

# 婴幼儿体外循环管理

阜外医院体外循环科 刘晋萍





您所在医院是否已开展新生儿体外循环手术？

1是

2否





您所在医院是否已开展过10kg以下婴儿体外循环手术了吗?

1是

2否



# 主要目的



- ρ 减少预充总量
- ρ 减少血液制品的应用
- ρ 完善术中管理
- ρ 减少术后并发症的发生



# 生理特点



- ρ 肺表面活性物质含量少，肺泡数量少
- ρ 机体代谢旺盛，组织氧摄取率高
- ρ 毛细血管通透性高
- ρ 免疫系统发育不健全
- ρ 体温调节机制不健全



# 体外循环术前准备



## p 访视病人

- Ø 术前一般状况
- Ø 血常规（白细胞，血红蛋白浓度，血小板）
- Ø 凝血功能
- Ø 肝功能
- Ø 肾功能
- Ø 了解患儿术前诊断、拟行手术



# 体外循环术前准备



## ρ 物品准备

- ∅ 选择预充量小，气体交换性能好的人工肺
- ∅ 适宜的动脉、静脉插管
- ∅ 选用预充量尽量少的管道、动脉微栓滤器
- ∅ 备有血液超滤器及连接管道
- ∅ 心肌保护管道



# 体外循环物品准备



- ρ 体外循环机
- ρ 氧合器、动脉微栓过滤器、管道、氧气源
- ρ 变温水箱

基础设施

第一代

- ρ 人工肾（血液过滤器）
- ρ 空氧混合器
- ρ 混合静脉血氧饱和度仪
- ρ 自体血液回收机（cell saver）

完善设施

第二代





静脉负压辅助引流装置  
VAVD



持续动静脉血气分析仪  
CDI 500

第三代



血栓弹力图  
TEG



近红外脑氧饱和度仪  
NIRS





当今主流体外循环机



五泵头—必需  
六泵头—最佳





鼓泡氧合器

VS



进口或国产膜肺





您所在医院还仍然在使用鼓泡式氧合器吗？

1是

2否





纯氧吸入

VS



空氣混合器





您现在体外循环中使用下列哪中方式作为供氧设施

1氧气筒

2空氧混合器



## 阜外型婴幼儿体外循环管道套包

	<10kg	10-15kg	15-20kg	20-30kg
管道套包 (型号)	D	C	B	A
A ~ V ~ LV (英寸)	5/32 ~ 1/4 ~ 5/32	3/16 ~ 1/4 ~ 5/32	1/4 ~ 1/4 ~ 5/32	1/4 ~ 3/8 ~ 1/4
静态预充量 (ml)	150 ~ 180	280 ~ 350	400 ~ 500	550 ~ 600

——天津塑料研究所生产



# 主动脉插管

流量 (ml)	管径 (Fr)	体重(kg)
400 ~ 800	8	<4
800 ~ 1200	10~12	5~10
1200 ~ 1800	12~14	10~15
1800 ~ 2000	14~16	15~20
2000 ~ 2500	16	>20
2500 ~ 3000	18	20~30



# 腔静脉插管

流量 (ml/min)	SVC(/FR)	IVC	体重(kg)
0~400	14	16	<4
400~700	16	16	<5
700~1000	16	18	5~10
1000~1500	18/20	20/22	10~15
1500~2000	20/22	22/24	15~20
2000~2500	24	26	>20
2500~3000	26	28	20~30
3000~3500	28	28/30	>30





# 特殊插管及管道选择

体重	股动脉	右房管	金属直角上腔	直角下腔
0-5 kg	6-8 Fr	18-20 Fr	10-12 Fr	12-14 Fr
5-9 kg	8 Fr	20-22 Fr	12 Fr	14-16 Fr
9-15 kg	10-12Fr	22-24 Fr	14 Fr	18-20 Fr
15-25 kg	12-14Fr	24 Fr	16 Fr	20 Fr
25-36 kg	16/18 Fr	26 Fr	16 Fr	20 Fr



# 体外循环术前准备



## 预充方案的理论基础

- 患儿各脏器发育不成熟，代偿调节能力差；
- 预充量与患儿机体血容量比值大，对机体内环境影响大。



# 体外循环术前准备



## p 预充方案——目标

- ∅ 体外循环中红细胞压积维持在20%~30%
- ∅ 维持满意的血浆胶体渗透压（术中12-14mmHg）
- ∅ 维持预充液中酸碱平衡稳定
  - ∅ 预充库血或血浆200ml，需加入5%碳酸氢钠20ml
- ∅ 补充电解质



# 体外循环术前准备



## p 预充液成分

- ∅ 悬浮红细胞;
- ∅ 新鲜冰冻血浆;
- ∅ 人血白蛋白;
- ∅ 勃脉力 (PlasmaLyte-A, 平衡液);
- ∅ 代血浆类产品;
- ∅ 20%甘露醇
- ∅ 5%碳酸氢钠;
- ∅ 葡萄糖酸钙、硫酸镁、氯化钾、氯化钠;
- ∅ 速尿;
- ∅ 抗菌素;
- ∅ 甲基强的松龙。





p 体外循环转流前的预充步骤（方法一）

- Ø 晶体预充液循环排气
- Ø 清空氧合器回流室
- Ø 加入含肝素红细胞、血浆、白蛋白或人工胶体
- Ø 排除多余水分
- Ø 加入碳酸氢钠
- Ø 保温

p 体外循环转流前的预充步骤（方法二）

- Ø 加入含肝素红细胞、血浆、白蛋白或人工胶体
- Ø 循环排气
- Ø 加入碳酸氢钠、速尿、甘露醇……等药物
- Ø 保温

您愿意选用上述哪种转流前循环排气放法？

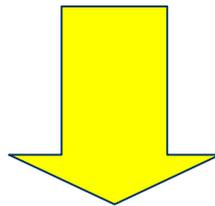
- 1 方法一
- 2 方法二



# 改良输血策略

旧

2U RBC + 1U FFP +/- AI b



新

0或Mini RBC + 0 FFP + 0 AI b + 人工胶体



# 体外循环中监测



## p 平均动脉压 (MAP)

- Ø 随年龄递减，生理平均动脉压值越低；
- Ø 转流初期MAP明显减低，紫绀患者血压降低更加明显；
- Ø 常温状态下，需长时间并行者（如PDA，再次手术等），可酌情考虑用药；
- Ø 浅低温状态，维持30~40mmHg即可；
- Ø 中、深度低温血压>20mmHg；
- Ø 及时判断血压是否受到过敏、插管位置等影响



# 体外循环中监测



## p 中心静脉压 (CVP):

CVP升高，提示静脉引流不畅。最常见的原因有：

Ø 腔静脉插管过深：上腔插管过深可至无名静脉或右颈总静脉，影响上肢、颜面部及头部血液回流。下腔插管过深至肝静脉，可使双下肢、腹腔脏器血液回流受阻。

Ø 腔静脉插管过粗或过细：体外循环过程中，保证充分的静脉回流对婴幼儿十分重要。术后毛细血管渗漏综合征，组织水肿与术中静脉回流密切相关。静脉引流通畅，CVP通常为0或负值。



# 体外循环中监测



## p 左房压 (LAP)

Ø 指导体外循环停机前补充容量

Ø 可用以评价左心功能

Ø 评价外科畸形矫治是否成功



# 体外循环中监测



## p 温度

- ∅ 注意血温和水温的温差不要过大;
- ∅ 控制好降温和复温幅度;
- ∅ 紫绀患者视左心回血量多少进行降温;
- ∅ 变温毯对患儿十分重要。



# 体外循环中管理



## p 灌注流量

- ∅ 对婴幼儿来讲，灌注流量较灌注压力更有实际意义；
- ∅ 静脉血氧饱和度、BE、乳酸的变化是组织灌注是否充分的依据；
- ∅ 以kg计算灌注流量更加科学
  - ∅ 深低温20~50ml/kg，
  - ∅ 浅低温和复温阶段，流量可高达150-200ml/kg



# 调节酸碱平衡



## p 原因

- ∅ 机体碱储备不足
- ∅ 预充成分的影响
- ∅ 低温使氧释放减少
- ∅ 微循环障碍，影响组织氧摄取
- ∅ 低流量灌注组织缺血、缺氧

## p 方法

- ∅ 根据预充液库血量补充碱
- ∅ 术中补碱
- ∅ 调节通气参数



# 电解质



## p 血钾

- ∅ 谨慎补钾
- ∅ 血钾 $>3.0\text{mmol/L}$ 不需处理
- ∅ 合理给予利尿剂
- ∅ 如实施术中超滤应密切关注血钾变化
- ∅ 患儿回ICU后视检测情况泵入钾补充



# 电解质



## Ⓟ 血钙降低主要原因

- ⊘ 大量预充库血枸橼酸与血浆钙离子结合;
- ⊘ 预充白蛋白与血浆钙离子结合;
- ⊘ 碱中毒引起蛋白结合钙的比例增多

## Ⓟ 补钙

- ⊘ 每1个单位库血补钙0.5g
- ⊘ 心脏复跳后5-10分钟，常规补钙，增加血管张力和心肌收缩力



# 电解质



## p 血镁

- ∅ 血镁正常含量  $0.75-0.9\text{mmol/l}$
- ∅ 生理作用：镁是数百种酶系统的辅因子。
- ∅ 常规预充： $0.6\text{ml/kg}$ 或 $0.5\text{mEq/kg}$ （10%硫酸镁）  
 $0.24\text{ml/kg}$ （25%硫酸镁）
- ∅ 注意给药时机（镁可使小动脉、微动脉扩张，外周阻力降低和动脉血压下降）：前并行半量+后并行半量



# 电解质



## p 血钠

### ∅ 高钠

∅原因：医源性补钠；高渗透压

∅处理：用低钠液行平衡超滤

### ∅ 低钠

∅原因：低钠液过度稀释（HTK）

∅处理：补钠（5%碳酸氢钠或10%氯化钠）



# 血糖



## p 低血糖

- Ø 转流前患儿处于低水平， $<60\text{mg/dl}$ 需密切关注变化，适时补充葡萄糖
- Ø 结合转中变化（应激反应、预充液等）考虑补充
- Ø 停机困难，过强应激反应，低氧、严重酸中毒等使得儿茶酚胺分泌增加，刺激肝糖元分解增加，无氧糖酵解使葡萄糖利用增加
- Ø 补充方法：建议结合体外循环管路预充量+患儿血容量补充葡萄糖至正常水平



# 血糖



## p 高血糖

- ∅ 原因：胰岛素抵抗、生糖激素的分泌、炎症反应及细胞因子等
- ∅ 患儿术中血糖允许范围 $<300\text{mg/dl}$
- ∅ 患儿体外循环中慎用胰岛素
- ∅ 加深麻醉
- ∅ 结合术后血流动力学状况处理



# 心肌保护



	成分	灌注方式	灌注量	缺点
晶体	高钾、低钙	间隔20~30分钟	首次20ml/kg	稀释
HTK	低钾、低钠、低钙，仿细胞内液	2~3小时	首次40~50ml/kg	稀释；血钠水平明显降低
氧合血	高钾	30分钟	首次20ml/kg	库血预充量大



# 超滤



	时间	目的	补充液体
常规超滤 (CUF)	术中	提高血红蛋白浓度	悬浮红细胞
平衡超滤 (ZBUF)	术中	改善血液质量	平衡液
改良超滤 (MUF)	术后, 10 <sup>-</sup> 15分钟	提高血红蛋白浓度; 改善血流动力学指标	悬红或平衡液



# MUF的优点



- ∅ 体外循环后有效滤除体内水分，10-15分钟。
- ∅ 此装置在术中及术后均可使用。
- ∅ 可有效改善体外循环后血流动力学。
- ∅ 避免因小体重患儿术中液面难维持而无法进行超滤
- ∅ 节约库血预充



## MUF缺点:

⌘ 耗时

⌘ 对机体温度的影响

⌘ 超滤泵流速过快，会影响血流动力学指标



# 特殊病种体外循环简介



# 特殊病种体外循环



## p 主动脉缩窄、弓中断

### ∅ 插管选择:

- 大小: 偏细
- 位置: 经无名动脉;

### ∅ 区域性脑灌注:

- ? 20~60ml /kg, 维持上肢压力30-40mmHg左右;



# 特殊病种体外循环



## p 主动脉缩窄、弓中断

### u 深低温下半身停循环；

∅ 鼻温： $<20^{\circ}\text{C}$ ；

∅ 直肠温度： $<25^{\circ}\text{C}$

### u 温度变化均匀(尤其是在复温阶段)；

### u 脑保护措施；

∅ 血气管理： $\alpha$  稳态管理

∅ 激素

∅ 甘露醇

### u 血液保护



# 特殊病种体外循环



## p 双向格林或全腔

- u 并行CPB;
- u 保温（浅低温水平）；
- u 辅助流量1/3~1/2的全流量；
- u 维持满意动脉压、静脉压；
- u 准备充足的血浆、代血浆成分



# 特殊病种体外循环



## p 新生儿长时间体外循环

- u 预充液成分;
- u 灌注流量维持150~200ml /kg;
- u 温度变化均匀;
- u 全程超滤;
- u 维持适合生理的灌注压、胶体渗透压;
- u 血液保护



# 紫绀患儿体外循环管理常见问题

- ρ 如何进行血液稀释？
- ρ 如何减少术中左心回血量？
- ρ 如何实施肺保护？
- ρ 如何避免血红蛋白尿？
- ρ 如何减少术后渗血？

紫绀



# 患儿特点

p 属复杂、紫绀类先天性心脏病，按紫绀程度分为\*

轻度

血红蛋白浓度 $<15\text{g/dl}$

中度

血红蛋白浓度 $15\text{g/dl} \sim 18\text{g/dl}$

重度

血红蛋白浓度 $>18\text{g/dl}$



\*来自阜外医院儿科体外循环管理常规，仅供参考

# 体外循环管理要点



- p 1、物品准备
- p 2、血液稀释
- p 3、初始低氧通气管理
- p 4、温度管理
- p 5、保证有效组织灌注
- p 6、肺保护
- p 7、心肌保护
- p 8、血液保护
- p 9、其它重要脏器保护



# 1、体外循环物品准备

优质膜肺、插管、管道和六泵头机器



## 2、血液稀释



- ρ 预期的红细胞压积
- ρ 预期的胶体渗透压
- ρ 预期的转流中温度
- ρ 附加剂
  - ∅ 肝素
  - ∅ 碳酸氢钠
  - ∅ 电解质如钙、镁、钾
  - ∅ 速尿
  - ∅ 抗生素
  - ∅ 激素



## 2、血液稀释



### p 血液稀释原则

- ∅ 轻紫患儿：红细胞悬液多+血浆少+白蛋白
- ∅ 中紫患儿：红细胞悬液少+血浆多+白蛋白
- ∅ 重紫患儿：红细胞悬液少或无+血浆多或全+白蛋白  
(术前或术中放血)



预期的红细胞压积  
转中：20%~27%  
转后：≥35%



预期的胶体渗透压  
转中：12~14mmHg  
转后：≥18mmHg



## 2、血液稀释



### p 预期的转流中温度

- ∅ 浅度低温 (  $> 28^{\circ}\text{C}$  ) : 红细胞压积27%-30%
- ∅ 中度低温 (  $25\sim 28^{\circ}\text{C}$  ) : 红细胞压积25%-27%
- ∅ 深度低温 (  $< 25^{\circ}\text{C}$  ) : 红细胞压积20%-25%

### p 意义:

- ∅ 缓解因低温时血液粘滞度增加给机体带来的不利影响



# 3、初始低氧通气管理

p 紫绀患儿在CPB转流初始宜接受低氧浓度通气 ( $\leq 30\% \text{FiO}_2$ )

## 高氧浓度通气对机体影响——弊大于利

Ø 对长期缺氧的心肌可引发再氧合损伤

—— Modi P, et al. Cardiopulmonary bypass induced myocardial reoxygenation injury in pediatric patients with cyanosis J Thorac Cardiovasc Surg, 2002, 124(5): 1035-1036

Ø 可加重CPB后患儿的肺损伤，而CPB初期维持低氧浓度通气有利于紫绀患儿早期肺功能恢复

—— 于坤等，体外循环初期通气氧浓度对紫绀型先天性心脏病术后肺功能的影响。中华胸心血管外科杂志，2004，20（4）：205-207



# 4、温度管理



ρ 根据术中回血量选择目标温度

∅ 浅度低温 (  $> 28^{\circ}\text{C}$  ) :

∅ 中度低温 (  $25\sim 28^{\circ}\text{C}$  ) :

∅ 深度低温 (  $< 25^{\circ}\text{C}$  ) :

ρ 意义

∅ 创造良好术野

∅ 减少血液破坏



# 5、保证有效的组织灌注

## p 血流动力学监测

- ∅ 平均动脉灌注压
- ∅ 灌注流量
- ∅ 外周血管阻力

## p 代谢指标监测

- ∅ 混合静脉血氧饱和度
- ∅ pH 、 BE
- ∅ Lac

## p 药物

- ∅ 吸入麻醉药（七氟醚）
- ∅  $\alpha$  -受体阻断剂（立其丁等）





## 6、肺保护



- ρ 充分引流
  - ∅ 1套心外吸引+2套心内吸引
- ρ 维持满意的胶体渗透压
  - ∅ FFP+20%白蛋白预充
  - ∅ 常规超滤+改良超滤
- ρ 减轻炎症反应
  - ∅ 优质耗材
  - ∅ 零平衡超滤
  - ∅ 药物（甲基强的松龙）
  - ∅ Cell saver 对库血洗涤
- ρ 避免机械性损伤



# 7、心肌保护



## pHTK液

### Ø特点

- 含有三种氨基酸、低钾、低钠、无钙
- 仅行单次冠状动脉灌注（缺血2小时）
- 减少反复灌注引起未成熟心肌发生水肿
- 减少反复心肌灌注对手术的干扰

### Ø应用方法（先快后慢）

- 灌注总量：40~50ml /kg
- 灌注时间：5~7mi n
- 灌注压力：50-80mmHg

*Liu J, Feng Z, Zhao J, Li B, Long C. The myocardial protection of HTK cardioplegic solution on the long-term ischemic period in pediatric heart surgery. ASAIO J. 2008 Sep-Oct; 54(5):470-3.*



# HTK and 改良St. Thomas'

钠				Æ	15	/	154	mM	低钠
Æ									
钙							Æ		微钙
0.02	/	2.6	mM	Æ					低钾
钾						Æ		10	/
20		mM	Æ						
镁				Æ			4	/	16
mM									
组氨酸/组氨酸-hcl				Æ	180/18	/	0	mM	
色氨酸					Æ		2	/	
0		mM							



α-酮戊二酸

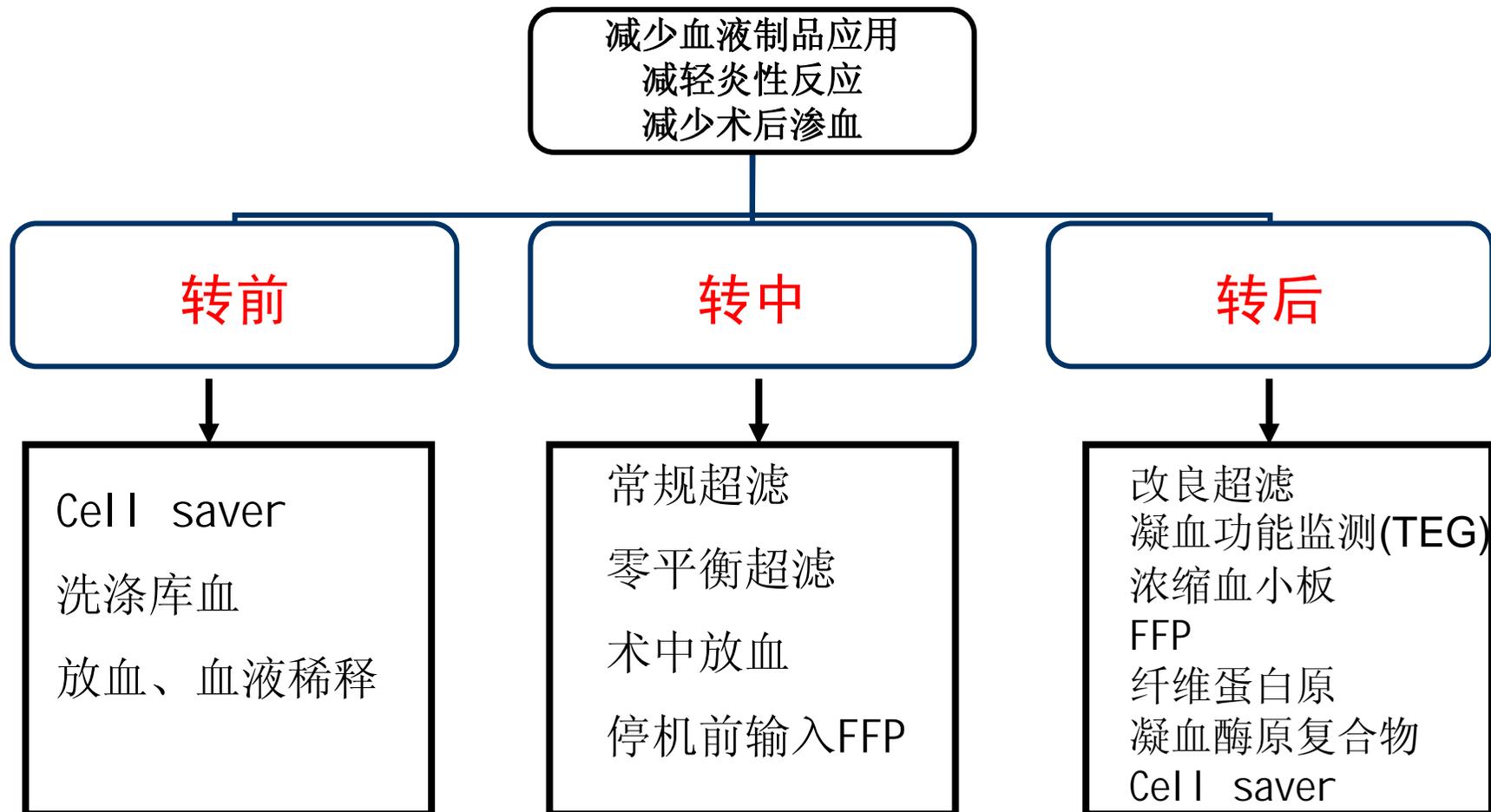
Æ

1

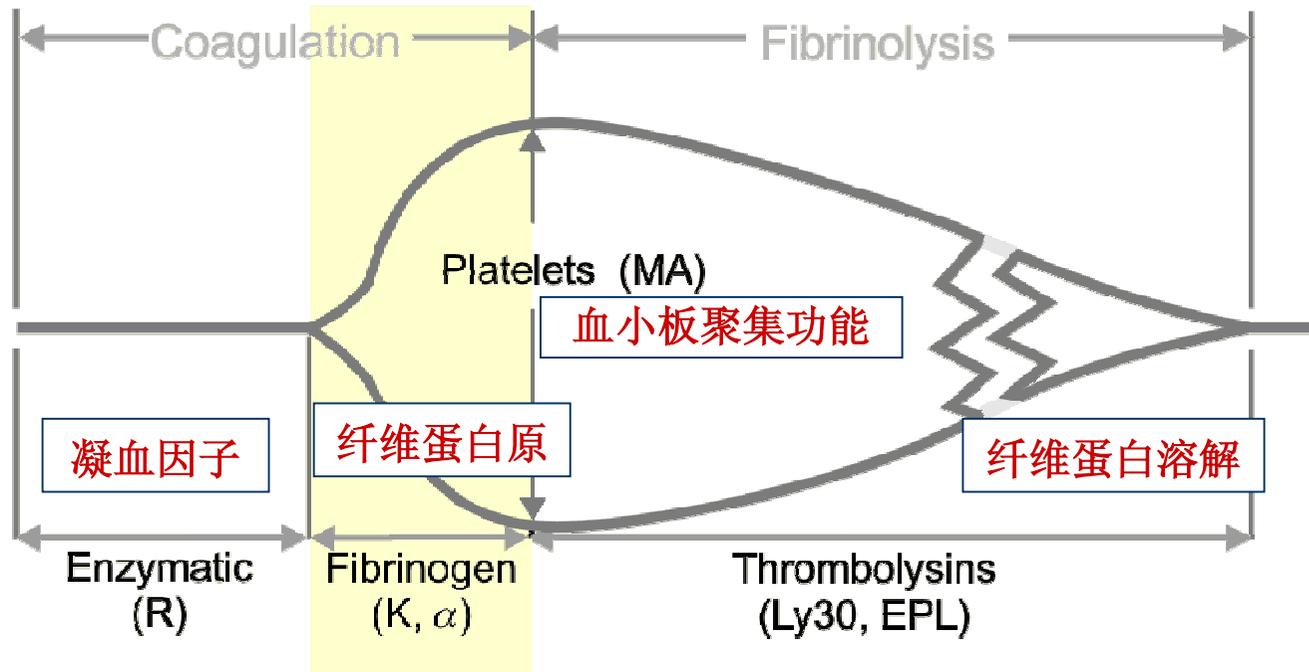
/

0

# 8、血液保护



## 重度紫绀患儿CPB后凝血功能严重受损——TEG监测



\*Yongli Cui, et al. Perioperative monitoring of thromboelastograph on hemostasis and therapy for cyanotic infants undergoing complex cardiac surgery. *Artificial Organs*, 2009,33(11):909-914

# 9、其它重要脏器保护

## p 肾脏

- ∅ 游离血红蛋白损伤肾脏
- ∅ 侧枝循环降低肾脏灌注
- ∅ 低温保护
- ∅ 利尿剂

## p 脑

- ∅ 加强监测 (NIRS)
- ∅ 低温保护
- ∅ 药物



Thank You !

