- 1976 年—1985年（10年间）

美国共发生输血死亡事故159 例，其中由于ABO系统的错误为137 例，占86%。

为了保证输血的安全性和提高输血的效果，必须注意遵守输血原则。



## 输血的基本原则

A. **检查ABO血型** 必须保证供血者与受血者的ABO血型相合，即坚持输同型血。

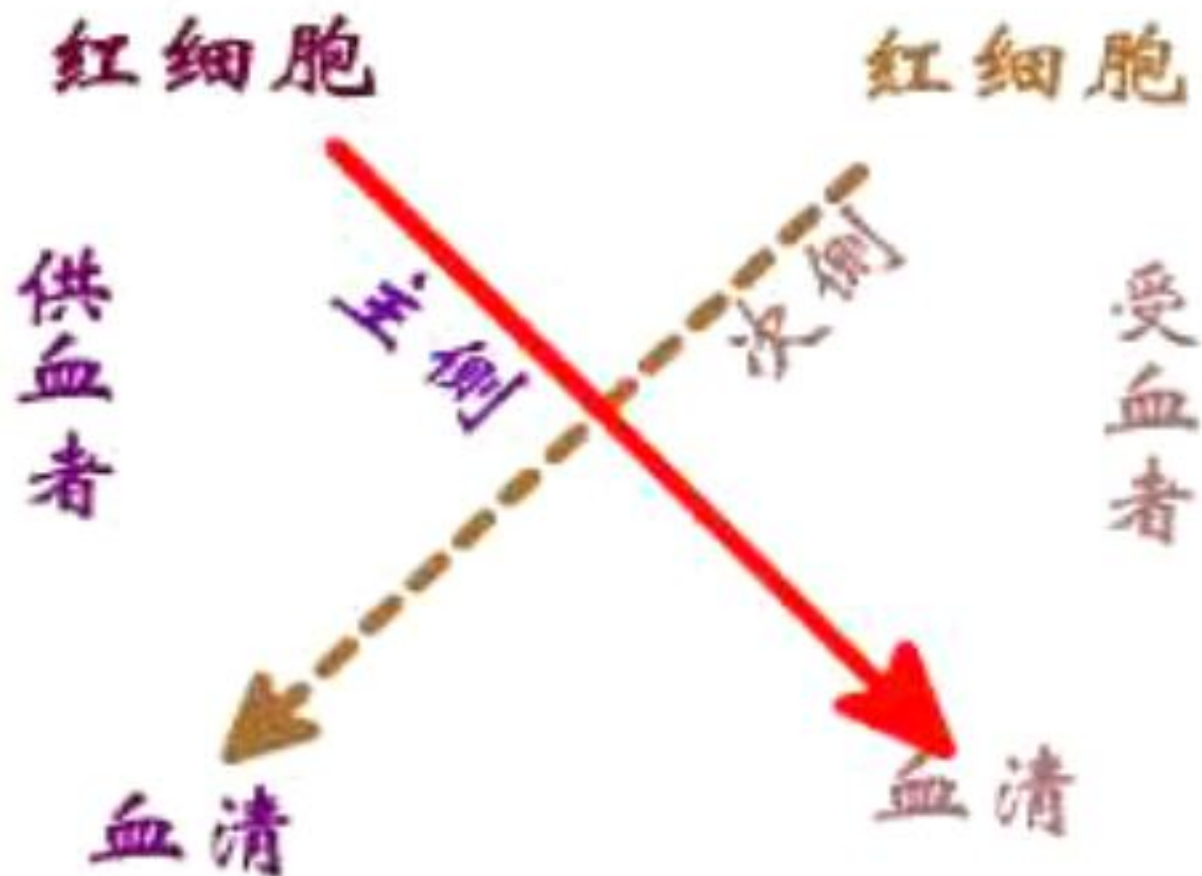
B. **紧急情况下的输血** 无法得到同型血时，也可以输入O型血，但是O型血的人血浆中的抗A和抗B凝集素能使不同血型受血者的 RBC 发生凝集反应，也会发生意外。

C. 在每次输血前必须进行 **交叉配血试验**

O 型的人称为“万能供血者 universal donor ”

目前认为这种输血是不足取的

# ■ cross-match test 交叉配血试验



## 受血者的血型

O

A

B

AB

O



A



B



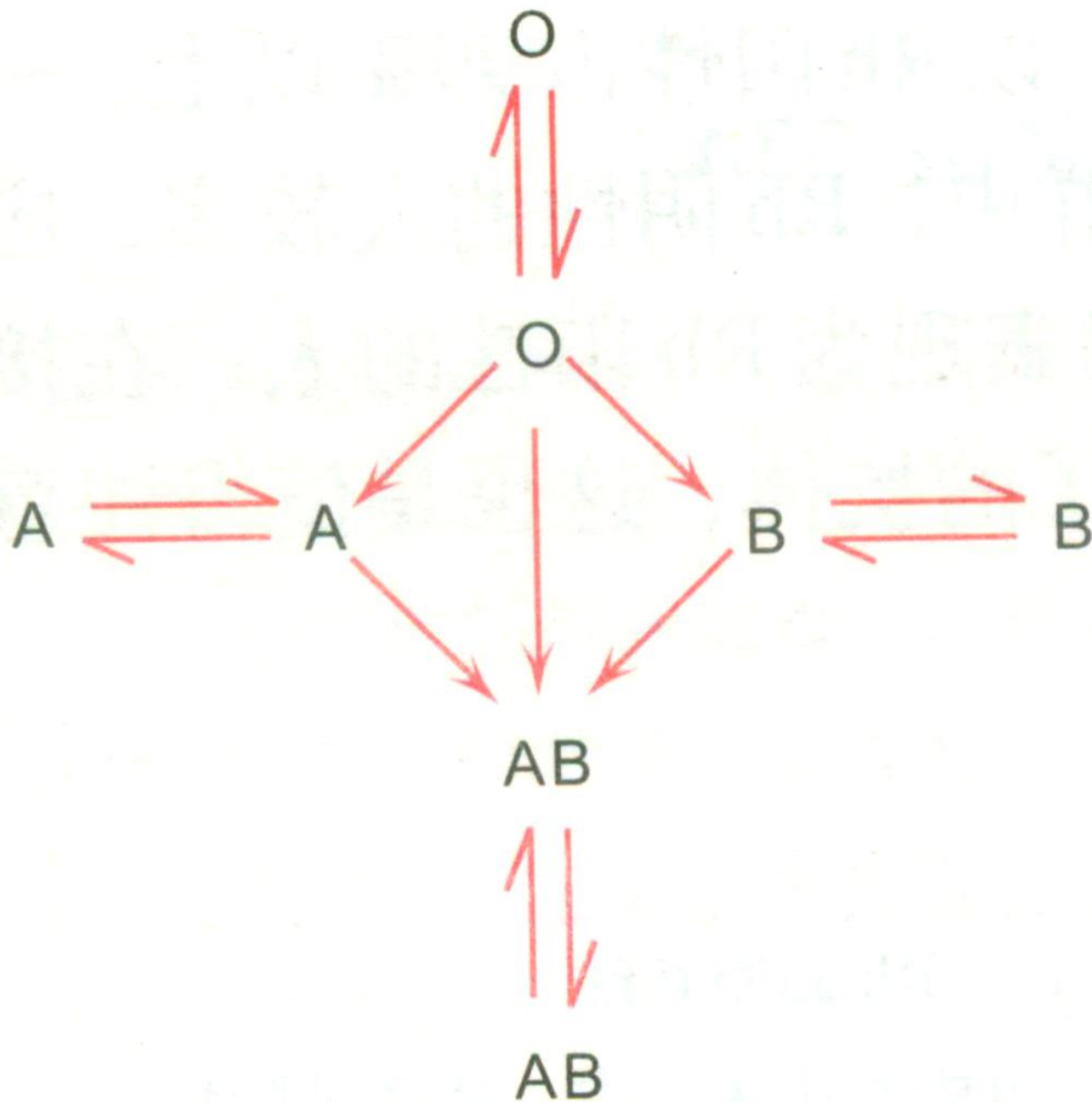
AB



供血者的血型

		受血者的血型			
		O	A	B	AB
供血者的血型	O				
	A				
	B				
	AB				

# ABO AB 之间输血关系



---

- 其它血型

- 献血或征血原则

---

## 5. 血型的法医、法律意义

- 一个比较重要的证据。

- 可以作为排除依据。

可以否定，不能肯定！

古代：滴血认亲，不严密！

# 血型与亲子判定

- 某些特殊情况下可以排除亲子关系的可能。但不能乱排除，需要一定的遗传学知识知识。
- 例：丈夫是A型，妻子是B型，小孩是O型。夫妻之间引发了一场风暴。



### 血型杂合子遗传图

父系	$ai$		$bi$	
	$a$	$i$	$b$	$i$
子代	$ab$	$ai$	$bi$	$ii$
子代血型	AB型	A型	B型	O型

亲 代	子代可能	子代不可能
A+A	A, 0	B, AB
A+0	A, 0	B, AB
B+B	B, 0	A, AB
B+0	B, 0	A, AB
0+0	0	A, B, AB
B+A	A, B, AB, 0	
AB +X	A, B, AB	0
X 任一血型		

---

往外看，美！

FIN

Oct 22 2009

March 19 2013

作者注：本幻灯图片都经过了压缩处理，欲作墙纸或收藏，6M像素原图备案。  
除有人物的照片，图片版权归大自然和作者所有。

[guojunge@china.com](mailto:guojunge@china.com)

## ■ 血液生化：蛋白质指标

### 蛋白质营养指标

血清总蛋白、血清白蛋白、血浆视黄醇结合蛋白  
尿亮氨酸、尿谷氨酰胺、尿肌酐.....

### 脂肪营养指标

血清总脂、血清总胆固醇、游离胆固醇和胆固醇酯、脂蛋白（HDL、LDL、VLDL）、血清甘油三脂

### 碳水化合物营养指标

血葡萄糖、胰岛素、葡萄糖耐量试验、血尿酮、  
尿糖定性和定量、血糖生成指数 .....

矿物质、微量元素营养指标 血清钙，Hb，发硒

维生素营养指标 过氧化氢溶血

水盐电解质平衡指标 pH、血尿钾、血尿钠、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{H}^+$