

体外循环管理

黑飞龙

中国医学科学院 阜外心血管研究所
中国协和医科大学阜外心血管病医院

100037





1. 体外循环中的管理

1.1 体外循环前的检查

1.1.1 患者情况

- 核对患者，再一次复习病例，了解病情和外科手术方法，预见体外循环中可能出现的问题及处理措施
- 确保足够的麻醉深度和肌松程度，防止并行循环时血液稀释而导致麻醉变浅，使机体应激反应增高，氧耗增加、外周血管阻力增加，不利于组织充足灌注及血液降温
- ACT>480秒方可转机，使用抑肽酶需ACT>750秒

1.1.2 体外循环管道的检查

- 观察动静脉管路的预充情况，是否存在气栓，一旦动脉管路见到气体，必须立即排净；静脉管路少量气体转流开始后可引入储血器，可不处理，若大量气体则需排除
- 注意各泵管的正确方向和位置，特别是主泵和左心吸引泵
- 检查不同型号管道的流量校正情况以及泵管的压紧程度
- 检查管路的连接是否紧密，高压部位要用扎带固定；微栓过滤器有无渗漏；预充血液应注意预充液有无凝血现象

1.1.3电源的检查

- 确保各电源接头牢固，开启开关后各指示灯显示正常，不报警；离心泵应观察其内部电池组的充电状态；一定要备好紧急摇把，以防停电

1.1.4气源的检查 and 氧合器的观察

- 气体混合器持续报警或气压不平衡时不报警均不正常
- 氧合器如为鼓泡肺，观察其发泡祛泡情况；如为膜肺，要使出气口开放，且不可过早通气，防止中空纤维微孔上形成结晶；转流前均应关闭所有侧路

1.1.5 泵的检查

- 滚压泵需了解其工作状态，运转方向
- 离心泵在泵后动脉管路上一定要夹钳子防止血液倒流

1.1.6 变温水箱的检查

- 变温水管和氧合器变温管正确连接后，启动水泵，检查有无漏水及其工作状态
- 自动制冷的水箱根据手术需要将温度设置在一定范围

1.2体外循环初期的管理

1.2.1体外循环初期（前并行）

- **概 念：**指心肺转流开始到冠脉循环阻断前这一时间
- **特 点：**此时心脏继续作功，由患者心肺和人工心肺机共同维持循环，是实现患者呼吸循环完全由人工心肺机支持的过渡阶段。
- **过 程：**与外科医生核对管道后，转流即可开始，先缓慢启动动脉泵，观察泵压，再逐渐松静脉钳，据动静脉压、储血器内液面情况及心脏充盈度，调整合适的流量，维持出入量平衡。如无异常，开始血液降温，之后阻断上下腔静脉和升主动脉。阻断升主动脉时降低灌注流量，使心脏在低负荷状态下停搏，进入完全心肺转流
- **要 点：**这一过程尽量维持血流动力学稳定，使之平稳过渡

1.2.2 麻醉



麻醉医生观察患者头面部循环状况，通常由于无血预充液的输入，会出现一过性肤色苍白，但很快可恢复。当血压及混合静脉血氧饱和度稳定后，停止吸入麻醉和肺通气，中止静脉输液和转流前应用的所有血管活性药

1.2.3动脉插管的有关问题

灌注流量与插管半径的4次方成正比，插管不宜过细

动脉插管顶端插在主动脉内膜和中层之间

*临床表现：泵压骤然升高，主动脉根部膨胀，色泽发蓝，低血压

*处理：转前先试输少量液体，观察泵压及插管部位

持续性面色苍白提示插管方向不当导致返流或大部分血流灌入主动脉某一分支

阻断冠状动脉循环应降低灌注流量，减少主动脉张力

1.2.4 静脉插管的有关问题

体外循环中静脉压应为零或负值，一般静脉插管口径应保证能充分引流中心静脉血，阻断时应注意中心静脉压

上腔静脉插管过深，会影响左侧上肢和脑部静脉回流，下腔静脉插管超过肝静脉可造成腹腔脏器静脉回流受阻。

静脉回流不良的后果：

- * 静脉血回流受阻使静脉压增高：
 - ☆毛细血管内液体向组织间隙转移，出现组织水肿
 - ☆单根房管引流时，右房压升高可引起冠状静脉窦的逆行灌注，不利心肌保护
- * 储血器内液面下降，影响灌注流量，间接造成过度稀释
- * 外周阻力随静脉压升高而增加，会致血流动力学不稳定
- * 静脉回流不良时循环血量减少，变温效率低



腔静脉引流不畅的原因：

- ☆ 插管或接头口径应能保证充分引流
- ☆ 调整阻断带的松紧度和插管位置、深度
- ☆ 右房与氧合器腔静脉入血口落差40厘米较好
- ☆ 腔静脉进气
- ☆ 血管扩张血容量不足时静脉压可不高
- ☆ 氧合器滤网堵塞非常罕见

1.2.5氧合状况

体外循环开始时应严密监测氧合器的氧合性能。如为氧合器质量问题，一般此阶段即出现氧合不佳。

氧合不良的确认：

- * 首先要排除气源和气体通路的错误，保证气流畅通
- * 若应用合适型号的氧合器，且气血比值已达该氧合器的高限而氧合仍不满意，确认为氧合器质量不良，需及时更换。

氧合不良的处理：

- * 如心脏跳动，停止降温，逐渐还血停机，及时处理
- * 如心脏已停跳，病情较重，则迅速降温更换氧合器
- * 对脑缺氧者采取大剂量皮质激素、脱水利尿、头部冰帽等脑保护措施

1.2.6 平均动脉压



体外循环开始后往往出现不同程度的一过性低血压，低血压状态持续超过5分钟不回升，成人低于50mmHg，小儿低于30mmHg，需给缩血管药物。



一般选用 α 受体兴奋剂，小量多次加入，观察血压变化，出现上升趋势，则不再追加。临床常用麻黄素30mg稀释至5ml每次5-6mg，间羟胺1mg或苯肾2mg稀释至20ml每次1ml



体外循环初期动脉压过高者，调节出入量平衡后无改善者多为麻醉深度不足，需加深麻醉或肌松

1.2.7 中心静脉压

CVP应为零或负值，体现上腔静脉引流

上下腔静脉插管CVP可监测上腔静脉压，无法监测下腔静脉压。CVP正常表示上腔静脉引流通畅，否则需寻找原因予以纠正。

1.2.8 温度控制

- 成人 30°C 以下，小儿 28°C 以下，往往导致室颤
- 降温阶段混合静脉氧饱和度较高
- 降温速度不宜过快，避免水温过低，缩小机体温差，实现降温均匀。
- 一些手术体外循环初期需长时间维持心脏跳动，应保持灌注血液的温度。

1.3体外循环中期的管理

1.3.1流量

- 判断流量适宜的标准：
 - ☆pH值正常，
 - ☆尿量充足
 - ☆混合静脉血氧饱和度大于60%
- 常温：
 - ☆成人流量维持 $2.2\sim 2.8\text{L}/\text{m}^2/\text{min}$
 - ☆婴幼儿维持 $2.6\sim 3.2\text{L}/\text{m}^2/\text{min}$ 或 $100\sim 150\text{ml}/\text{kg}$
- 中浅低温：
 - ☆成人 $1.6\sim 2.2\text{L}/\text{m}^2/\text{min}$
 - ☆婴幼儿 $2.0\sim 2.4\text{L}/\text{m}^2/\text{min}$
- 鼻咽温 20°C ☆ $1.2\text{L}/\text{m}^2/\text{min}$
- 流量过高的缺点：
 - ☆心内回血增多
 - ☆脏器出血水肿（如脑水肿）
- CPB中调整适宜的血管张力对确保组织合适的灌注十分重要

1.3.2 动静脉压

平均动脉压:

中浅低温体合适的平均动脉压:

- ☆成人应大于50mmHg
- ☆婴幼儿大于30mmHg
- ☆高血压、冠心病、糖尿病及高龄患者大于60mmHg

低血压的原因:

- ☆血液大量引流至体外，体循环平均压不能维持
- ☆血液降温，血管张力降低
- ☆血液稀释，内源性血管活性物质、血液粘滞度下降
- ☆平流灌注，动脉压难以维持
- ☆灌注流量不足
- ☆药物作用，麻醉药或降压药过量

低血压的危害: 组织得不到充分灌注造成缺血缺氧性损伤

低血压的纠正: 提高流量，适当控制静脉回流，应用药物提高外周血管阻力。深低温低流量时，只要SvO₂大于60%，短时间的低血压可不处理

■ 高血压原因：

- ☆麻醉变浅，吸入麻醉药挥发，静脉麻醉药被异物吸附
- ☆交感神经兴奋，儿茶酚胺分泌增加；血管加压素增加
- ☆流量过高
- ☆低温使血液黏滞度上升

■ 高血压所致危害：

- ☆微血管收缩使组织灌注不足，发生缺血缺氧酸中毒
- ☆血管紧张度增加，心脏后负荷增加
- ☆大量液体滞留体外，机体容量不足
- ☆心率加快，心脏做功增加，氧耗增加

■ 高血压的处理：

- ☆首先应加深麻醉
- ☆血管扩张剂（硝普钠1~5ug/min静滴，硝酸甘油静注）
- ☆适当降低流量，但SvO₂一定要高于60%。

1.3.3 温度控制

降温:

- ☆ 降低代谢，减少氧耗，减少血液破坏，提供无血术野
- ☆ 鼻咽温度间接反应大脑温度，变化迅速；直肠温度反应腹腔脏器温度，变化缓慢
- ☆ 降温水温应大于 4°C ，婴幼儿水温应在 15°C 左右，控制降温速度，减少组织温差

复温:

- ☆ 复温时监测 SvO_2 变化，如 SvO_2 下降很快、小于50%，需控制复温速度或进一步提高流量
- ☆ 复温变温器水温与血温差值应小于 10°C ，水温最大不超过 42°C
- ☆ 升主动脉开放前鼻咽温应达 30°C ，但最好不超过 34°C
- ☆ 复温过早不利心脏局部低温维持，过晚延长转流时间
- ☆ 复温时麻醉不要太浅，否则外周血管收缩，延长复温时间

1.3.4 抗凝

- 首次体内肝素剂量为300—400IU/kg，静注肝素5—10分钟后抽血标本测ACT，大于480秒方可转机，不足时按全量的1/3-1/2追加肝素。
- 如果肝素用量达常规的2—3倍，ACT仍达不到480秒，应考虑肝素不敏感、过敏或耐药：
 - ☆ AT—III缺乏所致的肝素不敏感追加肝素后，部分ACT能达到480秒；仍不能充分抗凝者需补充新鲜血浆或用其它的抗凝药
 - ☆ 肝素过敏或耐药者，可采用其它类型的肝素抗凝。
 - ☆ 酸性环境肝素效价低，坏死组织、血小板可产生抗肝素物质
 - ☆ 肝素主要经肝脏灭活，由肾脏排出，肝肾功能不良者慎用
 - ☆ 粘液瘤、感染患者网状内皮系统吞噬功能增强，肝素灭活快
 - ☆ 肝素在低温下代谢慢，复温后灭活加快
 - ☆ 肝素可经超滤和肾脏排出

1.3.5 心肌保护

- 停搏液的作用：
 - * 使心脏在舒张期迅速完全停跳
 - * 最大限度降低耗氧量
 - * 提供有利心肌保护的成分
- 停搏液分类：
 - * 晶体停搏液
 - * 稀释血停搏液
- 停搏液灌注方法：
 - * 升主动脉根部灌注
 - * 冠状动脉直接灌注
 - * 冠状静脉逆行灌注
 - * 经血管桥灌注
 - * 持续温血顺行及逆行灌注

心肌保护

- 降低心肌温度减少氧耗，增加缺血耐受性，心脏降温至15°C心肌保护效果最佳
- 预防缺血再灌注损伤，尽量缩短阻断时间，复跳之前维持较低的钙浓度(钙超载)
- 开放升主动脉前，调整血气电解质在正常范围
- 并行阶段维持充分的冠状动脉灌注，复苏后控制好辅助循环，使心脏充分的休息和偿还氧债，并逐渐恢复功能
- 做好左心减压和引流，防止心脏过胀。

1.3.6 心内回血

- 心内吸引作用：减压、排气及提供无血术野
- 回血过多的缺点：影响手术操作，还加重了血液破坏
- 回血过多的处理：
 - *侧枝循环丰富：低温、低流量、静态膨肺处理
 - *主动脉阻断不全：需重新阻断
 - *腔静脉阻断不全：重新阻断腔静脉
 - *动脉导管未闭：及时闭合PDA
 - *左上腔静脉：间断阻断\插管引流\仅加大心内吸引
 - *主动脉瓣关闭不全：切开主动脉直视下经冠状动脉窦直接灌注

1.3.7 血气及生化指标的监测

- 电解质：
 - *体外循环中钙离子浓度维持在0.6-1.0mmol/L
 - *高钾：钙剂、碳酸氢钠、超滤、胰岛素
 - *低钾：补钾要少量多次给予
- SvO₂：正常应大于65%
 - *降温时动静脉短路开放，SvO₂往往较高
 - *复温代谢率上升，毛细血管床开放，SvO₂下降
- Hct体外循环中HCT一般维持在20~25%
- 尿量体外循环中尿量应大于2ml/kg.h

1.4体外循环后期的管理

体外循环后期:指升主动脉开放心脏复跳至停机这一段时间。

体外循环后期特点:是心脏辅助阶段,需为人工心肺机支持循环和呼吸,过渡到患者自身心肺支持循环和呼吸,进行系统全面的准备

1.4.1心脏

■ 心律失常：开升主后，如出现室颤，常以10~40焦耳，非同步电击除颤使心脏转复为窦性心律，顽固室性心律失常要注意纠正原因

■ 心律失常的原因：

- * 低温促使心室纤颤
- * 血钾大于5.5mEq/l，ECG示T波高尖，
- * 冠脉问题：
 - ☆存在明显气栓
 - ☆冠脉梗阻或严重狭窄
 - ☆不慎切断或缝合冠脉
- * 氧合不佳使冠脉血液供氧不足
- * 动脉压过低冠脉流量不足
- * 换瓣者要检查瓣膜有否装反情况
- * III度房室传导阻滞
- * 大量心得安、异搏定等药物抑制心脏电活动

心率:

- * 适度的心率有助于心输出量达到最大值，一般成人心率维持75~95bpm最佳，小儿心率较成人快
- * 心动过缓可用起搏方式控制，也使用阿托品或 β 受体激动剂提高心率
- * 停机前心动过速应注意查明原因，对因处理

后负荷:

- * 全身血管阻力(SVR)是后负荷的决定因素。
- * CPB后期降低SVR有助于心脏恢复其泵功能

心肌收缩力:

- * 体外循环后心肌收缩力过低的危险因素:
 - ☆ 术前心功能较差，如低EF、高LVEDP者、高龄患者
 - ☆ 体外循环时间和阻断时间长
 - ☆ 心肌保护不良等。

停机前需以多巴胺、多巴酚丁胺、肾上腺素类药物支持，还可应用磷酸二酯酶抑制剂类药物

————→ ECMO

前负荷:

- * 体外循环结束时的心室充盈压需参考转流前的数值
- * 存在肺动脉高压、严重左心功能不全者需置左房管测压，据左房压调整最适前负荷。
- * 停机前经食道超声可提供准确的容量数据、心室收缩幅度和排气情况

1.4.2 肺

- 保证气道通畅，一旦心脏复跳，恢复肺的呼吸功能
- 先直视下手捏气囊膨肺，之后启动麻醉机，提供适宜的潮气量和氧供
- 观察有无局部肺不张，检查两侧胸腔有无液体或张力性气胸
- 如气道阻力大，肺顺应性降低，术后可能出现氧合或通气障碍 → **ECMO**
- 脉搏及静脉血氧饱和度监测可反映肺的换气功能和机体代谢情况，呼出气CO₂分压可体现CO₂排出状况

2.4.3其它方面

- 鼻咽温 37°C ，直肠温 34°C 以上，室温温暖
- 血气、酸碱、电解质处于正常范围，HCT20—25%以上，静脉血氧饱和度稳定
- 维持适宜的麻醉和肌松，检查术野出血情况
- 停机前储血器内的血容量可判断停机后有多少容量用于充盈心肺，达到最适前负荷
- 据 SvO_2 可推测外周组织灌注情况，停机前大于60%说明氧供充分，小于50%提示氧供不佳
- 辅助时间大于阻断时间 $1/4$ 以上方可停机



2.体外循环后的处理

2.1 停静脉引流前后的管理

2.1.1 停静脉引流前必须具备的条件

- ❏ 心电图基本正常
- ❏ 心脏充盈适度，中心静脉压 $5\sim 15\text{cmH}_2\text{O}$
- ❏ 心肌收缩有力，平均动脉压 $60\sim 80\text{mmHg}$
- ❏ 鼻咽温 $37\sim 38^\circ\text{C}$ ，肛温 $35\sim 36^\circ\text{C}$ ，末梢温暖
- ❏ 血色素 8g/dl 左右，红细胞压积在24%以上
- ❏ 心脏复跳以后并行相当于阻断循环时间的 $1/4$
- ❏ 血气、电解质检查无明显异常
- ❏ 外科畸形矫正满意

2.1.2 停静脉引流前的操作



体外循环下心内手术步骤操作完毕时，开放腔静脉阻断带后完全心肺转流即告结束，心脏自动或经除颤复跳，患者就处于部分转流中，血液以正常方式流经心脏和肺循环



停机时先部分控制静脉回流，使心脏充盈度满意，接着降低动脉泵流量，最好在监测CVP、LAP下进行，同时注意心脏外观、SvO₂变化趋势、动脉压情况，还血至维持满意的血流动力学指标。当流量降于全流量的25%以下时，血流动力学指标稳定，可完全阻断静脉引流，同时停止动脉泵停机

2.1.3 停机操作要点

- 调整最佳心律和心率
- 部分控制静脉回流，充盈心脏
- 适当降低流量，让心脏做功，观察动脉压
- 动脉压上升：
 - * 完全阻断静脉回流
 - * 根据心脏充盈将体外血液回输
- 动脉压下降：
 - * 维持部分转流
 - * 仔细调节心室容量
 - * 适度使用缩血管药和正性肌力药
 - * 根据心脏充盈度和血压调整流量和药量
 - * 停体外循环

2.1.4 估计心脏的泵功能

流量减少至50%左右时，通常可估计出心脏的泵功能

泵功能佳：

- * 动脉压易维持
- * 充盈压较低
- * 左右室射血有力

泵衰竭：

- * 停机后动脉压下降
- * 中心静脉压（左房压）上升
- * 心脏胀满，射血少或无力

低血容量：

当流量减少时血压下降，中心静脉压低，可向体内补足血容量（2~4ml/kg），如血压回升，可根据心房压或心脏充盈的情况继续输入血液

2.1.5 防止心脏过度膨胀

- 复跳初期如前后负荷过重，势必使心肌纤维过度拉长，能量消耗增加，不利于心肌恢复
- 对于术前心功能较差或有主动脉反流的病例，应放置左心吸引管，以防止术中心脏过度膨胀

2.1.6 防止灌注压过高或过低

- ✚ 当心脏复跳以后，要注意保持一个稳定的MAP
- ✚ 过低的灌注压会导致心肌特别是心内膜下灌注不良，尤其对心肌肥厚者，术后心肌必然有程度不同的水肿
- ✚ MAP过高，增加心脏后负荷，增加氧耗，不利于心肌氧债的偿还

2.1.7 鱼精蛋白中和肝素注意事项

- 鱼精蛋白可中和肝素，但可扩张周围血管，引起血压下降
- 预防鱼精蛋白引起的低血压的措施：
 - * 静脉注入速度勿大于0.5mg/kg/min
 - * 鱼精蛋白从左房注入
 - * 鱼精蛋白与氯化钙或葡萄糖酸钙同时注入
 - * 成人可先拔静脉插管而暂时保留升主动脉插管，在注射鱼精蛋白同时小量缓慢主动脉端输血
- 鱼精蛋白中和肝素时应停用右心吸引

2.1.8 机器余血的回收

- 体外循环时间较短，血液质量较好可将机器余血都回收
- 余血较多，血色素较低，可以细胞分离机或超滤
- 输100ml余血，给3~5mg鱼精蛋白，最多可给10mg鱼精蛋白



谢谢