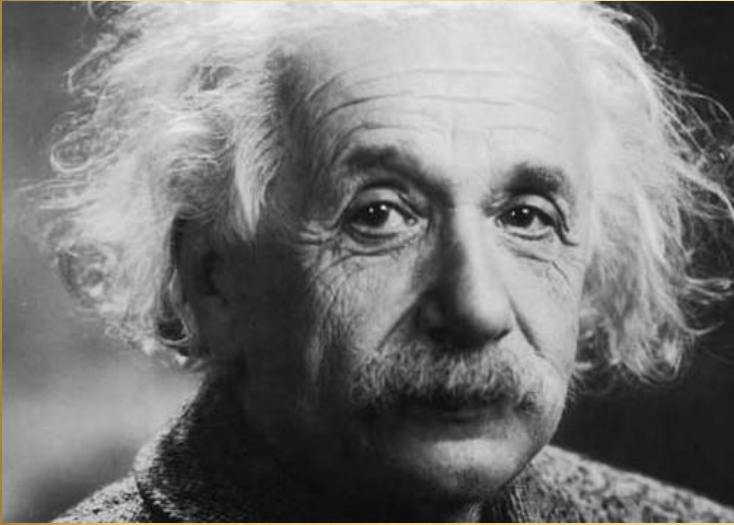


# 主动脉外科体外循环灌注

首都医科大学附属北京安贞医院  
体外循环科  
杨璟

◆ 发病率每年可高达(10-29)/1000000人



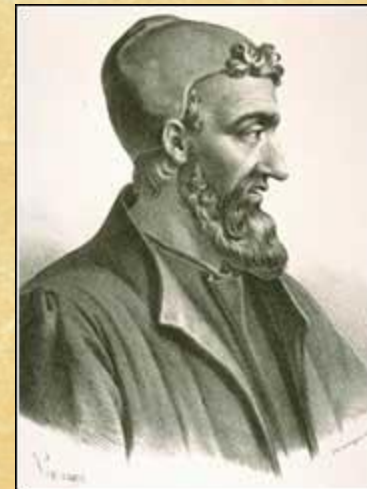


## 萌芽期（公元前3500年—18世纪末）



古埃及既有主动脉粥样硬化  
和钙化性疾病

古希腊医生对动脉瘤的认识



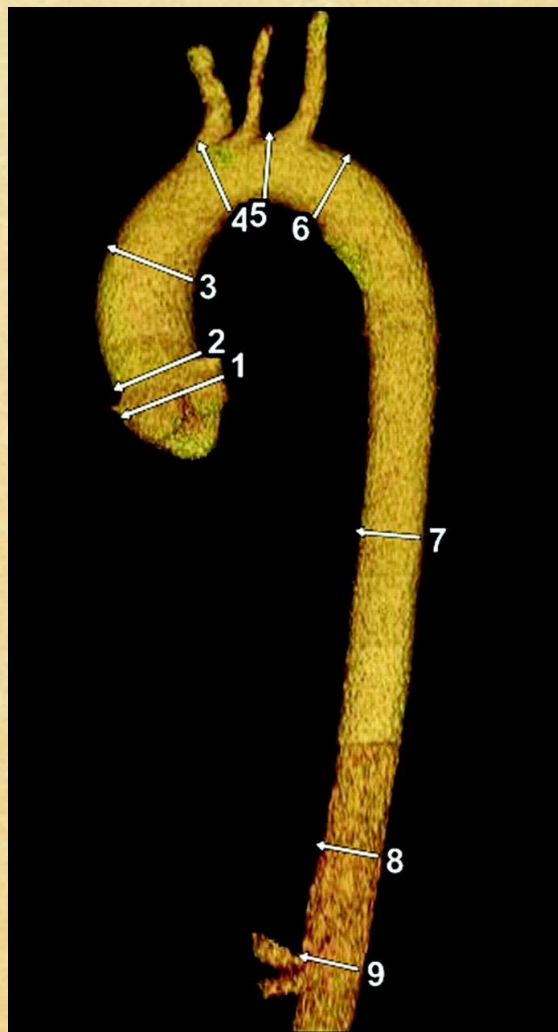
# 胸主动脉解剖

- ◆ 胸主动脉分四部分
  - ◆ 主动脉根部（主动脉瓣环 主动脉瓣叶 主动脉窦）
  - ◆ 升主动脉（窦管交界至头臂动脉间）
  - ◆ 主动脉弓（发出无名动脉 左颈总动脉 左锁骨下动脉）
  - ◆ 降主动脉（左锁骨下动脉以远，包括峡部）



# 主动脉分区

1. 主动脉窦
2. 窦管交界;
3. 升主动脉中部
4. 弓近段
5. 弓远段
6. 降主动脉近段
7. 降主动脉中段
8. 主动脉膈肌段(腹腔干起源)
9. 腹主动脉



- ◆ 主动脉壁结构

- ◆ 内膜

- ◆ 中层

- ◆ 外膜



# 主动脉病变组织病理

- ◆ 动脉硬化
- ◆ 动脉壁中层囊性坏死
- ◆ 瘤样变和夹层
- ◆ 血管炎(梅毒, 感染)

# 胸主动脉病变的分类

## 病因分类

- ◆ 囊性中层坏死或退行性变
- ◆ 动脉硬化性
- ◆ 创伤性
- ◆ 细菌感染和真菌性
- ◆ 先天性(遗传性疾病合并主动脉瘤或夹层)



- **马凡综合征 (Marfan syndrome)**

- 主动脉病变 二尖瓣脱垂
- 骨骼 过度增长 晶状体脱位
- 多见主动脉根部或升主动脉扩张或A型夹层
- 部分表现为B型夹层
- 少数病例表现胸腹主动脉瘤

# 病理分类

- \* 真性动脉瘤:主动脉壁薄弱所引起的主动脉局限性管腔显著扩张或膨胀,其原因均是肌性弹力性中层病变的结果。
- \* 假性动脉瘤:主动脉壁全层结构破坏或内膜中层破坏,仅存残留主动脉外膜,血液溢出血管腔外,被周围组织包裹。
- \* 夹层动脉(瘤):夹层始发于主动脉壁内膜和中层撕裂形成内膜撕裂口,使中层直接暴露于管腔,主动脉腔内血液在脉压的驱动下,经内膜撕裂口直接穿透病变中层,将中层分离形成夹层血肿。



# 形态分类

\* 梭形

\* 袋形或囊形

\* 混合型

# 部位分类

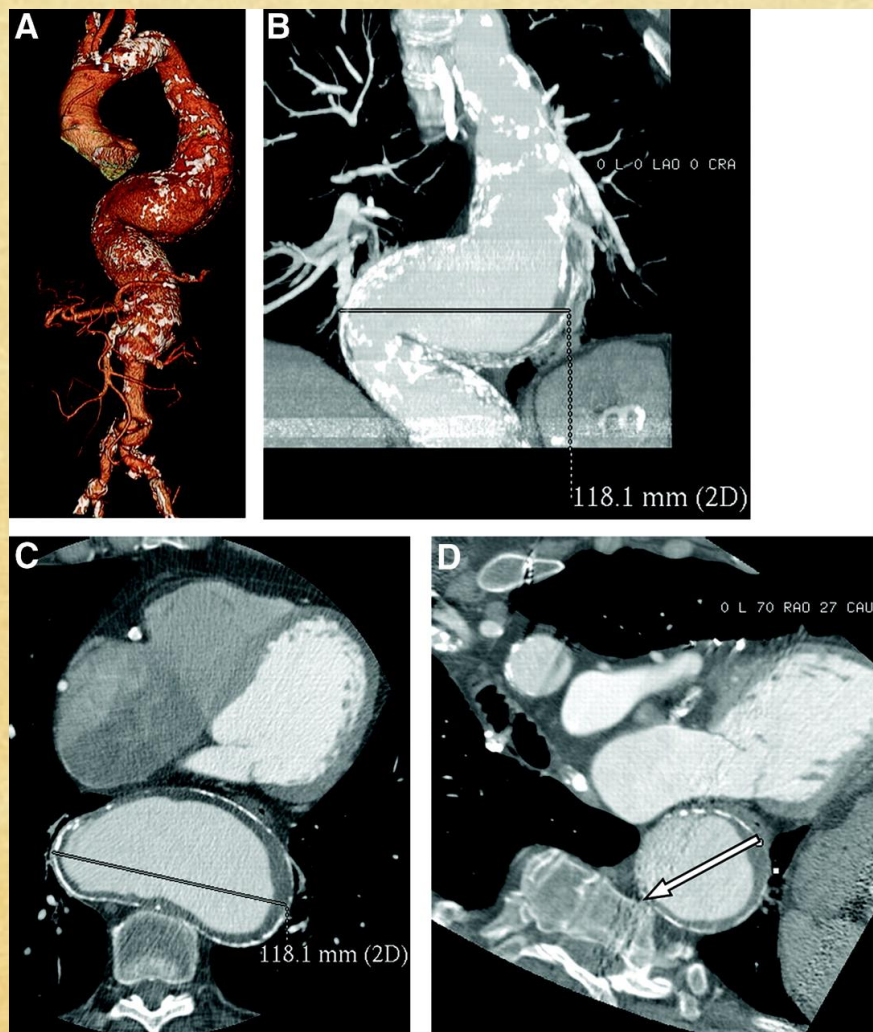
- \* 主动脉窦瘤
- \* 升主动脉瘤
- \* 弓部主动脉瘤
- \* 降主动脉瘤
- \* 胸腹主动脉瘤



# 与主动脉瘤或夹层有关的其它心血管疾患

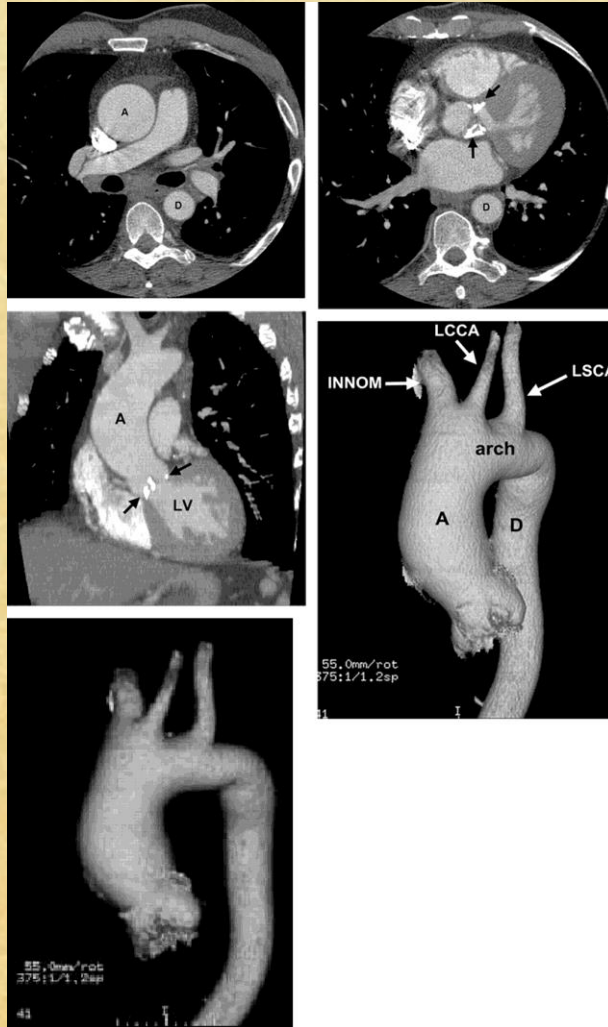
- ◆ 主动脉瓣二叶畸形
- ◆ 迷走右锁骨下动脉
- ◆ 主动脉缩窄
- ◆ 右位主动脉弓

# 胸腹主动脉瘤

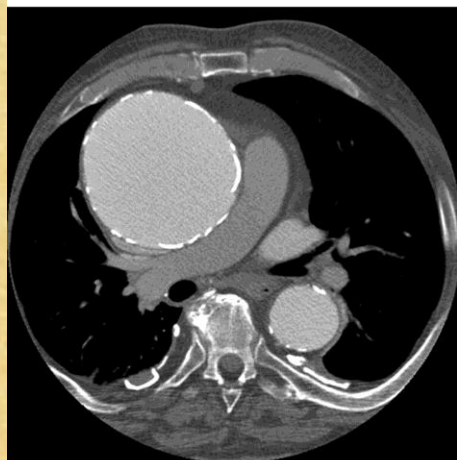
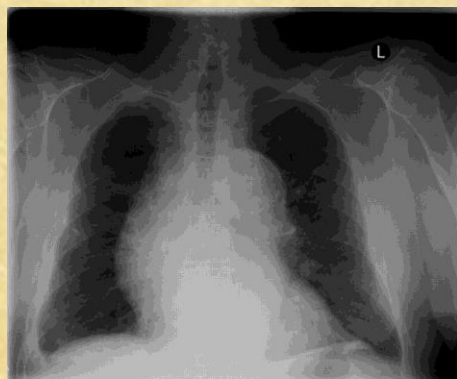




# 升主动脉瘤

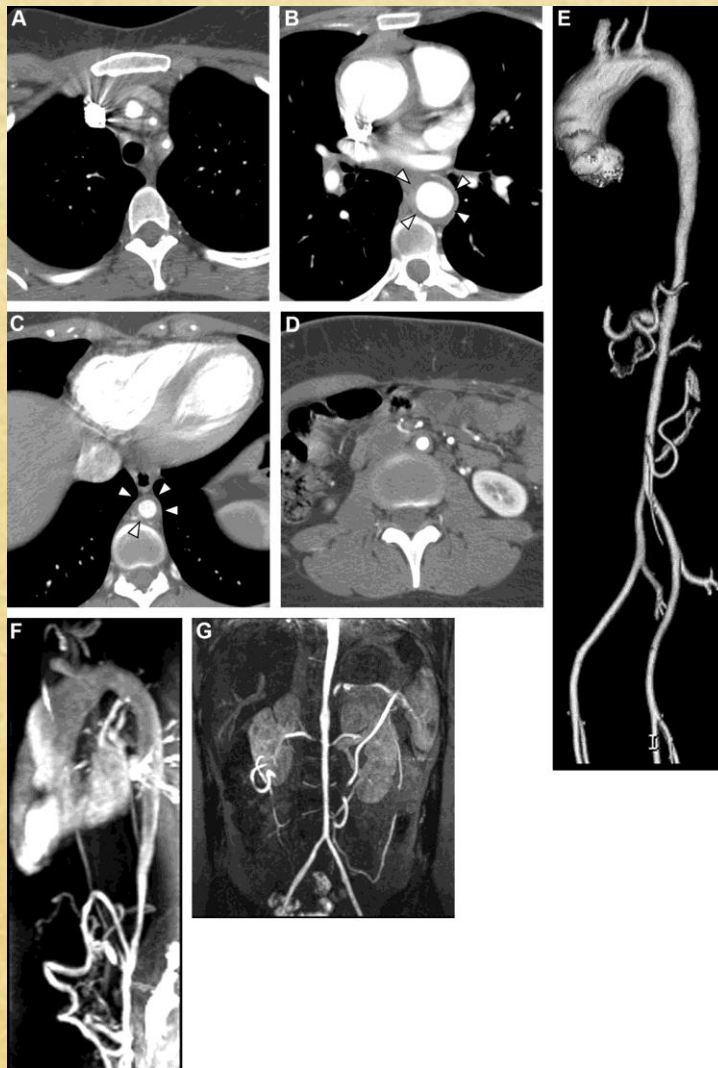


# 主动脉瘤伴钙化

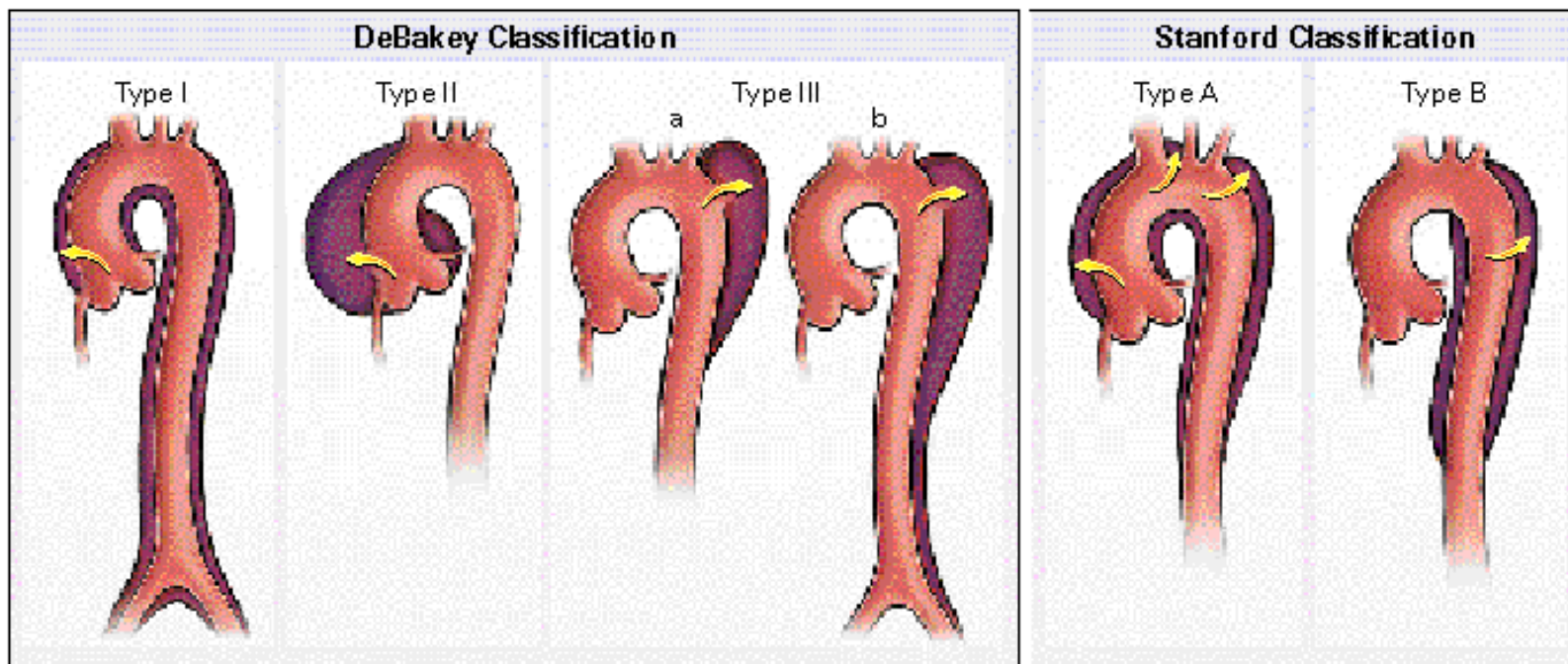




# 大动脉炎



# 主动脉夹层分型



## DeBakey

根据破口起源部位和夹层累及范围

- I型 夹层破口位于升主动脉 夹层至少累及主动脉弓 通常累及降主动脉
- II型 夹层破口位于升主动脉 仅累及升主动脉
- III型 夹层破口 位于降主动脉 夹层通常向远端扩展
  - IIIa 仅累及胸降主动脉
  - IIIb 已涉及膈肌下腹主动脉

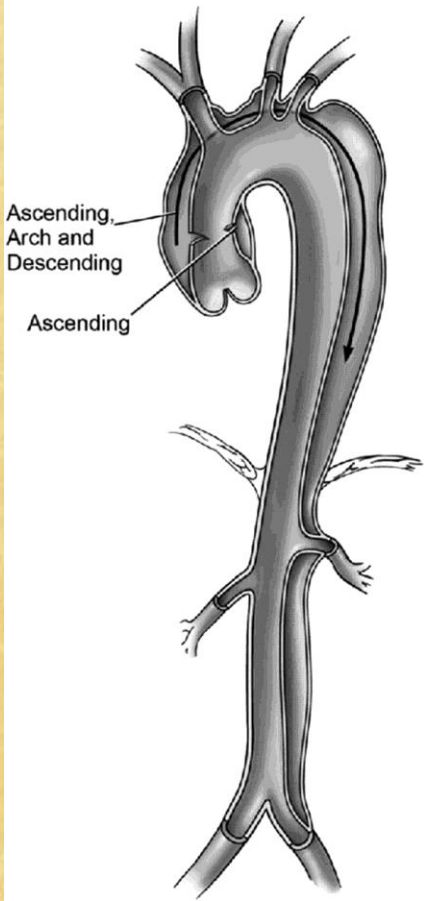
## Stanford

夹层是否累及升主动脉

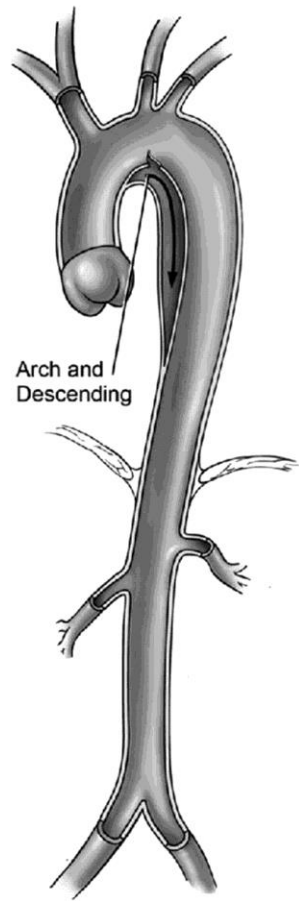
- A型 夹层起始部位 累及升主动脉
- B型 未累及升主动脉



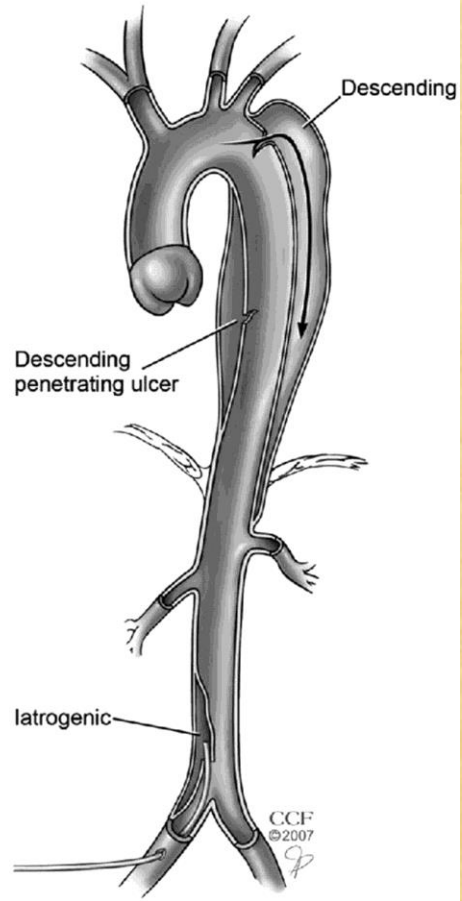
Proximal  
DeBakey I and II  
Stanford A



Proximal  
Stanford B



Distal  
DeBakey IIIa and IIIb  
Stanford B

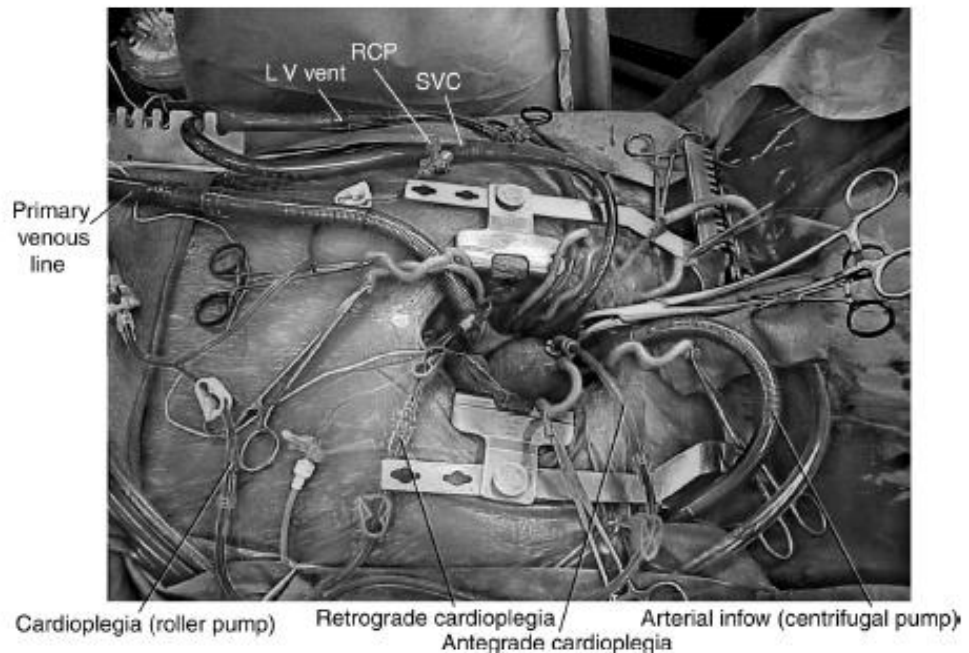


# 主动脉手术术式及灌注方法



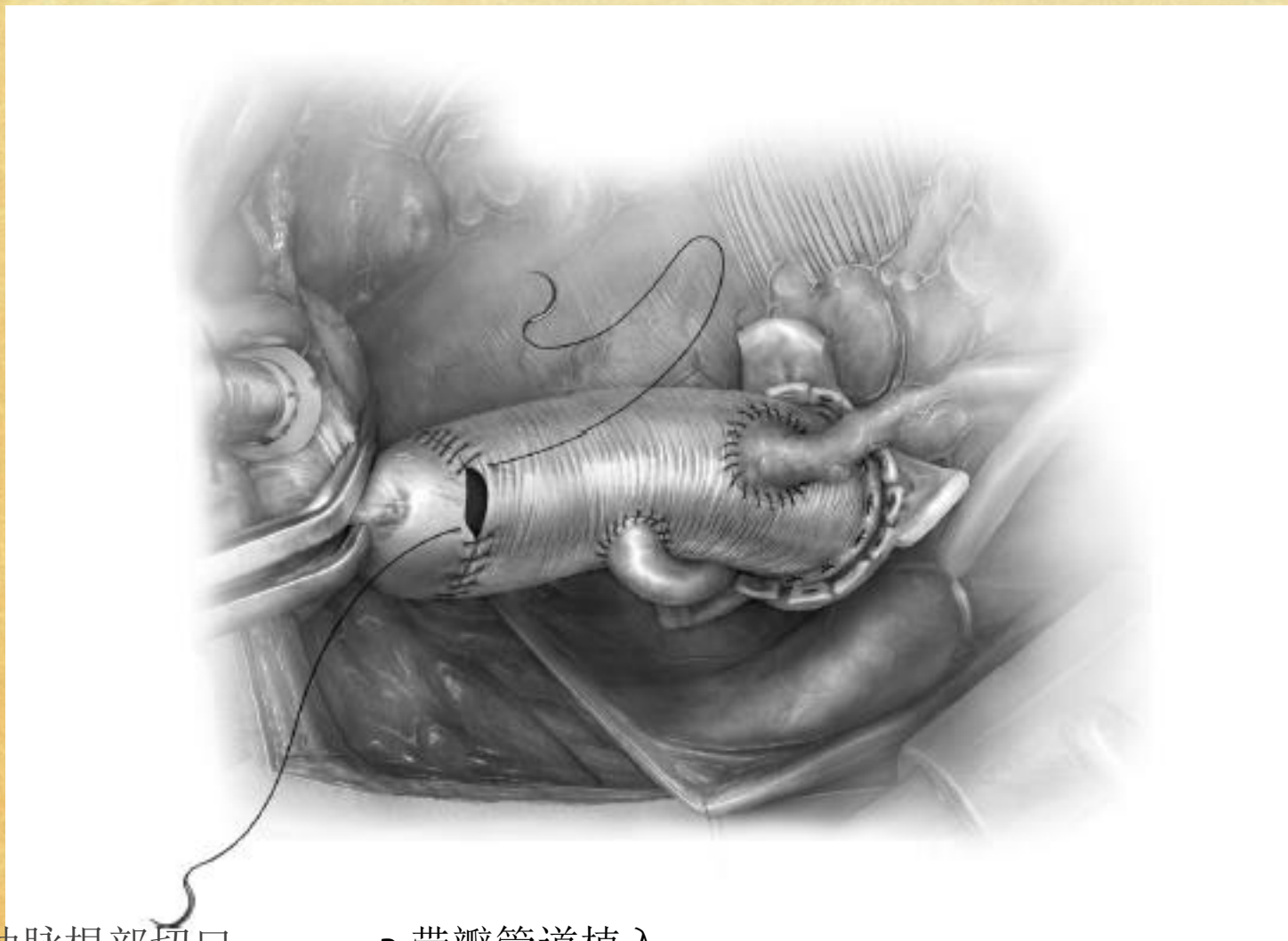
# 主动脉根部及升 主动脉手术

- ◆ 升主动脉远端动脉插管，
- ◆ 右心房腔房管
- ◆ 右上肺静脉(左心)减压
- ◆ 中度低温
- ◆ 阻断升主
- ◆ 停跳液顺行或逆行灌注





# Bentall 术



1 主动脉根部切口

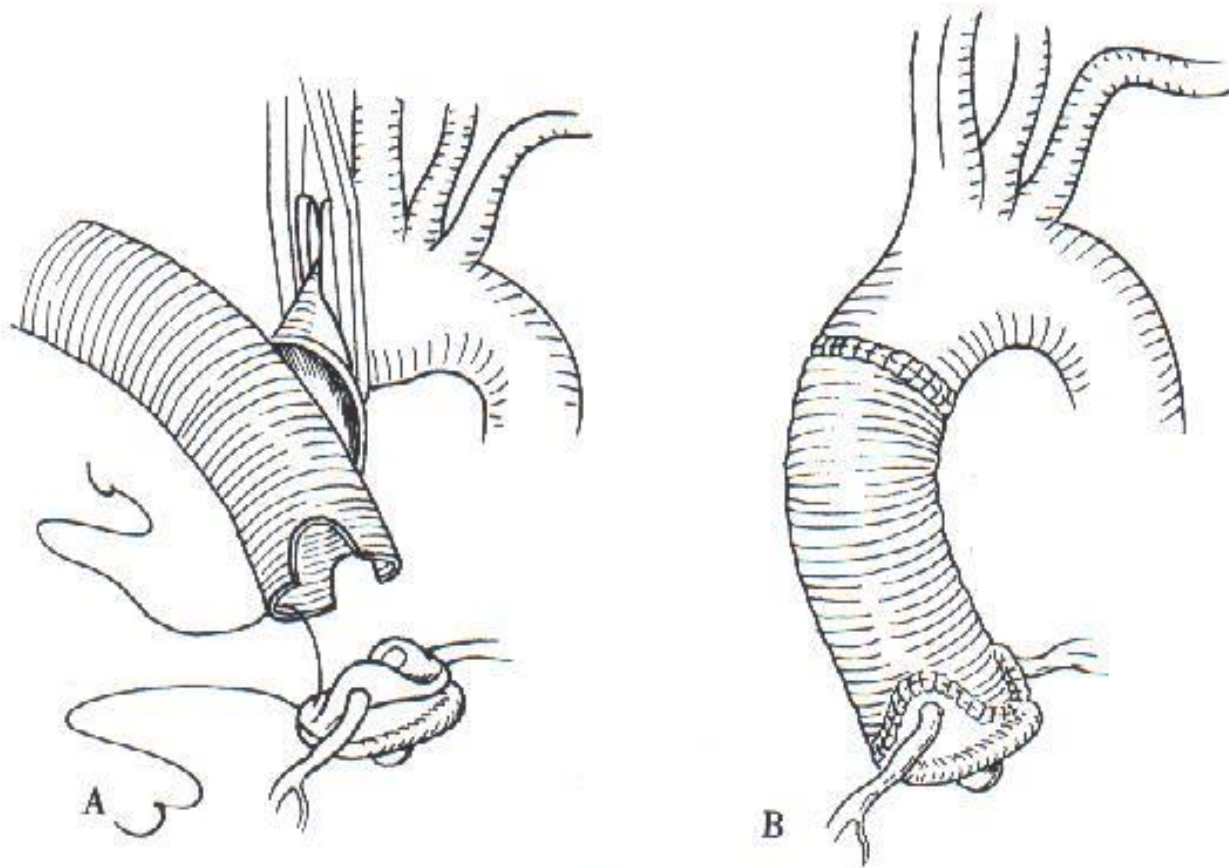
3 带瓣管道植入

2 岛状游离冠状动脉

4 冠状动脉移植

5 升主动脉吻合

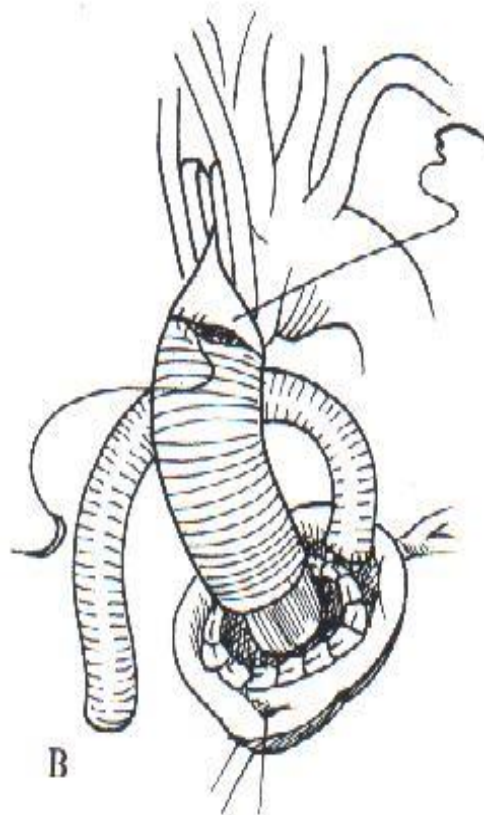
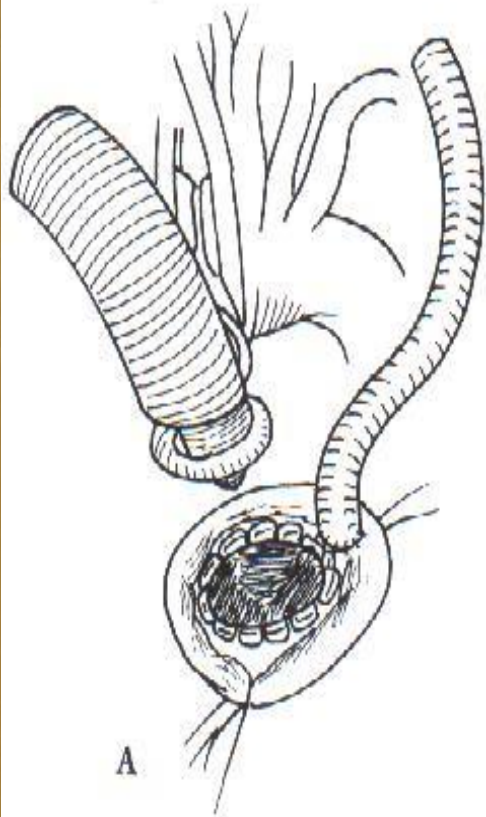
# Wheat手术



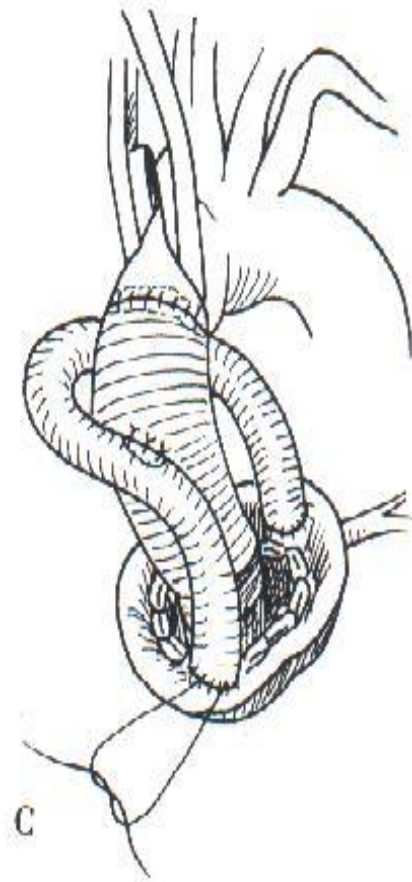
Wheat



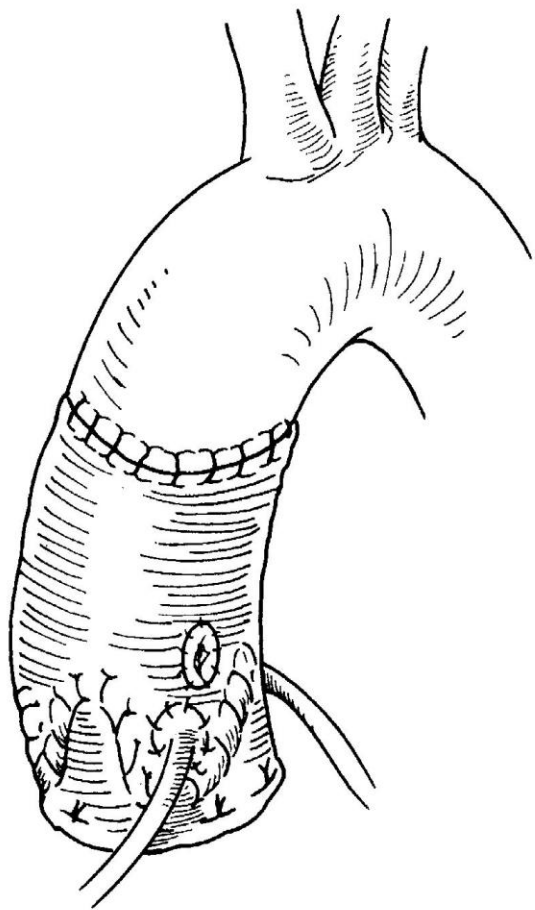
# Cabrol手术



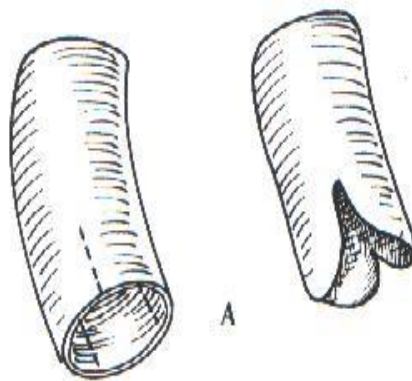
Cabrol



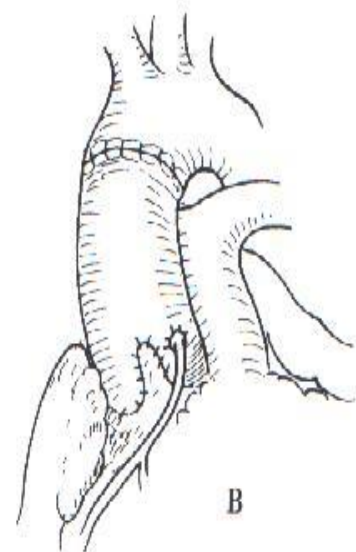
# David手术



David I



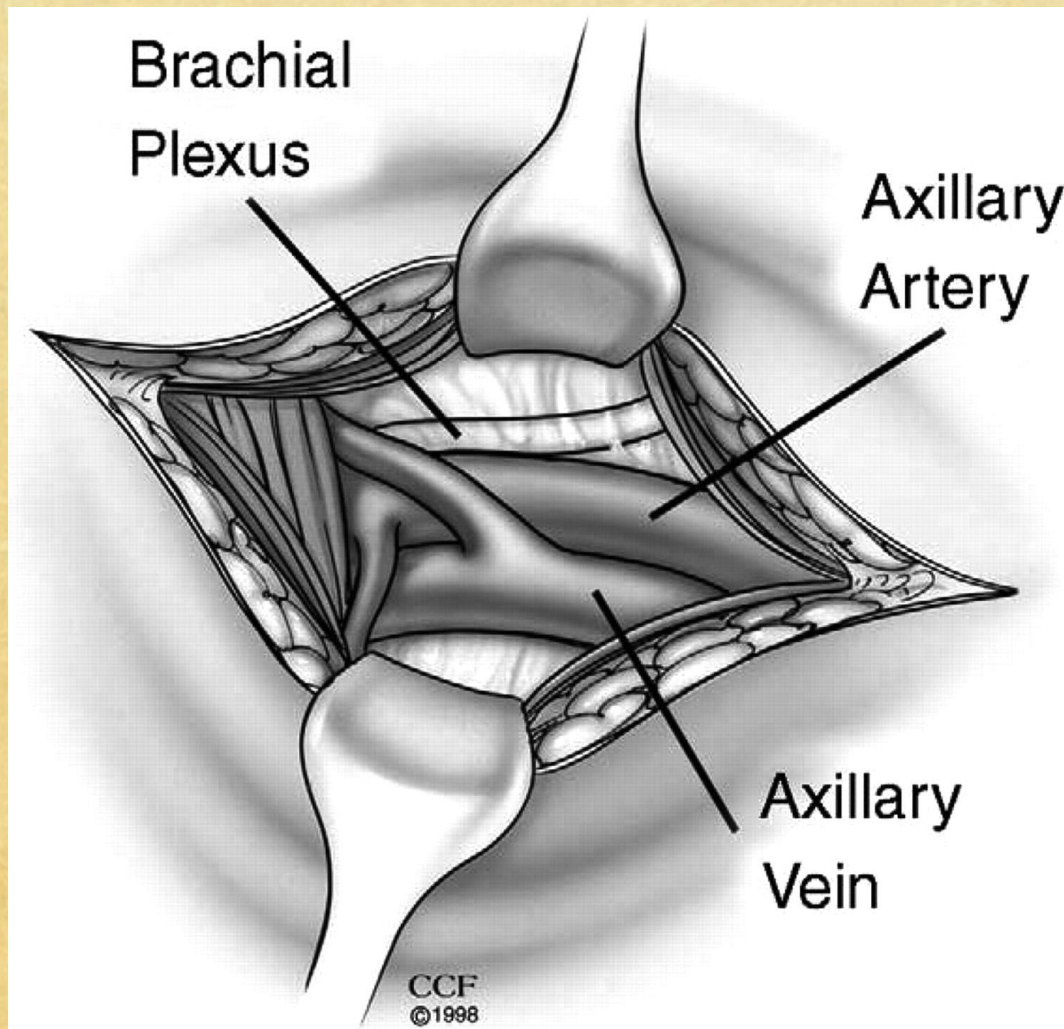
David II





# 主动脉弓部手术

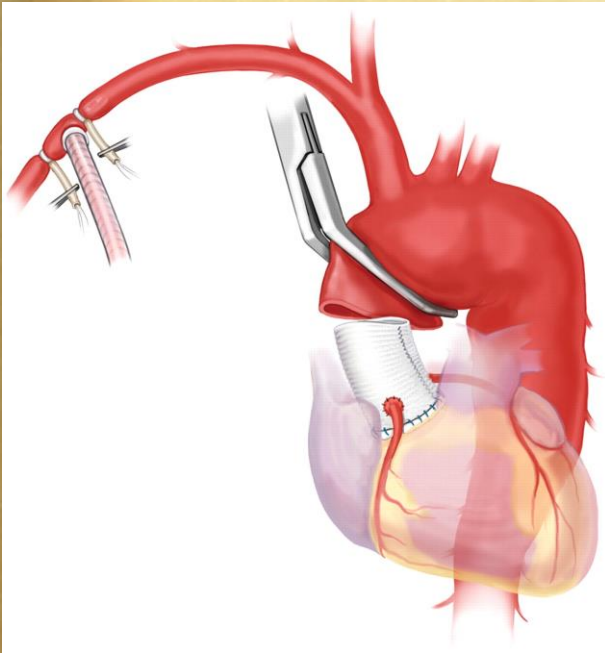
# 腋动脉切口



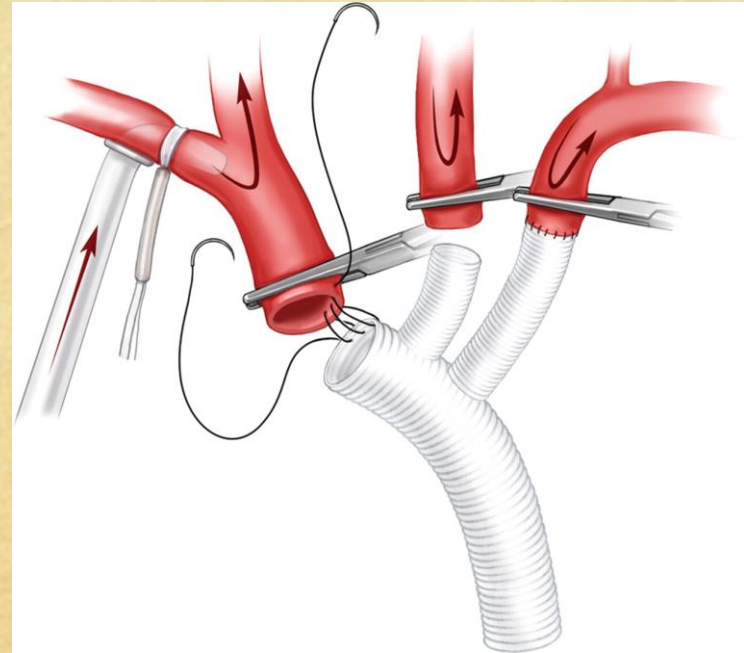


# 主动脉弓替换术式1

## (三分支血管重建头壁血管)



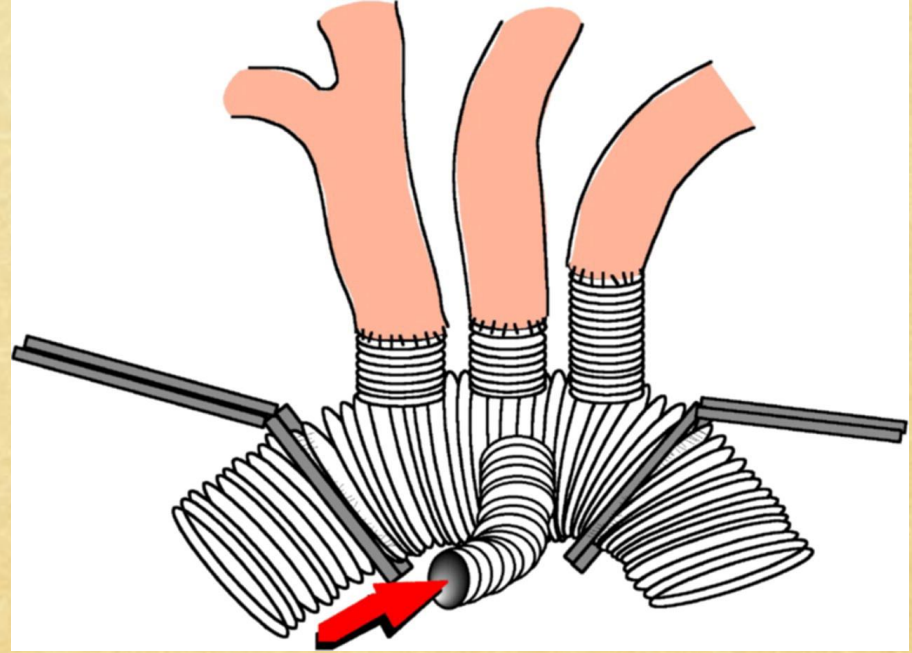
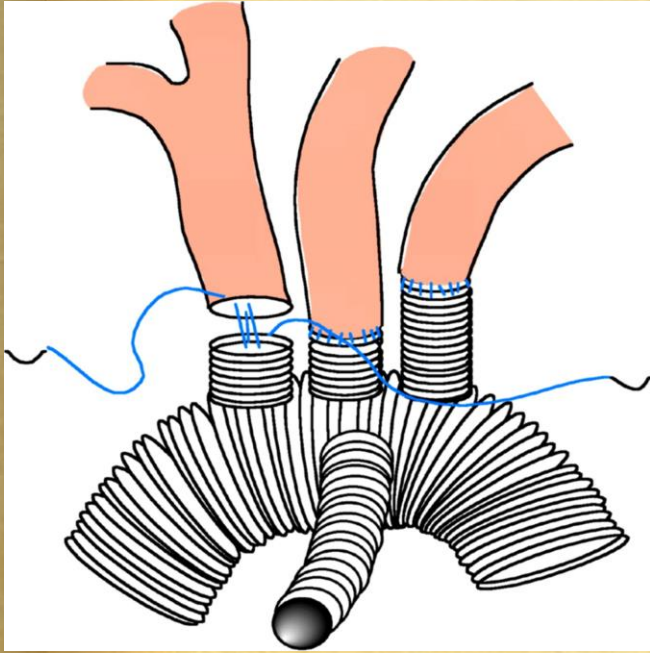
- ◆ 腋动脉插动脉管
- ◆ 右房腔房管
- ◆ 降温过程中先实施近端病变修复



深低温 经腋动脉选择性单侧  
脑灌注 切断弓部分支血管 分别  
与人工血管吻合

## 主动脉弓替换 术式2

(四分支血管)



- ◆ 股动脉或腋动脉插管
- ◆ 低温结合SACP
- ◆ 首先重建弓部分支血管

恢复全部头壁血管灌注



CULTURED  
L. FROM GARDEN  
SITTING ON

FIG. 10

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

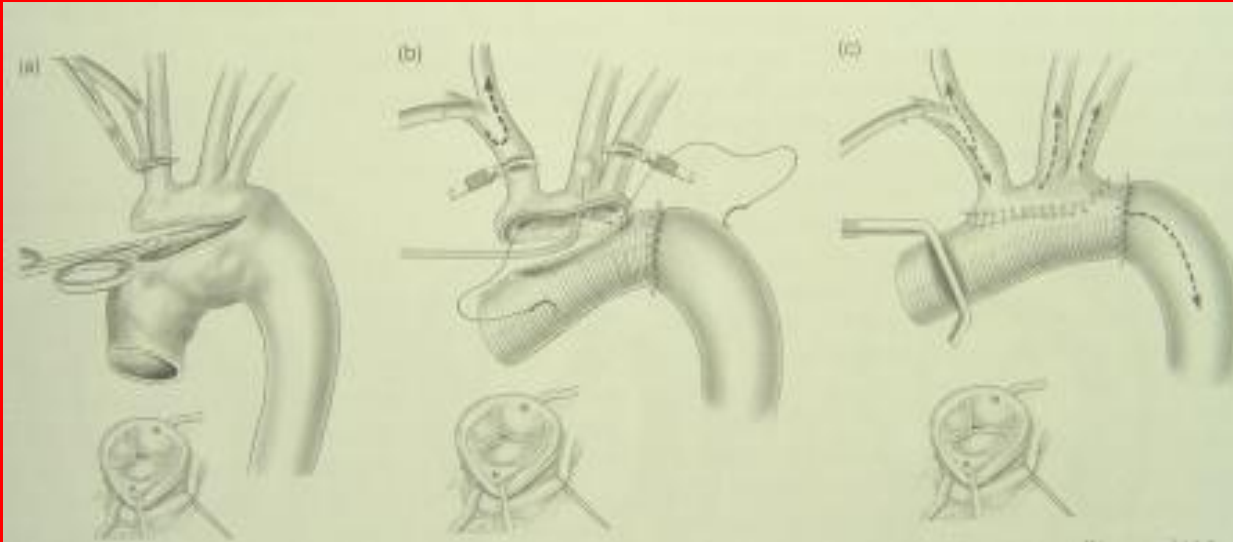


1000

# AnC型夹层的外科治疗

## 孙氏手术的基本步骤（一）

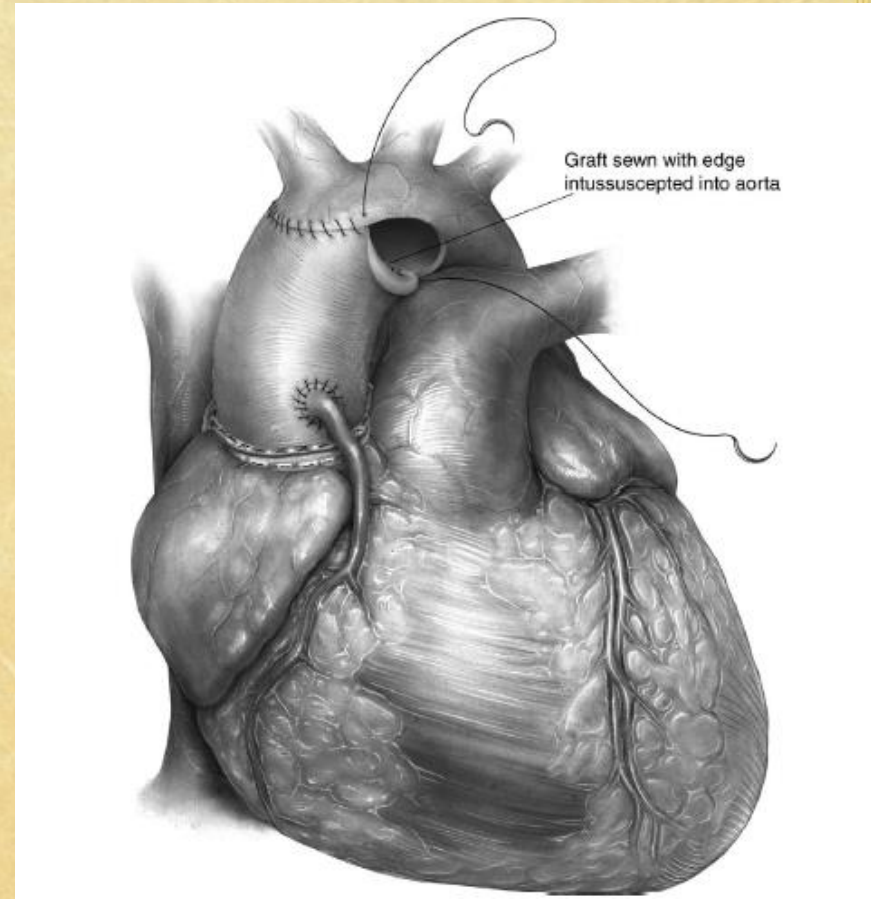
### 腋动脉插管





# 半弓替换

- ◆ 病变涉及弓部近段
- ◆ 半弓替换
- ◆ 远端开放吻合
- ◆ 可单纯深低温停循环
- ◆ 也可选择性脑灌注

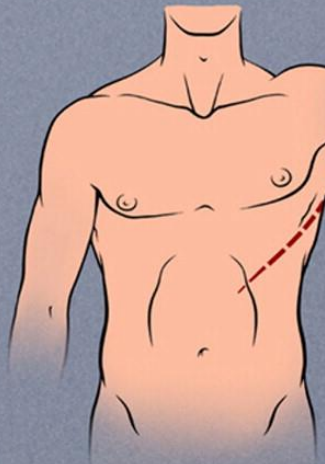


# 降主动脉及胸腹主动脉手术

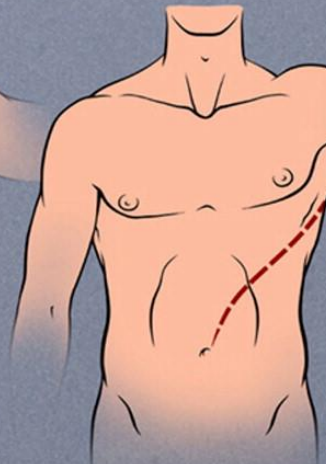


# 降主动脉及腹主动脉手术灌注方法

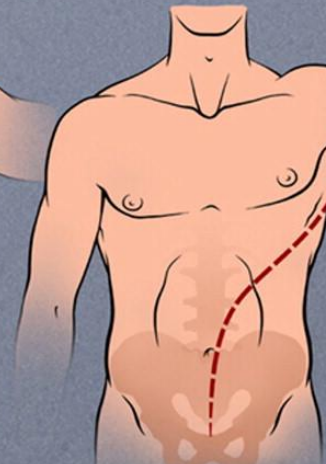
- 单纯阻断降主动脉（Clamp and Sew）
- 左心转流远端灌注
- 股动静脉体外循环深低温停循环



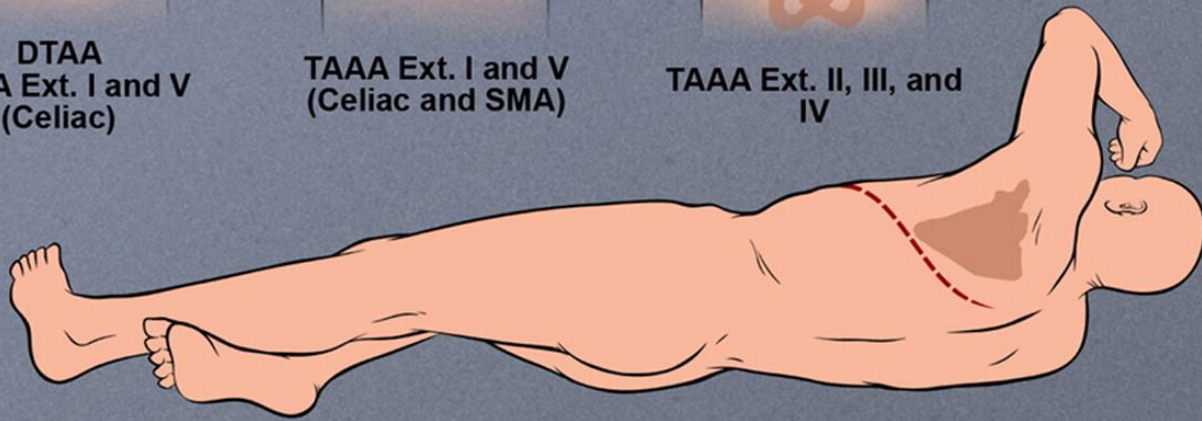
**DTAA**  
**TAAA Ext. I and V**  
**(Celiac)**



**TAAA Ext. I and V**  
**(Celiac and SMA)**



**TAAA Ext. II, III, and IV**

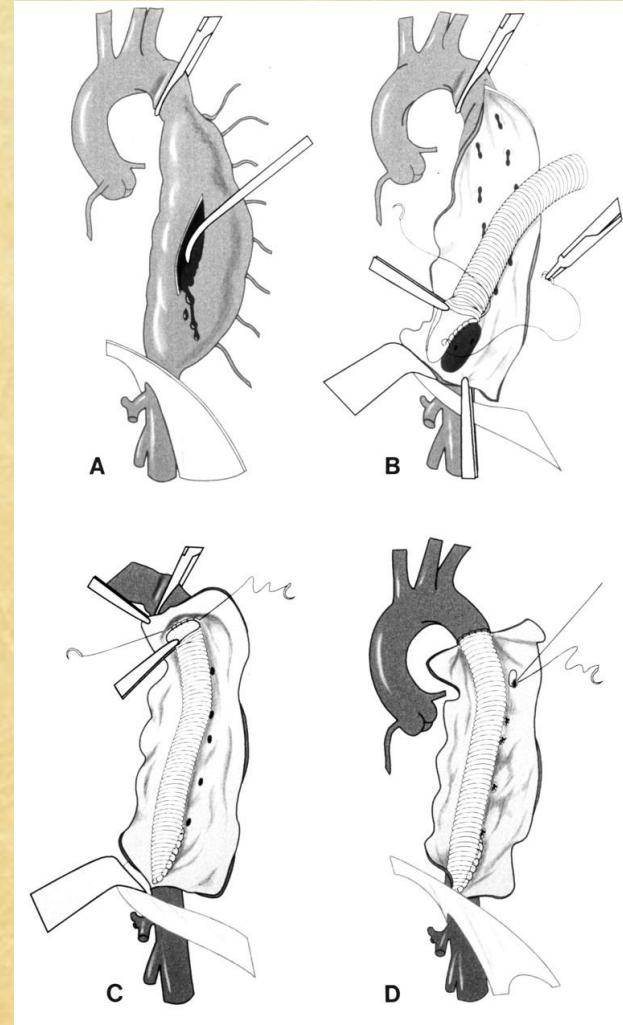


Chris Akers



# 单纯阻断吻合

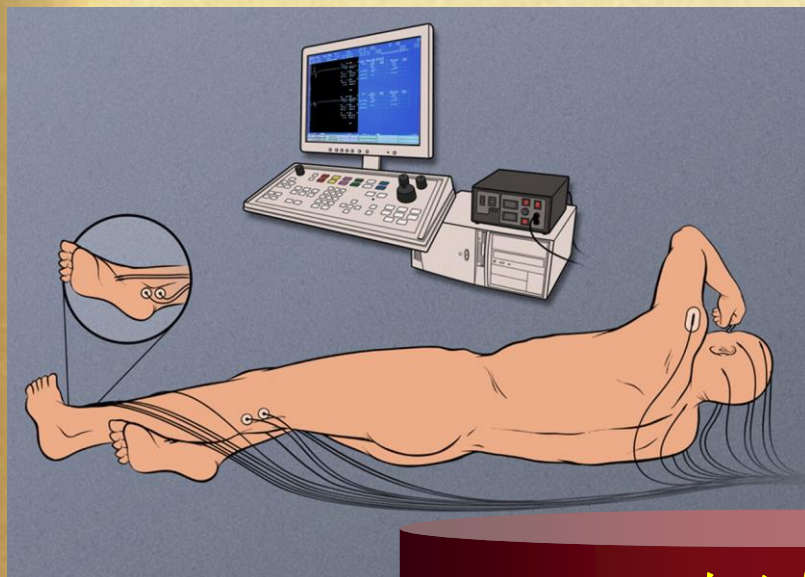
- ◆ 单纯阻断降主动脉 (Clamp and Sew)的缺点
- ◆ 近端压力负荷增高 泵衰竭
  - ◆ 远端截瘫 肾衰 内脏及下肢缺血
  - ◆ 单肺通气低氧
  - ◆ 失血



# 左心转流

- ◆ 左心转流 流量1500 and 2500 mL/min, 提供远端主动脉供血 近段主动脉阻断
- ◆ 左下肺静脉插管引流左房
- ◆ 左股动脉或远端降主动脉插管供血
- ◆ 注意控制上肢压力





Chris Akers

## 左心转流

动物模型中，常温阻断胸降主动脉30min将会造成显著的脊髓缺血损伤

左心转流技术更为安全，可以给予脊髓更为良好的保护效果。

诱发电位

免疫组化

超微结构

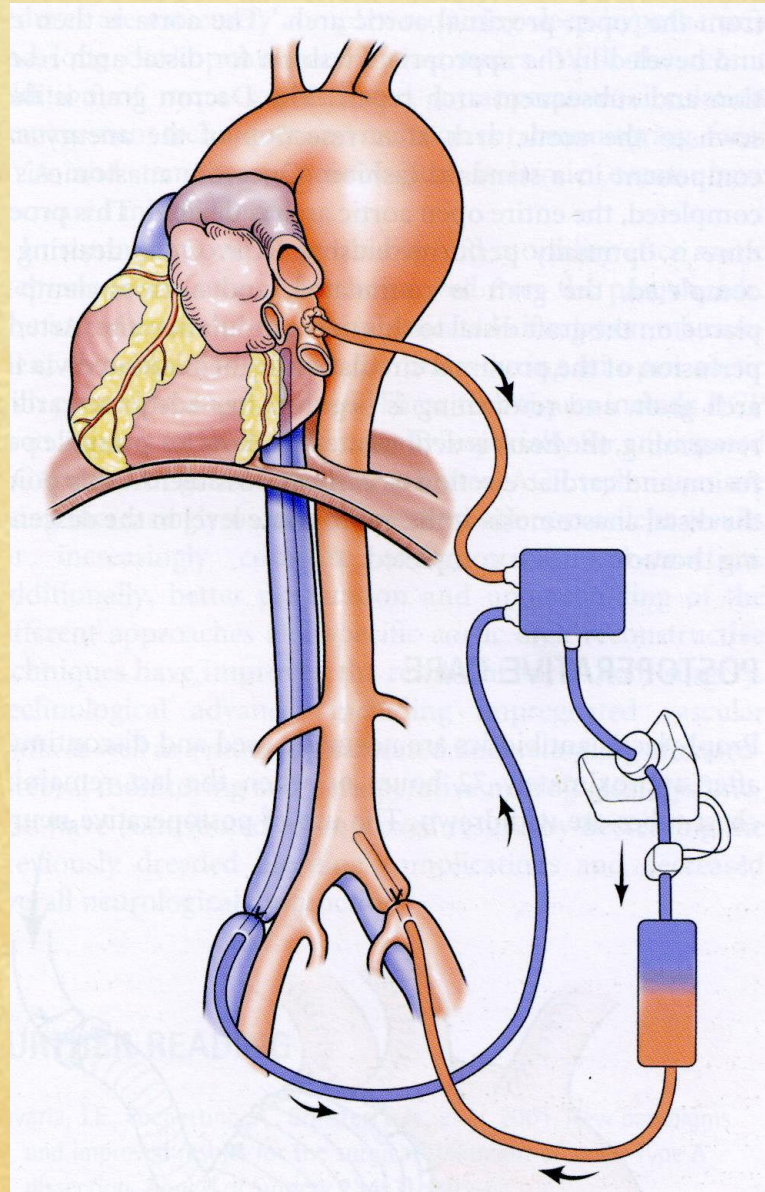
行为学评分

在胸降主动脉手术中SEP可提供及准确的脊髓缺血信息，与MEPs相比，CSEP的监测更为简便易行，因此此时实施CSEP的监测就更为必要。

# 深低温停循环

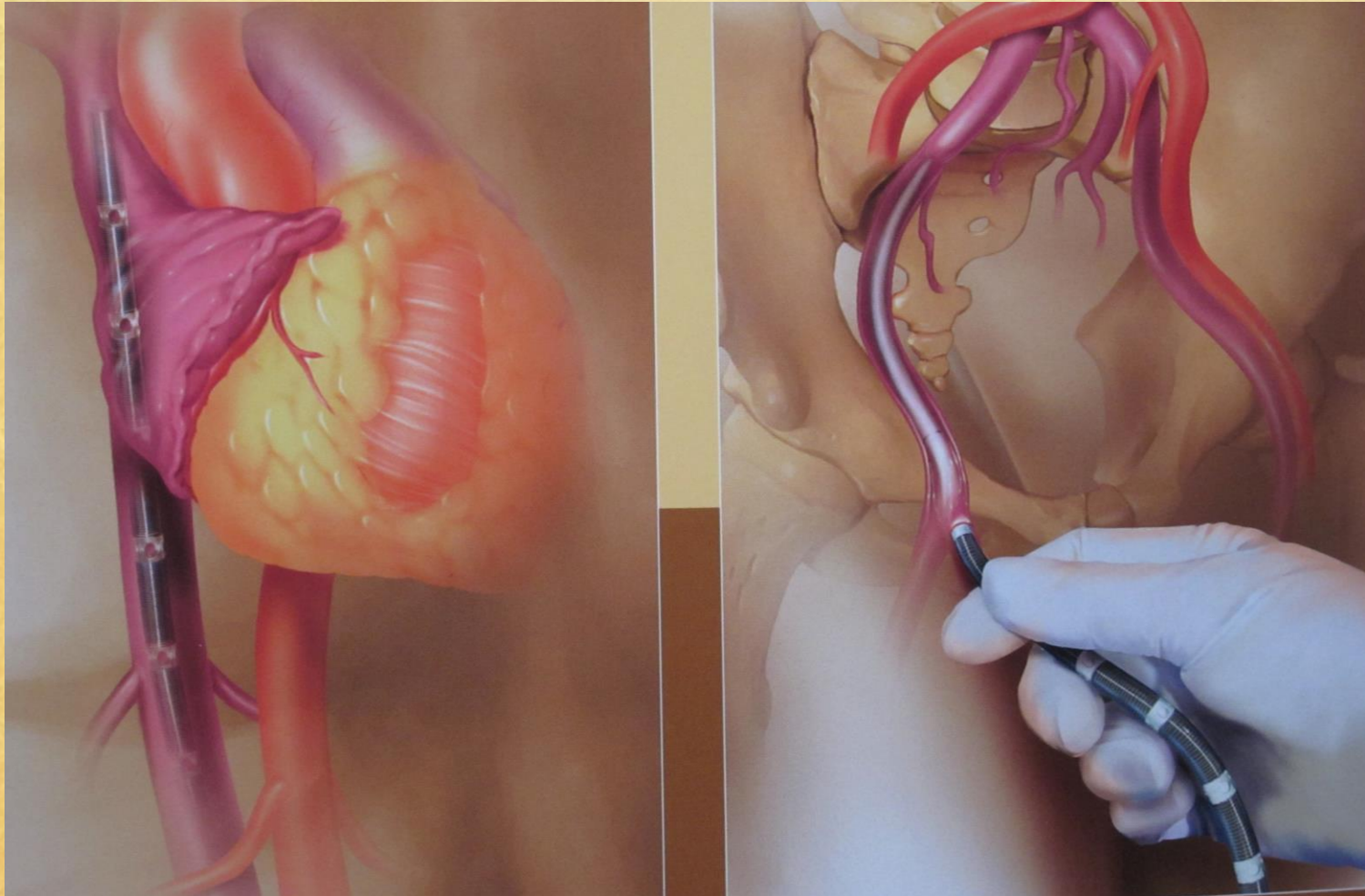
- ◆ 动脉瘤累及主动脉弓远段及主动脉峡部 须经左后外侧切口显露
- ◆ 主动脉近端无法阻断须要开放吻合
- ◆ 广泛胸腹主动脉瘤深低温手术可降低脊髓缺血并发症 改善内脏保护
- ◆ 应用四分叉血管深低温分段停循环胸腹主动脉替换



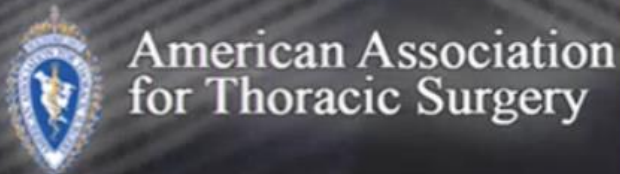
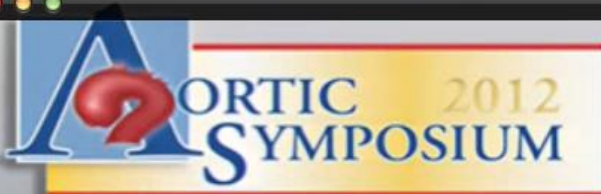




# Position of Venous Cannula







# Thoracoabdominal Aortic Aneurysm Repair Using Hypothermic Cardiopulmonary Bypass and Circulatory Arrest

Nicholas T. Kouchoukos M.D. FACS

Missouri Baptist Medical Center  
BJC Health System  
St. Louis, Missouri, USA



American Association for Thoracic Surgery

## **-Conclusions-**

**Hypothermic cardiopulmonary bypass is a safe technique for operation on the thoracoabdominal aorta**

**It provides substantial protection against paralysis and against renal, cardiac, brain, and visceral organ system dysfunction that equals or exceeds that provided by other currently utilized techniques, but without the need for adjuncts**





TAA repair using HCA

## **-Conclusions-**

**Routine use of this technique for the management of extensive aortic disease that requires lateral exposure is justified, and remains our technique of choice**

# 体外循环原则

- ◆ 病变部位
- ◆ 手术方式
- ◆ 保护重要器官功能
- ◆ 术者和灌注医师的习惯



# 术中监测

- TEE: 核实术前诊断 确定心包胸腔积液 主动脉瓣返流程度 夹层累及范围 内膜破口部位 CPB灌注后真腔血流情况
- 温度监测
  - 至少监测2部位温度 估测脑组织及中心温度
  - 动脉灌注血温 食管 鼓膜 鼻咽 膀胱或直肠温度
- 血流动力学监测
  - 有创动脉血压 灌注近端及阻断钳远端
  - 中心静脉

# 临床指标

- ◆ 动脉压、泵压
- ◆ 中心静脉压
- ◆ CPB转流流量
- ◆ 动、静脉血氧饱和度
- ◆ 温度
- ◆ 红细胞压积
- ◆ 动脉氧分压， $\text{PaCO}_2$



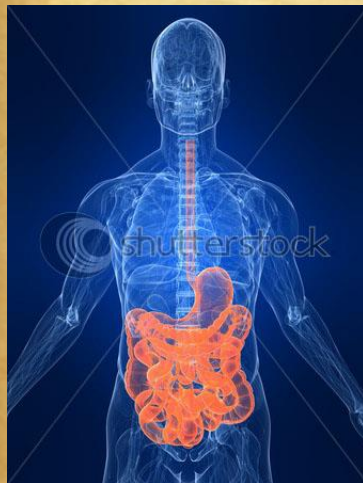
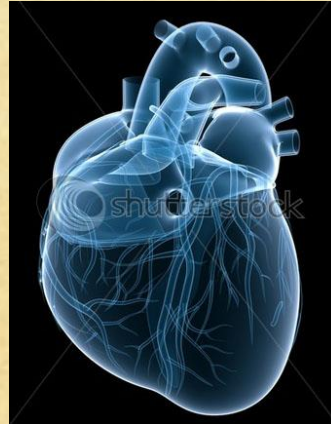
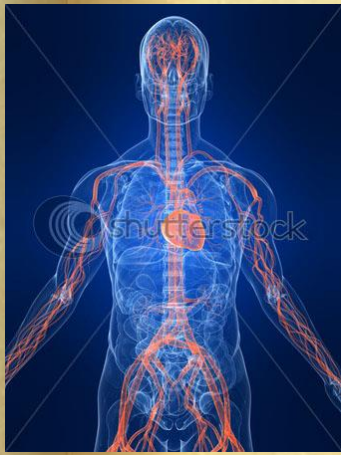
# 连续动静脉血气监测(CDI 500)



CDI 500

# 器官保护







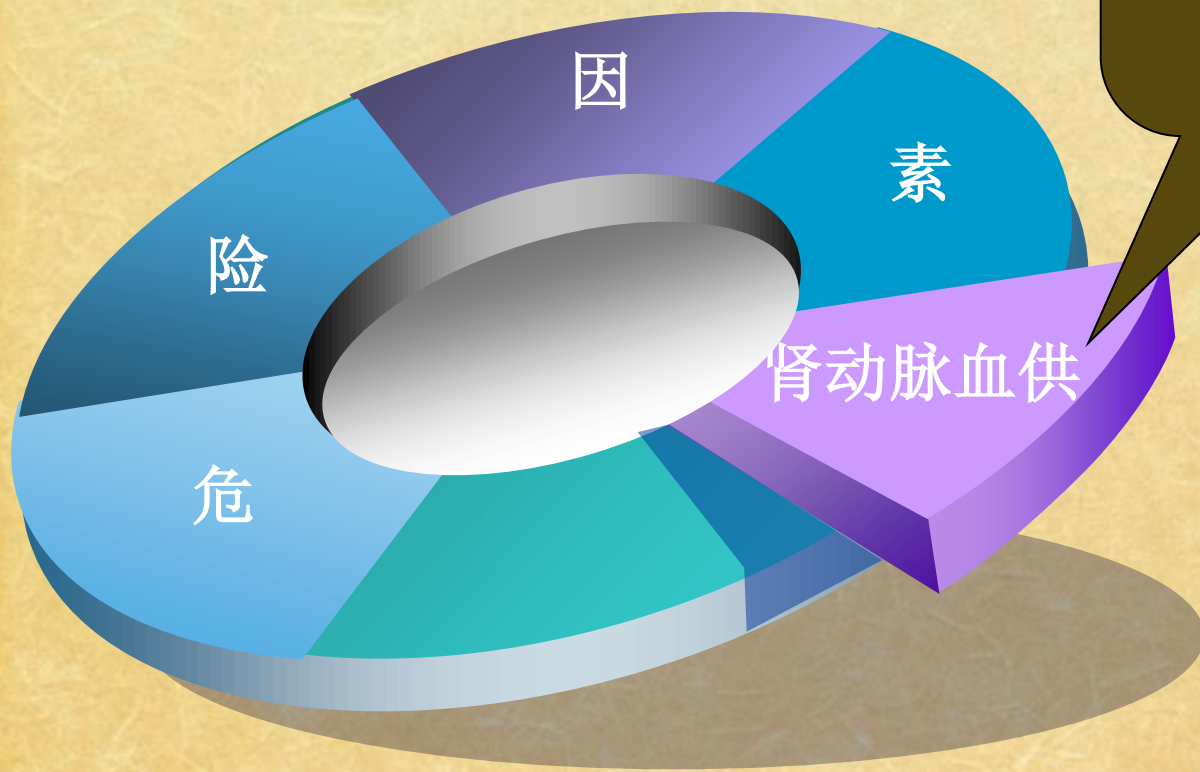
# 心肌保护

- ◆ 主动脉根部灌注
- ◆ 冠状动脉直接灌注
- ◆ 冠状静脉窦逆行灌注



# 肾保护





肾动脉开口于假腔，则经股动脉灌注发生肾衰可能性大



# 速尿的危害

直接肾毒性

A

使全身血管阻力上升，去甲肾上腺素浓度增加

B

1mg/kg

大剂量速尿使肾血流分布不均和部分区域肾脏无灌注

C

给予速尿组的ARF发生率是给予多巴胺或安慰药组的2倍

D

预防性或大剂量应用速尿





# 脊髓保护



# ◆ 脊髓缺血损伤的解剖学基础

椎动脉  
颈深动脉  
颈升动脉  
肋间动脉  
腰动脉  
骶动脉脊支

椎动脉  
颈深动脉  
颈升动脉  
肋间动脉  
腰动脉  
骶动脉脊支

左右椎动脉

小脑下后动脉或椎动脉

前根动脉  
(节间动脉)

脊髓前动脉

脊髓后动脉

后根动脉  
(节间动脉)

血管链



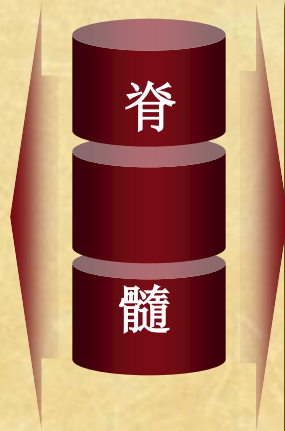
## 手术方式对脊髓血供的影响：

- ◆ Caparrelli报告：降主动脉、胸腹主动脉瘤手术后截瘫的发生率为2%~6%
- ◆ 脊髓缺血的时间及温度；
- ◆ 主动脉修复后脊髓血运的重建状况；
- ◆ 生化因素介导的脊髓再灌注损伤

# 脊髓保护

## 预防性手段

- ◆明确脊髓供血情况
- ◆III型动脉瘤估计阻断时间大于**30min**应在**CPB**下完成手术
- ◆术中诱发电位监测
- ◆低温
- ◆药物



## 保证有效血供

- ◆选择合理灌注方式
- ◆重建脊髓重要血供
- ◆保证灌注压力
- ◆脑脊液引流



# 血液保护



# 血液保护指南

REPORT FROM THE STS WORKFORCE ON EVIDENCE BASED SURGERY

**Perioperative Blood Transfusion and Blood Conservation in Cardiac Surgery: The Society of Thoracic Surgeons and The Society of Cardiovascular Anesthesiologists Clinical Practice Guideline\***

(Ann Thorac Surg 2007;83:S27-86)

© 2007 by The Society of Thoracic Surgeons



# 推荐分级

Classes of recommendations	Definition
Class I	Evidence and/or general agreement that a given treatment or procedure is beneficial, useful, effective.
Class II	Conflicting evidence and/or a divergence of opinion about the usefulness/efficacy of the given treatment or procedure
Class IIa	Weight of evidence/opinion is in favour of usefulness/efficacy.
Class IIb	Usefulness/efficacy is less well established by evidence/opinion
Class III	Evidence or general agreement that the given treatment or procedure is not useful/effective, and in some cases may be harmful

# 术中血液保护措施

- ◆ 快速等容稀释（Class IIb）
  - ◆ 体外循环开始前放出1-2单位自体血 以后回输
  - ◆ 同时输入等量晶体液或代血浆
  - ◆ 失血时因血液稀释，丢失红细胞总量少
  - ◆ 保留部分未受体外循环影响的优质血液（血小板激活消耗 溶血 补体激活 炎症因子产生）

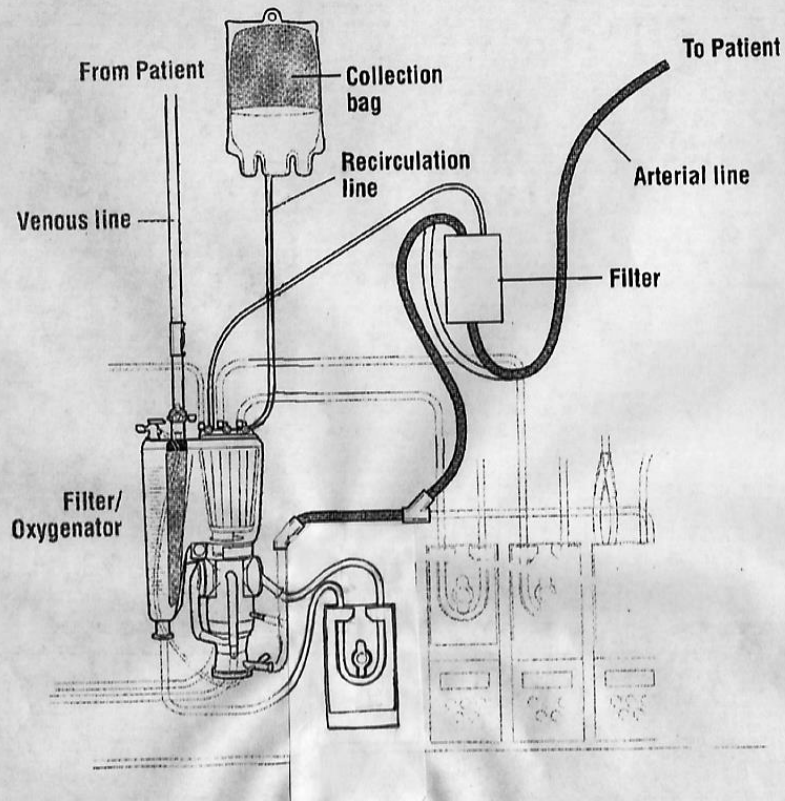


# Intra-operative donation (IAD)



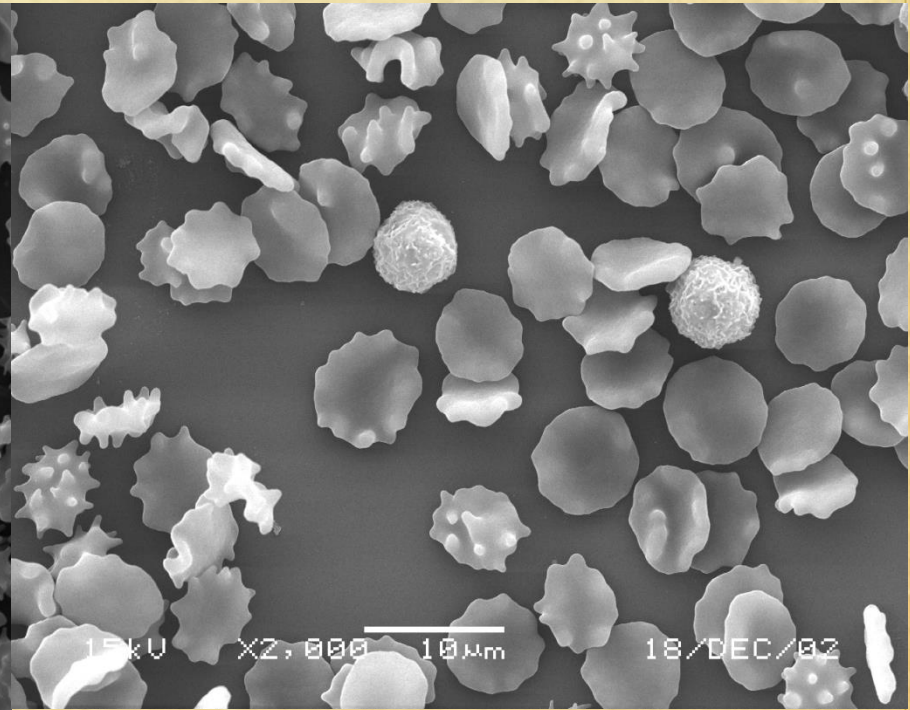
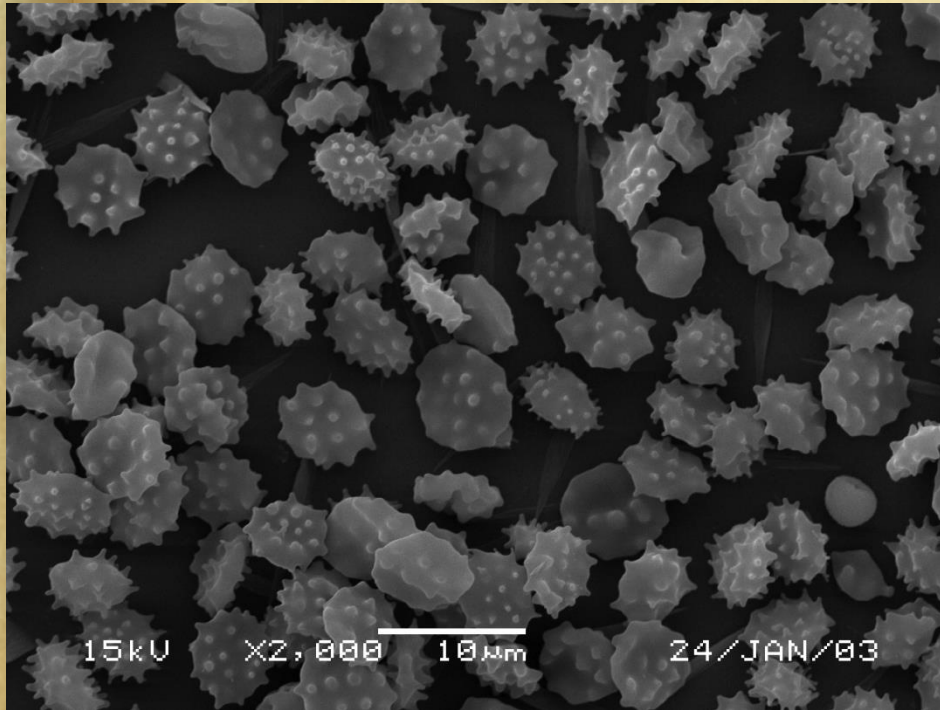


# 体外循环中自体血液逆行预充 (RAP) Class IIb





# 术中血液回收(Class Ia)



◆ Cell Saver 洗前形态

Cell Saver 洗后形态

# 术中应用药物保护血液

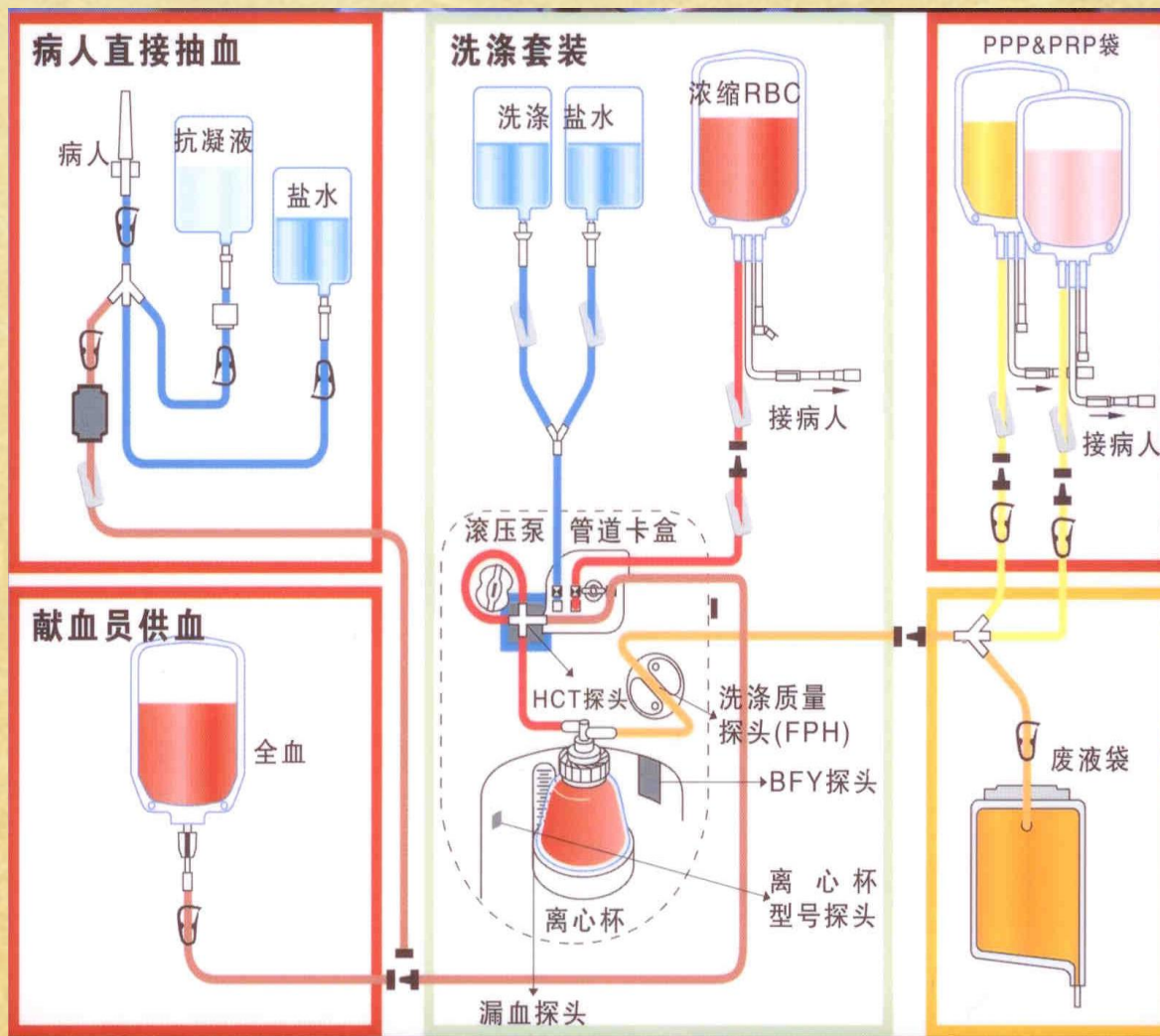
- ◆ 抗纤溶药物( Class I A)
  - ◆ Amicar(氨基己酸) Cyklokapron (氨甲环酸)
- ◆ 重组VII因子( Class IIb)
  - ◆ 治疗CPB后难治性非外科性出血
  - ◆ 中风危险
  - ◆ 效果未肯定



# 自体血小板分离

- ◆ Class IIa

- ◆ 血小板分离是综合血液保护措施中的有效手段之一
- ◆ 血小板数量足够多  $3 \times 10^{11}$ , 或28%循环中的血小板总数
- ◆ CPB前离心血液（先快后慢），分离出浓缩血小板血浆（PRP），体外循环后回输。
- ◆ 费时 可能会引起血压波动

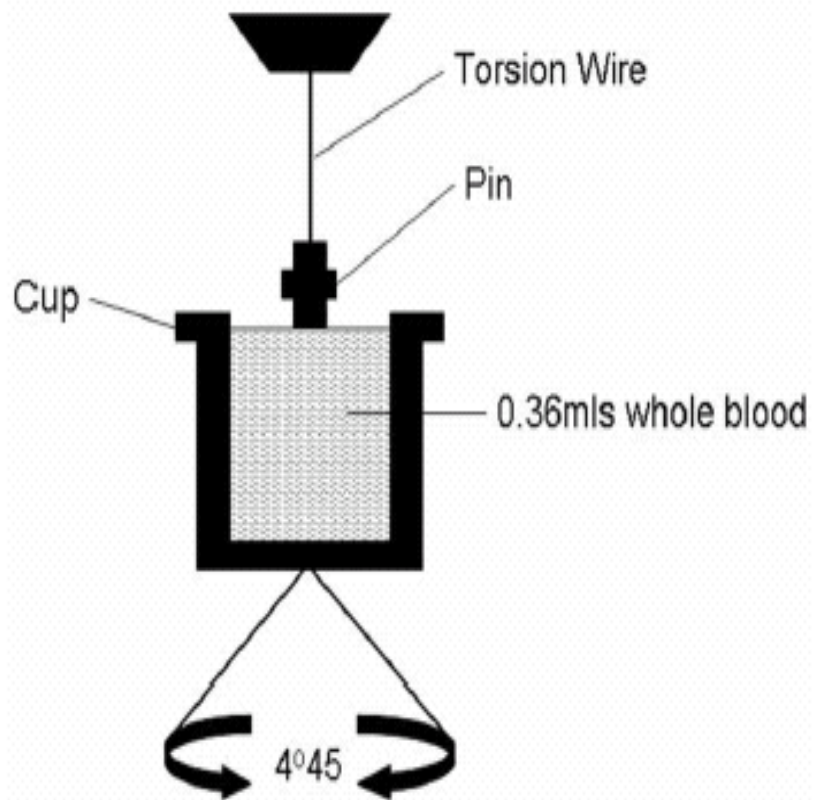




# 血栓弹性图

## Thromboelastography

- ◆ TEG Hartert 1948 发明
- ◆ 描记血栓形成至血栓收缩或溶解粘弹性变化的动态过程
- ◆ 记录了纤维蛋白原 血小板 凝血因子间相互作用
  - ◆ 纤维蛋白开始形成
  - ◆ 血小板聚集
  - ◆ 纤维蛋白交联
  - ◆ 血栓强度强化
  - ◆ 血栓溶解
- ◆ 近年来用于指导出血的处理（心脏外科和肝脏移植体外循环手术）
  - ◆ 凝血因子的补充
  - ◆ 血小板的输入
  - ◆ 纤溶的治疗



- ◆ 血液开始凝集后探针感知血液粘弹性变化
- ◆ 扭矩感应线圈传感应力变化
- ◆ 记录血栓产生速度
- ◆ 记录血栓强度
- ◆ 记录血栓稳定性
- ◆ 反应血液凝集状态
  - ◆ 低凝
  - ◆ 正常
  - ◆ 高凝



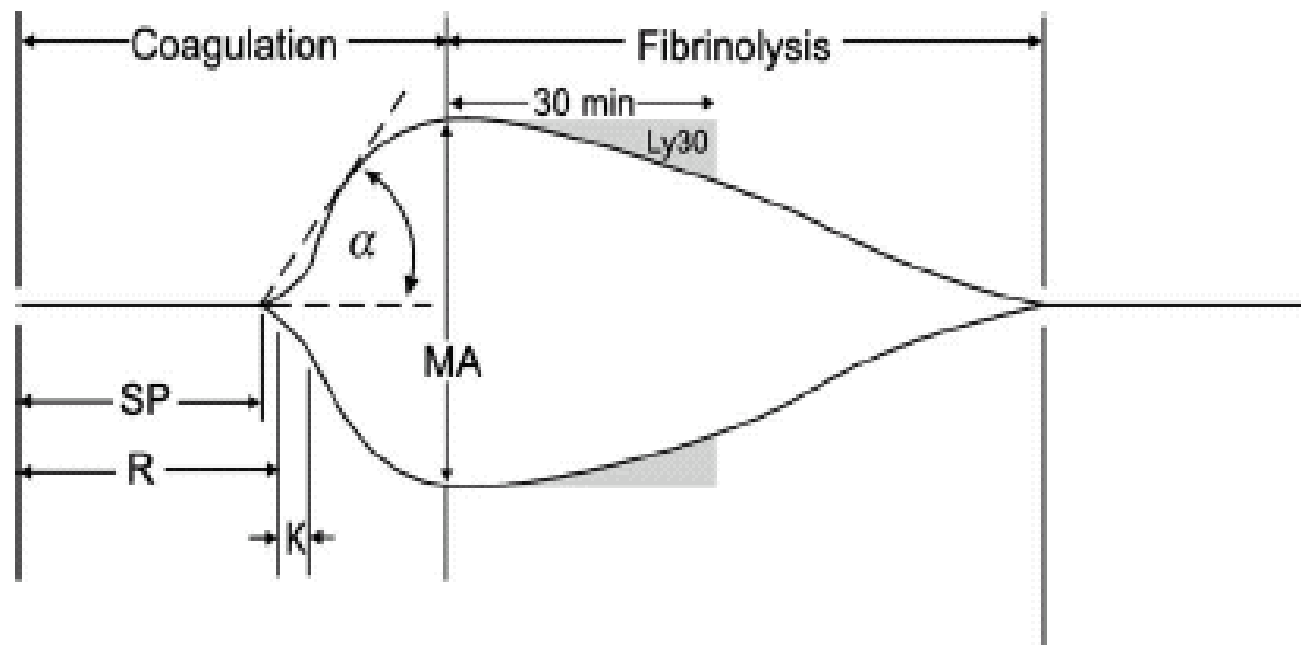


Fig. 1. Thrombelastography parameters.

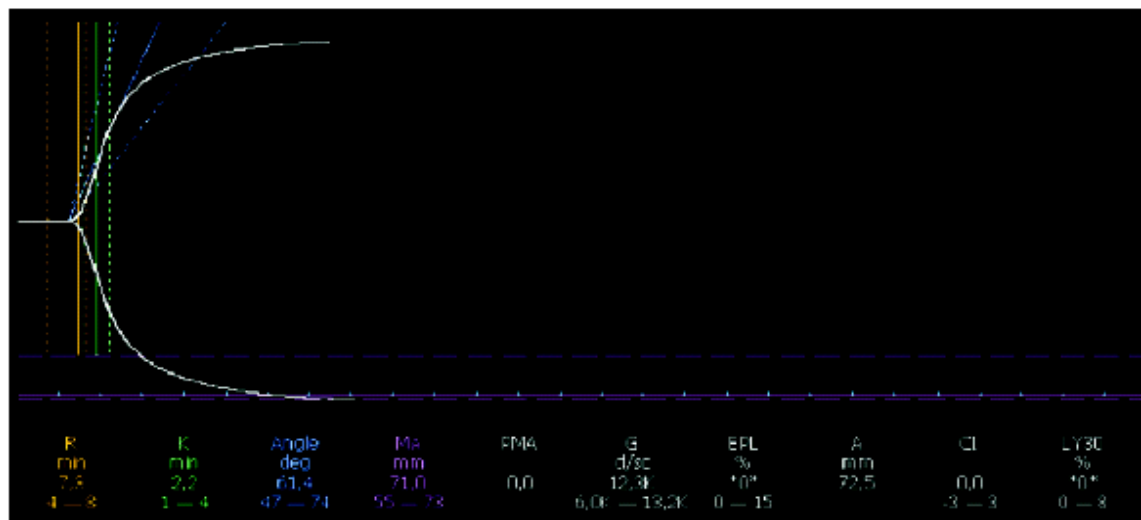


Fig 1. Standard kaolin-activated baseline TEG.

# 脑保护







# Does Straight Deep Hypothermic Circulatory Arrest Suffice for Brain Preservation in Aortic Surgery?

*Bulat Ziganshin, MD, and John A. Elefteriades, MD*

**Table 1.** Overview of Large Studies Reviewing Individual Methods of Cerebral Protection

Technique	Year	n	Mortality (%)	Stroke (%)
DHCA <sup>11,12</sup>	1993, 2007	394,656	6.3-12.0	4.8-7.0
RCP <sup>13-17,22,25,26</sup>	1994-2003	33-249	6-12.1	2.9-9.3
ACP <sup>18-21,23,24,27,28</sup>	1994-2008	77-531	4.0-19.4	1.3-9.6

ACP, antegrade cerebral perfusion; DHCA, deep hypothermic circulatory arrest; RCP, retrograde cerebral perfusion.

# 脑保护的基本策略

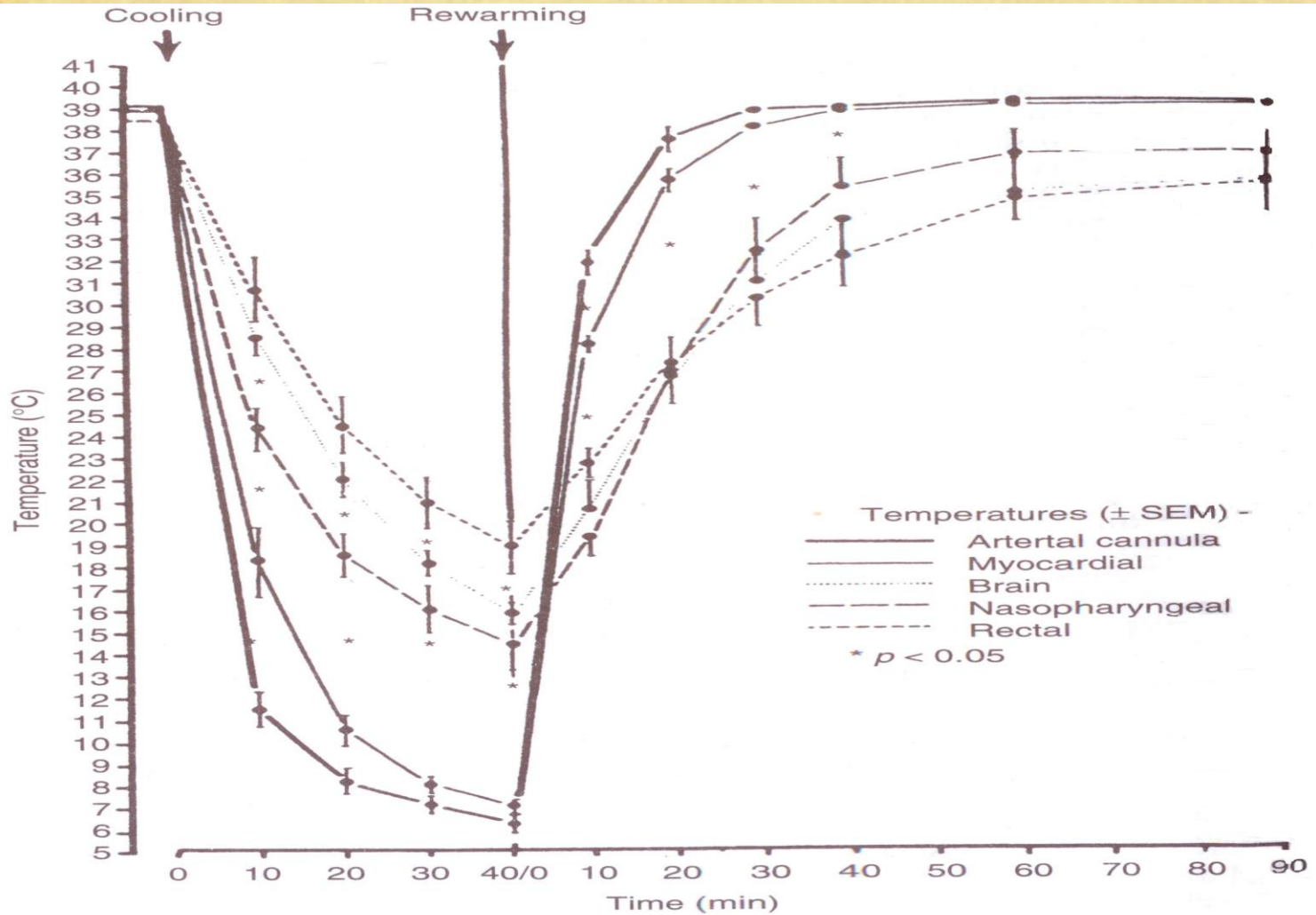
- ◆ 降低脑耗氧量，维持脑灌注
- ◆ 防止栓塞



# 温度管理与脑保护

- ◆ 心排量15%供应中枢神经系统
- ◆ 大脑氧耗占机体总量的20%
- ◆ 氧消耗3.5ml/100g/min
- ◆ 体温每降低1° c脑组织氧代谢率（CMRO<sub>2</sub>）降低7%

# 温度的监测部位？





## 降温

- ◆ 降温至少持续30分钟，使脑组织均匀降温
- ◆ 冰帽降温, 因为DHCA 15-20分钟后温度自动上升,
- ◆ 18-20° C时，脑血流量主要不是依从动脉血压和血管阻力，而是灌注流量

## 复温

- ◆ 缓慢复温能平衡灌注血流和氧代谢之间的协调关系
- ◆ 复温时控制灌注血流温度和温差（尤其灌注血温和鼻咽温度之间差不大于 $10^{\circ}\text{C}$ ）极其重要
- ◆ 灌注血温与鼻咽温度 $2^{\circ}\text{C}$ 温差复温方法较常规的 $4-6^{\circ}\text{C}$ 温差复温，术后6周认知行为更好
- ◆ DHCA后复温时会出现反应性脑充血，发生脑水肿，复温前短暂进行冷血灌注有助于脑保护，减轻脑水肿
- ◆ 复温到达目标时，应维持5-10min
- ◆ 实践中复温目标多设定为鼻咽温度达到 $37^{\circ}\text{C}$ ，此时脑组织温度已远远大于 $37^{\circ}\text{C}$



# 温度控制原则

---

- ◆ 降温时间  $> 30\text{min}$
- ◆ 变温过程中，鼻咽温和肛温差不要超过  $4-6^{\circ}\text{C}$ ；
- ◆ 灌注液（变温后血液）温度与肛温  $< 8-10^{\circ}\text{C}$ ；
- ◆ 恢复循环后，应冷灌注  $5-10\text{min}$ ，待左颈总动脉吻合完毕再开始复温；
- ◆ 复温速度不超过  $1^{\circ}\text{C}/3-5\text{min}$ ；
- ◆ 鼻咽温不超过  $37^{\circ}\text{C}$

# 低温CPB 酸碱平衡管理

- ◆ pH稳态：测定血气标本时校正至实际温度 为保持在低温下pH7.4 PaCO<sub>2</sub> 40mmHg,需要向氧合器中通入CO<sub>2</sub>
- ◆  $\alpha$ 稳态：应用 $\alpha$ 稳态控制血气，血标本不作温度校正，保持37°C下测定血气值为PH7.4, PaCO<sub>2</sub> 40mmHg



# $\alpha$ 稳态

- ◆ 温度降低时能够维持 $[\text{OH}^-]: [\text{H}^+] 16:1$ ，保证许多呼吸酶正常工作。
- ◆ 在 $21\text{ }^\circ\text{C}\sim 29\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内应用 $\alpha$ 稳态管理,可以保持 脑血管自我调节，使脑血流和脑代谢比率维持平衡。
- ◆ 低温时CBF下降 脑氧代谢率下降 中度低温时脑血管对 $\text{CO}_2$ 的反应仍存在， $\alpha$ 稳态管理与pH稳态管理比较，脑血流量相对减低 但与下降的脑组织氧代谢刚好匹配
- ◆ 低温下 $\alpha$ 稳态使pH呈碱性，血红蛋白氧离曲线左移，氧释放减少，但低温时氧的溶解度增加抵消了这一作用，低温低流量下CBF仍然高于脑代谢需要

# pH稳态管理

- ◆  $\text{PCO}_2$ 及 $[\text{H}^+]$ 的增加能对抗低温对氧离曲线的影响，有利于 $\text{HbO}_2$ 向组织内释放氧，从而增加了组织供氧
- ◆ 二氧化碳增高脑血管选择性扩张增加了脑血流，使得脑部降温更快、更均匀
- ◆ 应用pH稳态管理时，脑血管自主调节被扰乱，脑血流量主要依从与脑灌注压力，加入的 $\text{CO}_2$ 扩张脑血管，脑血流量增加，可能增加脑水肿和栓塞的风险,使颅内压升高



- ◆ 交叉应用两种方法似乎能更快促进脑代谢恢复
  - ◆ 降温的初始10分钟阶段应用pH稳态，使脑组织充分降温，抑制脑氧代谢，而后转为a稳态，以移除深低温pH稳态管理期间堆积的大量酸性产物，直至恢复灌注，复温和停止体外循环

# 减少脑栓塞



# 药物脑保护

- ◆ 谷氨酸受体阻滞剂
- ◆ 巴比妥类药物
- ◆ 异丙酚
- ◆ 挥发性麻醉剂
  - ◆ 氟烷 异氟醚 七氟醚
- ◆ 自由基清除剂
- ◆ 甘露醇

## ◆ 皮质激素

- ◆ 能减轻CPB带来的炎性反应
- ◆ 减轻组织水肿
- ◆ 保护细胞膜完整性
- ◆ 清除自由基
- ◆ 大剂量甲强龙有直接神经保护作用，拮抗脂质过氧化过程，脂质过氧化是DNA损毁和细胞死亡的最后共同通路
- ◆ 大剂量甲强龙的给药时机直接影响保护效果，术前给药较体外循环中给药保护效果更明显
- ◆ 可能会产生高血糖



# 遵守安全时限

**TABLE 1. Calculated safe intervals for interruption of brain perfusion at various temperatures**

Temperature	Cerebral metabolic rate (% of baseline)	Safe duration (min)
37°C	100	5
30°C	56 (52-60)	9 (8-10)
25°C	37 (33-42)	14 (12-15)
20°C	24 (21-29)	21 (17-24)
15°C	16 (13-20)	31 (25-38)
10°C	11 (8-14)	45 (36-62)

Data are means with 95% confidence intervals.

**TABLE 2. Calculated safe intervals for interruption of spinal cord perfusion at various temperatures**

Temperature	Safe duration (min)
37°C	20
32°C	50
28°C	75
20°C	120

# 低温联合脑灌注



- ◆ 选择性连续性脑灌注结合中低温（ $22^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 停循环)可缩短体外循环时间
- ◆ NIRS TCD 检测局部脑组织循环状况
  - ◆ NIRS 两侧前额部~前部脑组织
  - ◆ TCD 大脑中动脉
  - ◆ 后循环无有效检测手段

# 术中神经系统监测

- ◆ 脑组织血流灌注指标
  - ◆ 经颅多普勒（Transcranial Doppler, TCD）检测大脑中动脉血流速度
  - ◆ 近红外波谱分析(Nearinfrared spectropy, NIRS)监测脑组织局部氧饱和度
  - ◆ 颈静脉连续血氧饱和度（ $SjO_2$ ）监测
- ◆ 脑组织活动监测
  - ◆ 脑电图（Electroencephalogram, ECG）
  - ◆ 位置、听觉、运动诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEP; motor evoked potentials, MEP)
- ◆ 其他措施
  - ◆ 主动脉表面超声
  - ◆ 食道超声



# 总 结

主动脉手术的CPB方法取决于

- \* 动脉病变的类型
- \* 病变范围
- \* 外科手术入路

CPB的原则:

提供良好的手术显露

重要器官的保护



实践是检验真理的唯一标准

Research

Re search



**Thank You**

