

# 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery

## 2019 EACTS/EACTA/EBCP 成人心脏外科体外循环指南--第三部分

编者按：2019年欧洲心胸麻醉协会/欧洲心胸外科协会/欧洲心血管灌注委员会（EACTS/EACTA/EBCP）共同发布成人心脏外科体外循环指南，中国生物医学工程学会体外循环分会组织部分青年委员进行了指南的翻译，分享给大家，以指导临床实践。鉴于文章篇幅较长，我们按照以下指南目录分为三部分、分别刊出。

指南翻译人员：杜中涛，李建朝，袁海云，刘凯，李旭，赵宇东，易秋月，吴俊  
文字校订人员：郝星，沈佳，李平，周荣华

指南原文链接

### 指南目录

第一部分	第二部分	第三部分
1、方法总结	6、体外循环准备	7.12 麻醉和药物治疗
2、引言	6.1 检查表	7.13 心脏停搏液
3、培训、教育、服务提供	6.2 术前评估	7.14 肺保护
4、心肺机硬件设备	7、体外循环流程	7.15 无创脑监测
4.1 带泵和支架的控制台	7.1 体外环路	7.16 吸引血的管理
4.2 监测	7.2 二氧化碳冲洗	7.17 微创外科
4.3 安全特征	7.3 预充	7.18 CPB 紧急建立与重建
4.4 气体供应和挥发性麻醉剂	7.4 抗凝管理	8、体外循环脱机流程
4.5 变温单元（水箱）	7.5 酸碱稳态电解质管理	8.1 后并行时间
4.6 数据管理系统和质量改进	7.6 平均动脉压管理	8.2 停机检查表
5、体外循环耗材	7.7 流量管理	8.3 血流动力学监测
5.1 插管	7.8 搏动和平流灌注	8.4 正性肌力药物

5.2 排气和吸引装置	7.9 目标导向血流动力学管理	8.5 止血管理
5.3 储血器	7.10 辅助引流	8.6 机械循环辅助
5.4 氧合器	7.11 输血策略	8.7 剩余机血的管理
5.5 泵		
5.6 过滤器		
5.7 材料和表面处理		

## 7.12 麻醉与药物治疗

体外循环对麻醉药物的药代动力学和药效学有显著影响。原因包括转流初期的血液稀释和血浆蛋白浓度降低、低温引起的药物清除改变及肺阻断期间的药物隔离。这些变化需要心脏手术麻醉医生在镇静和麻醉深度、镇痛和神经肌肉阻滞等方面具有专业知识。同时，麻醉过程中应考虑的其他因素包括皮质类固醇的应用和血糖控制，这将在本章末尾进行讨论。此外，血管活性药物、凝血相关药物和血清电解质在其他章节中也有所讨论。

### 7.12.1 挥发性麻醉剂

随机对照试验表明，采用挥发性麻醉剂维持心脏手术和体外循环期间全身麻醉有可能增高术后并发症发生率和死亡率。然而，最近一项来自 36 个大型国际多中心的随机对照试验（纳入 5400 例接受择期冠状动脉搭桥手术患者）显示，与全静脉麻醉相比，应用挥发性麻醉药物并未降低 1 年内的全因死亡率（2.8% vs. 3.0%； $P=0.71$ ）。针对挥发性麻醉剂保护作用的缺乏，该研究的讨论包括以下方面：该试验所纳入患者的缺血再灌注损伤风险相对较低，且在挥发性麻醉剂组中联合应用了丙泊酚。

在体外循环过程中的大部分阶段，血液稀释和低温产生的作用是相互抵消的。低温增加了血液/气体分配系数，而血液稀释则降低了血液/气体分配系数。然而在复温过程中，温度升高的速度较 HCT 更快，导致血液/气体分配系数降低，进而增加了麻醉深度且加快了麻醉速度。复温所引起的血液/气体分配系数降低和麻醉剂吸入加快作用将在体外

循环结束时消失。

值得注意的是，先前所描述的低温和 HCT 分别是指温度降低至 30℃ 左右和增加 2L 或更大的预充量。由于目前体外循环技术采用更小的预充量和浅低温甚至是常温，因此，这些因素产生的影响不会非常显著。

应用基于脑电图的双频谱指数（BIS）监护仪和听觉诱发反应来监测麻醉深度，其结果表明挥发性麻醉剂的需求量与体温有关，全身低温时需求量较低，复温时需求量较高。然而，在体外循环期间使用基于脑电图的双谱指数（BIS）监护仪来监测麻醉深度可能存在局限性，因为麻醉和低温患者的爆发和抑制脑电图模式可能与高 BIS 值（清醒）相关，并且在 32℃ 以下时 BIS 值有很高的可变性。有证据表明温度每降低 1 度，BIS 值会降低 1.2 个单位。

挥发性麻醉剂可以通过传统常用的微孔聚丙烯中空纤维膜氧合器。在体外循环期间，应监测氧合器排气管中挥发性麻醉剂的浓度。尽管存在争议，有证据表明其浓度与动脉浓度密切相关。在体外循环过程中，异氟醚和七氟醚可通过扩张血管引起低血压。当延长体外循环时间时，这种作用可能会增加血管舒张的程度。

一氧化二氮高度不溶于血液，将会增大血液中的气泡。因此，在 CPB 前后应用一氧化二氮可能会加重气体栓塞而对神经系统产生潜在的不利影响。体外循环建立后应用一氧化二氮不仅能降低动脉压、心率、每搏输出量和心输出量，其心血管效应还包括诱导局部室壁运动异常和可能的舒张功能障碍。

### **7.12.2 CPB 期间静脉麻醉剂和阿片类药物**

全静脉麻醉广泛用于维持心脏病患者的全身麻醉，特别是在欧洲。体外循环期间，由于血液稀释，静脉麻醉剂的总浓度将会降低。但是，丙泊酚和阿片类药物具有高度的蛋白结合性，因此随着血液稀释导致的蛋白质（如白蛋白）浓度降低，未结合及游离部分麻醉剂的药效学活性将会增加，反而抵消血液稀释引起药物浓度降低所产生的作用。

此外在体外循环期间，低温、微循环血流减少和脏器灌注减少会影

响肝代谢和肾清除，从而延长麻醉剂的清除半衰期，进而导致丙泊酚和阿片类药物的血药浓度小幅上升。

基于对瑞芬太尼的温度依赖性霍夫曼清除，体外循环建立后，体温每降低 5 度，瑞芬太尼输注量可减少约 30%。如果患者体温被降至 27 度，在体外循环建立后可立即减少药物用量；如果患者体温被降至到 32 度，则在体外循环建立 20 分钟后减少药物用量，因为通过霍夫曼清除引起的代谢降低需要大约 20 到 30 分钟来抵消血液稀释引起药物浓度降低所产生的作用。在肺阻断期间，芬太尼和舒芬太尼等阿片类药物在肺中隔离，导致这些药物在体外循环期间的血浆浓度水平有所升高。与挥发性麻醉剂相似，在体外循环过程中，异丙酚可通过血管舒张引起低血压。

### 7.12.3 神经肌肉阻滞剂

历史上，泮库溴铵因其迷走神经作用而被用作心脏麻醉中的神经肌肉阻滞剂，从而降低了诱导期间心动过缓的发生率。

最近英国的第五次国家审计项目评估了术中觉醒（AAGA），证实了 AAGA 在心脏麻醉中的高风险。它还证实了 AAGA 与神经肌肉阻断剂的使用有关，特别是在心脏手术麻醉中；这一发现将支持使用短效神经肌肉阻断剂。此外，心脏手术后的绿色通道和患者快速恢复方案也将支持仅在麻醉诱导期使用短效神经肌肉阻断剂。

在英国第六次国家审计项目中，90%的患者使用了阿曲库铵和罗库溴铵，该项目报告了麻醉和手术期间危及生命的过敏反应发生率。阿曲库铵的过敏反应发生率为 4.2/10 万次。如果阿曲库铵的过敏反应风险等于 1，则罗库溴铵的过敏反应风险为 1.42，而咪唑安定的过敏反应风险为 0.78。

### 7.12.4 皮质类固醇

两项多中心随机对照试验评估术中使用大剂量皮质类固醇是否能改善预后。心脏手术用地塞米松试验（DECS）将 4494 名患者随机分为

两组：试验组患者术中单剂量应用地塞米松 1 mg/kg。主要结果的发生率，包括术后死亡、心脏、肾脏、呼吸系统或神经系统不良事件，结果显示试验组的事件发生率较低（7% vs. 8.5%），但无统计学意义（ $P=0.07$ ）。

最新的心脏手术应用类固醇试验（SIRS）将 7507 名患者随机分为两组，试验组术中使用 500 毫克甲基强的松龙。结果也无统计学意义，术后 30 天时的死亡率并未降低（4% vs. 5%），死亡率和主要并发症发病率也没有差异（两组发病率均为 24%）。

因此，基于这两个大型的随机对照试验，我们可以得出结论，术中常规使用皮质类固醇不会影响术后死亡率或并发症发生率。最近的一项包括 56 个随机对照试验和 16013 名患者在内的系统回顾和荟萃分析表明，术中使用皮质类固醇对死亡率的影响尚不明确。此外，围术期使用皮质类固醇可增加心肌损伤的风险，但同时也降低新发房颤的风险。目前一个正在进行的大型随机对照试验显示：若患者年龄小于 75 岁，在心脏手术中使用皮质类固醇可能会有获益。在第 7.15 节中对围术期使用地塞米松可能对肺部的获益进行了讨论。

### 7.12.5 血糖控制

在体外循环期间，患者高血糖的发生率很高，原因是：①心脏手术患者中糖尿病的高发生率；②手术和体外循环相关的炎症和应激；③使用正性肌力药物。对于术中血糖的控制程度，存在一定争议。严格控制血糖水平可能会降低死亡率，减少不良事件发生，包括房颤、心外膜起搏需求、较短的机械通气和在 ICU 停留时间。然而，严格控制血糖水平可能导致低血糖，这与发病率及死亡率增加有关。严格控制血糖的获益是否大于低血糖的风险，目前尚不清楚，最近，有人建议糖尿病患者可以采用更宽松的血糖控制策略，如血糖水平可达 10mmol/L，而对没有糖尿病的患者控制血糖水平 $<7.8$ mmol/L，可能是有益的。

#### 麻醉和药理学管理的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
------	------	------

体外循环时应考虑使用挥发性麻醉剂	IIa	B
体外循环期间，氧合器排气处的挥发性麻醉剂浓度应至少与体外循环之前的浓度相同（如果选择挥发性麻醉剂用作唯一的麻醉剂），但在复温期间，应增加挥发性麻醉剂浓度	IIa	C
在体外循环过程中，应监测氧合器排气口挥发性麻醉剂的浓度	IIa	B
除瑞芬太尼外，体外循环期间静脉麻醉剂和阿片类药物的维持剂量应至少与体外循环前相同	IIa	B
体外循环开始 20~30min 后，当温度降至 32℃时，瑞芬太尼剂量应减少 30%，当温度低于 27℃时需要立即减量 60%	IIb	B
心脏麻醉时应考虑应用短效肌松剂	IIa	B
心脏手术期间不推荐常规预防性应用糖皮质激素	III	A
在体外循环期间可考虑严格控制血糖	IIb	B

### 7.13 心脏停搏液

心脏停搏液技术的主要目标是在体外循环期间保护心肌功能免受缺血性损伤，以及提供安静无血的手术野。诱导心脏停搏的标准技术包括通过晶体或血液载体溶液向心肌灌注高浓度的 8-20 mEq/L 钾，导致心肌钠通道快速失活，从而诱导去极化停搏。心脏停搏液的成分差异很大，但通常分为两类：纯晶体或血液-晶体混合物。纯晶体溶液可以是细胞内液型或细胞外液型，而常规含血液停搏液是晶体液和血液的混合物，通常是 4 份血液与 1 份晶体液的比例（4:1）。此外，含血停搏液包括 del Nido 停搏液[其中包含 1 份血液与 4 份晶体液（1:4），并添加利多卡因以延长超极化时间]和极微停搏液[以至少 66 份血液与 1 份晶体液的比例提供最小晶体溶液的停搏液（66:1）或者完全不含晶体液]。

#### 研究证据

通过比较心肌酶的释放和代谢反应，一些实验研究支持血液停搏液优于晶体停搏液。但在纳入 1140 名 CABG 手术患者和 345 名主动脉瓣置换术患者的两组随机临床试验中，晶体或含血停搏液在临床结局上没有统计学差异。此外，对包含 5044 例病例的 34 个关于心脏停搏液与晶

体液比较的随机对照试验进行系统回顾和荟萃分析，发现两组患者围术期心肌梗死和死亡的发生率没有差异；然而，另有报道，再灌注含血液停搏液后，低心排综合征（LCOS）的发生率明显降低。最近对 36 个 RCT 的荟萃分析显示，在院内死亡（RR 0.96, 95%CI 0.60-1.51; P=0.83）或围术期心肌梗死（RR 0.79, 95%CI 0.55-1.12; P=0.12）方面的结果相似。但在纳入最新研究后，LCOS 发生率方面的差异却消失（RR 0.69, 95%CI 0.48-1.04; P=0.072）。

虽然晶体停搏液和含血停搏液的结果差异已经被广泛研究，但大多数研究没有报告出血并发症的风险和输血率。在一项包括 100 名患者的随机对照试验中，晶体停搏液与含血停搏液相比较，术中血液稀释度显著升高、失血量及输血量均增多。此外，在最近出版的 2017 年 EACTS/EACTA 患者血液管理指南中，限制血液稀释的程度被认为是减少出血和围术期输血需求的血液保护策略的重要组成部分（IB 类建议）。因此，由于晶体液含量有限，血液心脏停搏液的使用应被视为贫血、低血白蛋白和慢性肾病患者或接受复杂手术患者的首选策略，以减少血液稀释和随后并发症风险，包括急性肾损伤、出血和围术期输血需要。

最常用的心脏停搏液灌注模式是顺行灌注，在 60-100mmHg 的压力下直接于主动脉根部阻断，或在压力监测的前提下直接在冠状动脉开口处进行灌注。逆行灌注是通过直接将导管插入冠状静脉窦来实施的，使用 200-400 毫升/分钟的流量，使冠状静脉窦压力维持在 30-50mmHg 之间。为了防止冠状静脉系统损伤，应避免较高的灌注压力。逆行灌注心脏停跳速度通常比顺行灌注慢，通常是 2-4 分钟而不是 30-60 秒，但应注意的是，实验结果提示在逆行心脏停搏期间，右心室微血管灌注不足，因此，右心室的心肌保护可能不够。在更复杂的情况下，如阻断时间延长或严重冠状动脉疾病伴侧支血管发育不良或主动脉瓣不全时，可采用顺行加逆行灌注，以确保停跳液的充分灌注。

通常情况下，每隔 20-30 分钟灌注冷停跳液一次，以维持心脏停搏和低温；但是，对于主动脉阻断时间短的低风险病例，也可以使用单次停跳液灌注。通常使用细胞内晶体溶液或 del Nido 溶液的单次灌注方法，

可最大限度地减少心脏停搏液反复灌注导致的手术过程的中断，也有助于减少侵入性操作。尽管人们对这些方法的兴趣不断增加，但由于缺乏足够有力的随机对照试验证据来证明其优于常规方法，因此在高风险手术中常规使用这些方法的证据不足。最近包括 9 项临床观察研究和一项 RCT (n=1501) 的系统回顾和荟萃分析中显示，在成人心脏手术中，使用 del Nido 溶液并没有降低死亡率 (RD 0, 95% CI -0.01-0.01; P=0.53)，减少术后心肌酶释放量 (标准化平均差 -0.16, 95% CI 0.41-0.08; P=0.18) 或缩短住院时间 (标准化平均差 -0.10, 95% CI -0.26-0.05; P=0.18)。

温血或微温血停搏法是为急性心肌梗死患者研发的一种治疗方法，可增强缺血后数小时的收缩功能恢复。较不常用的方法是通过冠状静脉窦持续灌注温血或微温血停搏液。一项包括 41 项 RCT 及 5879 名患者的荟萃分析中，比较了院内死亡、住院时间、中风和房颤的发生率以及主动脉内球囊反搏的使用情况，在冷、温停搏组之间没有差异。然而，温心脏停搏液与术后心脏指数显著改善和心脏酶释放降低相关。在比较单纯冠状动脉搭桥术中接受微温/温或冷停搏液的患者的前瞻性研究中，校正后的围术期死亡率没有差异 (OR 1.45, 95% CI 0.95-2.22 P=0.09)；冷血心脏停搏液组的心肌梗死的发生率是温血心脏停搏液组的 1.86 倍 (OR 1.86, 95% CI 1.36-2.53; P<0.001)；温或微温停搏液的缺点是停搏液分布不均或灌注中断可引起无氧代谢和热缺血损伤。因此，常温心脏停搏液必须连续、均匀地灌注，这就解释了其相对有限的应用程度。一项小的随机对照试验表明，通常在一个复杂手术结束时进行逆行灌注，使用温血再灌注 (“热休克”) 对治疗心肌代谢紊乱有一定的益处，但是这一策略需要进一步的验证。

#### 控制性缺血心脏停搏的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
建议实行以患者为中心的心肌保护策略，根据临床情况和操作复杂性进行选择，而不是使用固定的心脏停搏液	I	C
特定患者 (贫血、低体表面积、慢性肾病或复杂手术) 应考虑	IIb	B

使用含血停搏液，以减少血液稀释、出血及输血

---

## 7.14 肺保护

呼吸衰竭是心脏手术后常见的并发症，与术前有无呼吸功能障碍的患者相比，有呼吸功能障碍的患者术后呼吸衰竭发病率为 9%，死亡率增加了 6 倍。体外循环可激活炎性反应和氧化应激通路，导致肺缺血再灌注损伤。除体外循环外，呼吸衰竭的原因还包括胸骨正中切开术、乳内动脉剥离术、心肌保护局部降温和输注血制品。减少心脏手术相关肺损伤的术中策略包括体外循环改良超滤、体外循环期间持续气道正压通气和/或药物干预。

### 7.14.1 研究证据

#### 7.14.1.1 心肺功能改变

体外管路的生物相容性改善可以通过涂层来模拟内皮表面，涂层包括肝素、聚 2-甲氧基乙基丙烯酸酯、合成蛋白和磷酸胆碱。一项包含 78 例接受冠状动脉搭桥术患者的单中心 RCT 研究将生物相容性涂层管路和未涂层管路进行了比较，并证明生物相容性涂层导致较少的炎症反应和氧化应激。一项对 36 个试验中的 4360 例患者进行荟萃分析发现，当生物相容性管路与未涂层管路进行比较时，术后肺功能障碍和机械通气时间没有差异。然而，当使用生物相容性循环管路时，在 ICU 的停留时间明显缩短。但是，应注意到不同生物相容性修饰的异质性，目前仅 78% 的试验使用肝素涂层。

#### 7.14.1.2 白细胞过滤

活化白细胞在炎症性肺损伤中起重要作用。一项包括 21 项研究 995 名患者的荟萃分析评估了系统性白细胞滤过对体外循环术后肺损伤的影响。结果显示，体外循环术后 12h 的氧合等短期肺功能指标有改善，但术后 24 小时氧合功能无明显改善，且术后机械通气时间也减少。然而，重症监护和医院住院时间没有改变。但 RCT 研究结果也有不同结

论。近期一项单中心 RCT 研究对 30 名在切开取白细胞抽吸中进行白细胞过滤的患者的炎症和肺功能，没有显示使用白细胞滤器能够改善肺功能的证据。另一项 RCT 研究对 60 例轻中度肺功能不全患者进行了全身和停跳液白细胞滤过。干预组术后通气时间较短，但肺炎、急性肺损伤等肺部并发症无明显差异。白细胞滤过对患者的中性粒细胞弹性蛋白酶水平增加有潜在的不良影响，而弹性蛋白酶水解蛋白质在炎症性肺组织损伤中起关键作用。

#### **7.14.1.3 改良超滤**

MUF 可以在体外循环结束时去除液体和低分子量物质。包含 573 名患者的随机对照试验对 MUF 进行了评估，发现 MUF 与术后发生呼吸衰竭患者的数量减少相关。最近一项包括 37 名患者的随机对照试验表明，术后 MUF 降低了气道阻力。然而，要明确 MUF 是否有利于长期的临床肺功能预后，需要大样本的前瞻性 RCT 进一步探究。

#### **7.14.1.4 肺动脉灌注**

两个单中心随机对照试验分别评估了 64 例和 30 例体外循环期间氧合血搏动性选择肺灌注。一方面，这项技术显示在支气管肺泡灌洗中减少中性粒细胞/淋巴细胞肺泡浸润，并在术后即刻改善肺的氧合和顺应性，从而减少肺组织炎症。然而，循环中细胞因子水平并未受影响，这项技术对长期临床肺转归结局的影响仍未确定。另一项近期的包括 59 例慢性阻塞性肺疾病患者的 RCT 研究显示体外循环中用冷静脉血(2℃)进行选择性的肺灌注，治疗组与对照组的通气时间和在 ICU 停留时间并无显著差异。

#### **7.14.1.5 微创体外循环**

MiECC 的特点见第 7.1 节。MiECC 包括低预充量、闭合的管路系统、离心泵和一个具生物相容性涂层系统，它不使用静脉贮液器。最近一项对 24 项研究，2770 名患者进行的系统回顾和荟萃分析，结果显示

MiECC 与术后机械通气时间缩短和 ICU 停留时间的缩短有关。然而，这项荟萃分析的不足之处是对不同的微创体外循环管路进行了评估，但缺乏有意义的长期随访结果。

#### **7.14.1.6 CPB 期间持续呼气末正压**

在一项包括 16 个研究 814 例患者的荟萃分析和半定量回顾中，比较了体外循环期间持续气道正压和通气是否能保护肺功能。结果表明，持续气道正压通气或肺活量锻炼可直接改善体外循环后的氧合状态。然而，氧合的改善并没有持续，临床结果也没有发生改变。此外，本次荟萃分析中随机对照试验的方法学质量评分较低。一个由 870 名患者组成的多中心 RCT 试图解决这个问题，患者随机接受下列治疗：无机械通气，呼气末持续正压通气或体外循环期间持续正呼气末压的低分钟通气量通气。主要终点是呼吸衰竭的发生率，直到从重症监护室出院。

### **7.14.2 药理学干预**

#### **7.14.2.1 高氧**

肺泡暴露于 100% 氧气中，可导致肺泡塌陷和氧自由基的产生，加重体外循环后缺血再灌注损伤。小样本 RCT 评估高氧对术后通气时间的影响，其结果却相互矛盾。有 1 个 RCT 研究中显示术中高氧导致通气时间延长，而其他研究则结论相左。在重症监护病房和医院中停留的时间不受影响。

#### **7.14.2.2 大剂量地塞米松**

在一个大型多中心随机对照试验中，4494 名患者随机接受大剂量地塞米松（1mg/kg）治疗，显示肺保护相关的次要结果变量有显著改善：延长通气时间（>24 小时）的发生率，地塞米松组为 3.4%，安慰剂组为 4.9%；地塞米松组术后肺炎发生率由 10.6% 降至 6%。然而，两组的主要结果，即 30 天内主要不良事件的发生率并无明显差异。

## CPB 术中肺保护的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
应考虑使用经过生物相容性处理的体外循环环路,其通过减轻炎症反应与氧化应激来发挥肺保护作用	IIa	B
改良超滤和选择性肺动脉灌注可改善术后肺功能	IIb	B
CPB 期间不建议使用白细胞滤器和高氧来保护肺脏	III	A
CPB 期间可维持一定的 PEEP, 作为肺保护措施	II a	B
CPB 期间可考虑维持一定的机械通气, 作为肺保护措施	IIb	B
对某些特定患者, 可考虑使用大剂量地塞米松来减轻肺损伤	IIb	B

### 7.15 无创脑监测

尽管体外循环和麻醉技术有了显著的进步,但神经系统并发症仍然令人担忧。心脏手术后的不良神经系统并发症增加患者死亡率、延长 ICU 和住院时间、占用额外的医疗资源。因此,选择一种最佳的监测工具来诊断早期神经系统功能的恶化,是改善手术效果的必要条件。

#### 7.15.1 研究证据

##### 7.15.1.1 近红外光谱 (NIRS)

多项研究表明,脑氧饱和度降低的程度和持续时间与术后早期神经系统功能障碍和心脏手术后住院时间延长有关。使用基于 NIRS 的算法来改善大脑氧供/氧耗比率以改善临床结果,目前正在进行广泛的研究。在一项具有里程碑意义的研究中,200 名接受体外循环冠脉搭桥术的患者被随机分为两组,一组接受 NIRS 的监测,另一组接受标准治疗。虽然在总体并发症发生率上没有差异,但在使用 NIRS 监测的患者中,重要器官并发症和死亡率显著降低。另外,其他研究结果也表明,NIRS 监测患者的神经认知功能明显改善。

然而,最近纳入高并发症风险患者的两项高质量研究、以及一篇系统回顾了来自 10 项随机对照研究的 1466 名患者的 META 分析,都显示使用 NIRS 监测没有临床益处。这些结果显然与之前发表的证据相矛盾。

### 7.15.1.2 麻醉深度监测

术中知晓虽然少见,但对术后患者的神经心理状态有负面影响。脑电图(EEG)广泛应用于术中,以降低术中知晓发生率;然而,目前还没有专门针对 CPB 中使用 EEG 的临床研究。在一项前瞻性研究中,2000 名手术患者(26.5%为心脏手术)被随机分为 BIS 监测指导麻醉(BIS: 40-60)或呼气末麻醉气体浓度监测指导麻醉(呼气末麻醉气体浓度, 0.7-1.3 MAC), 结果显示两组患者在术中知晓和吸入麻醉药用量上并没有差异, 每组只有 2 例患者出现术中知晓。随后的一项随机临床研究通过对 5713 名患者的分析,也证实了这些结果。根据 META 分析和系统回顾的结果,与使用临床体征作为麻醉深度的指导相比较,通过 BIS 监测指导麻醉可以降低高危术中知晓患者发生术中知晓的风险。BIS 监测与呼气末麻醉气体监测指导麻醉可提供相同的防治术中知晓的作用。

### 7.15.1.3 经颅多普勒

心脏手术 CPB 中使用经颅多普勒监测患者脑血流。但由于诸项缺点限制了该技术的广泛应用,比如:对特殊设备、专业技术专家的需求及对识别声窗的挑战,经颅多普勒在这里没有详细讨论。

#### 使用无创脑监测的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
可以考虑常规使用经处理的 EEG 监测来降低术中意识的发生率	II b	B
可以考虑使用近红外光谱技术来改善临床结果	II b	B

## 7.16 吸引血的管理

传统上,吸引血是指心脏术中通过心内吸引器吸回氧合器的血液,包括胸腔腔、心包及术野的血液。然而,随着时间的推移,人们发现吸引血被高度激活,可能与促进凝血酶生成、激活凝血/纤溶及炎性途径有关,并导致更多的输血。此外,吸引血直接回输,会增加回收血液中溶血和脂肪的水平,进而导致心脏术

后神经损伤、认知功能下降和肺损伤。与 CPB 全身循环的血液分开，单独收集处理吸引血，比如使用血细胞回收机处理，再回输给病人，有可能减少吸引血回输引起的血液激活。

## 研究证据

CPB 中自体血回输，无论是心内吸引的血液，还是通过离心的浓缩红细胞，都是血液保护的一部分。临床研究比较吸引血直接回输、丢弃、处理过的吸引血回输三种方式对出血量、输血量及神经系统损伤的影响，各研究的结果相互矛盾。有研究表明，处理过的吸引血回输或丢弃能减少凝血酶生成、血小板激活、炎症反应、神经功能损伤和出血；然而，也有与之相反的研究结果，认为处理过的吸引血回输或丢弃反而增加术后出血及输血，且并无对神经系统益处的临床证据。

体外实验检测到吸引血直接回输导致严重的溶血、凝血、炎症反应和神经功能损伤，其程度对临床结果的影响难以估计。基于已有研究结果，尽可能避免未处理的吸引血回输，这一观点是非常合理的；如果必须回输吸引血，最好先用血液回收机处理、然后过滤。

吸引血可以单独收集在膜肺的双室储血罐、输血袋或血液回收机的储血罐。吸引血的最佳处理方法取决于患者的出血量和一般情况(如 BSA、术前 HCT、Hb、血小板计数等)。例如，出血量较小则直接丢弃，中等量出血采用处理后再回输，大量出血时应该选择直接回输自体血，因为通过血液回收机处理会导致血浆的大量丢失、进而导致凝血功能受损。

至关重要的是手术中应该最大限度地减少失血。最好能尽快地将胸腔里的血液吸出，因为在血液循环之外的胸腔内停留时间越长，凝血系统激活就越严重。

有关吸引血管管理的研究结果很难阐述。一方面，多为小样本、单中心 RCT 研究；另一方面，研究质量参差不齐。此外，不幸的是到目前为止还没有相关的综述类文章发表。

### 吸引血管管理的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
应考虑丢弃吸引血	II a	B

应考虑对红细胞进行处理和二次过滤，以减少回输吸引血的有害影响 II a B

---

## 7.17 微创外科

许多心脏外科单元为选定的患者施行微创心脏手术，主要是瓣膜手术。这需要专门的体外循环技术、以使创伤最小化。通常采用腹股沟股动、静脉插管代替中心插管，这需要特殊的动、静脉插管，并且使用负压辅助静脉引流。此外，还应该调整心脏停跳液类型，CPB 迷你管路替代常规管路，具体参阅本文关于插管(第 5.1 节)和 CPB 管路(第 7.1 节)的专门章节。

### 研究证据

几个小规模临床研究评价微创心脏手术的临床结果，个别研究的结果被合并并在 META 分析中。大多数文献侧重于特定的手术，如二尖瓣手术或主动脉瓣手术。基于少量 RCT 和大量非随机临床研究，最近的一项关于微创二尖瓣手术的 META 分析和系统评价表明，微创在减少出血、房颤、胸骨伤口感染和 ICU 时间方面具有优势；然而，微创增加中风和血管损伤（如主动脉夹层）的风险，延长手术时间。

关于微创主动脉瓣置换术的 RCT 较多。一项使用贝叶斯网络方法(a Bayesian network method)对主动脉瓣置换术的 META 分析显示，常规手术和微创手术的临床结果相似，但微创的手术时间更长；然而，该 META 分析并没有关于外周血管插管并发症的描述。只有少量研究探讨微创心脏手术中不同的灌注策略，且没有一个是前瞻性随机的临床研究。在主动脉内球囊阻断与经胸主动脉阻断的比较中，两种技术无差异。

### 微创手术的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
在微创心脏手术技术的不同方面，灌注医师应该得到充分的培训和教育	II a	C

微创心脏瓣膜手术可减少失血和输血的需要	II b	B
微创心脏瓣膜手术可考虑在有经验的单位根据患者情况实施	II b	B

## 7.18 CPB 紧急建立与重建

灌注医师通常在紧急情况下工作。在挽救生命的紧急情况下，无论急诊 CPB、还是停机后的紧急再次转机，他们应该随时准备建立和重新建立 CPB。制定标准流程、并通过定期的模拟和/或团队模拟训练，能提高灌注医师处理这类紧急情况的能力。

### 研究证据

关于紧急情况下 CPB 的建立/重建，目前尚无研究证据，但有常识为基础。临床上常为急诊 CPB 提前连接好体外环路，可以是干备或湿备（已预充）。对于停机拔管后的紧急再次转机，要保持体外环路处于待用状态，直到完全关闭胸骨、才能将手术台上的无菌插管及管道部分递到台下。无论是急诊 CPB、还是停机拔管后的紧急再次转机，确保患者充分肝素抗凝、以及体外环路中加入一定量肝素都是至关重要的。国内指南有一些关于此类紧急转机的推荐，每家医院应该根据无菌原则和地方规范来考虑如何最佳地实施这些指南。回顾现有文献和各国协会相关文件，专家达成共识，湿备的体外管路可保存 72 小时、干备的体外管路可保存 30 天。

### CPB 紧急建立和重建的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
建议备一套 CPB 管路，可随时用于紧急情况	I	C
在停机后，建议继续保持体外循环待机状态，直到关胸结束	I	C

## 8. 体外循环脱机流程

CPB 停机是指从机械循环和呼吸支持过渡到患者自身心肺的独立功能。成

功的停机是指在没有 CPB 辅助下，患者自身有足够的循环、氧合和器官灌注。这是一个复杂的、多步骤的、跨学科的团队工作。因此，在停机期间，外科医生、麻醉医师、灌注医师和手术室工作人员之间必须进行适当计划和密切沟通，以便能快速反应、并充分解决任何可能出现的医疗或技术问题。

## 8.1 后并行时间

毋庸置疑，足够的后并行时间是 CPB 成功停机的必要前提。然而，有许多因素影响缺血后的心脏功能及其它脏器功能的恢复。尽管临床上的处理各不相同，但结果并无明显差异。至今，尚无明确关于最佳后并行时间的研究证据推荐。

## 8.2 停机检查表

CPB 停机是多学科的合作，所有团队成员之间的沟通至关重要。停机检查表可以构建这个过程、并保证安全。CPB 停机过程、结合停机检查表的使用，可以通过情景课程及模拟训练得到培训和验证。

### 研究证据

很难证明使用停机前检查表能改善患者预后。总的来说，最近研究表明，检查表可以避免重要环节遗漏，从而提高患者安全。目前还没有关于灌注医师使用停机检查表的相关研究，但可以借鉴麻醉的相关研究。一项比较麻醉住院医师在采用及不采用停机检查表的情况下，分别模拟 CPB 停机流程，结果显示停机检查表的使用显著提高了停机过程中 9 项指定任务中的 5 项的完成效果( $P < 0.01$ )。一些专家提出，采用不同方法制定的停机检查表会得到不同的临床效果，最具有影响的是文献<sup>326</sup>中的 4 项检查表和文献<sup>327</sup>的 7 项检查表。建议将这些检查表与团队培训和模拟训练相结合，提高手术室工作人员的关键技能、并充分发挥其潜力。也有提出采用几种生理参数标准指导 CPB 停机，并指出停机困难可引起血流动力学不稳定、器官损伤或功能障碍；不同的医生会都使用统一的生理参数标准。检查表中的项目是使用 Delphi 方法生成的。文献<sup>120</sup>中的停机检查表由 7 个心脏中心的专科麻醉医师制定，文献<sup>329</sup>中检查表由全美国 90 位麻醉医师制定而成。将模拟训练与互动式研讨会培训进行比较，结果显示高保真的模拟训练可以促使医生在 CPB 停机时有更好的表现、并提高对停机检查表的依从性。

综合这些不同的检查表，我们提出了一个心脏手术的 CPB 停机检查表(补充材料，附录 E)，不同的心脏中心可以按自身需要对此检查表进行适当的调整。建议在临床 CPB 停机过程之前使用检查表，以便团队能够关注重点环节，并且不会遗漏任何关键步骤。

#### 脱机检查表的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
建议在脱机前使用检查表，以提高团队绩效和患者安全	I	C

### 8.3 血流动力学监测

CPB 停机时的血流动力学监测装置除了采用心电图评估心率、心律和心肌缺血，还包括：肺动脉漂浮导管(PAC)、新一代的血流动力学微创监测仪(脉搏波形分析)和经食管超声心动图 (TEE)。它们有助于评估心脏功能，包括前负荷、后负荷和左右心室收缩力；以及评估外科手术的质量，和心内残余气体。

#### 8.3.1 研究证据

##### 8.3.1.1 肺动脉漂浮导管

尽管在 20 世纪 70 年代 PAC 被引入临床使用，其对心脏手术的益处和并发症之间的平衡还缺乏证据。优点是能对心输出量、肺动脉压和 SvO<sub>2</sub> 进行评估的，缺点是存在一些技术上的缺憾(如不可靠的数据或错误的解释)以及医源性并发症(如心律失常、肺栓塞或出血)。

最近美国一项为期 4 年的回顾性研究，观察了 76297 例无 PAC 和 40036 例使用 PAC 的心脏外科患者，结果显示 PAC 的使用并不增加术中心脏骤停的风险、也并不降低患者死亡率。一项美国的研究评估了 10 年中使用 PAC 的 2063337 例患者，通过倾向匹配亚组分析显示，当 PAC 用于 80 岁以上患者 (OR 1.24, 95% CI 1.03-1.50; P=0.024)及高危患者(OR 1.30, 95% CI 1.14-1.48; P<0.001) 时，死亡率更高。此外，PAC 患者机械通气时间延长和住院时间超过 30 天的发生率更高。一项样本量较小的单中心回顾性研究，通过分析 2414 例非体外循环下冠脉搭桥的低危患者，结果显示 PAC 的使用并不影响术中转为体外循环下搭桥、术

中 IABP 的使用、低心排综合征及住院期间死亡率。

总之，我们可以得出结论，没有迹象表明 PAC 需要作为常规监测。还需要进行 RCT、获得有意义的研究结果，以进一步评估 PAC 的潜在益处。

### 8.3.1.2 利用脉搏波形分析的微创血流动力学监测仪

目前有多种设备可以通过基于脉冲波形分析的算法来计算心输出量。在一项检验精确性的 Meta 分析中，与“实用的”金标准 PAC 相比，微创脉冲波形分析监测仪对心输出量评估的一致性很差，平均误差百分比为 41%，超出了公认的参考标准 30%或更低。此外，特别是在 CPB 停机过程中，可能存在血流动力学不稳定以及温度、血管张力、后负荷和血容量的变化，该监测仪的不准确性会影响其在这类临床情况下使用的有效性。目前还没有评估该监测仪的用途及相关患者预后的临床研究。

### 8.3.1.3 经食道超声心动图检查 (TEE)

在一项回顾性研究评估了某医院 12566 名术中使用 TEE 的有效性，结果显示，在 CPB 前及 CPB 后，分别有 7.0%和 2.2%患者的手术决策受 TOE 影响。CPB 结束后使用 TEE 检查，TEE 对冠脉搭桥患者手术决策的影响为 1.5%，对单纯瓣膜手术的影响为 3.3%。在一项对 300 例择期瓣膜置换术患者的前瞻性研究和一项 430 例 CPB 心脏手术患者的回顾性研究中，TEE 常规使用已被证明可以降低住院费用。然而，围术期 TEE 相关的并发症应该引起重视。英国的一项为期 1 年的国家调查报告显示，TEE 相关的严重并发症发生率为 0.08%，死亡率为 0.03%。鉴于 TEE 相关并发症发生率和死亡率的高，心脏手术中常规使用 TEE 需要重新考虑。

美国麻醉医师学会和心血管麻醉医师学会最新的指南确认，在无禁忌症的情况下，所有的开胸(即瓣膜)和胸主动脉手术以及部分冠脉搭桥手术都应采用术中 TEE。除了确认和完善术前诊断、发现新的或未预料到的疾病，并相应地调整麻醉和手术计划外，TEE 还用在 CPB 期间和 CPB 之后以评估手术效果。

## 血流动力学监测的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
选择性使用 PAC	II b	B
选择性使用脉搏波形分析心输出量	II b	B
除非有禁忌症，否则在开胸和胸主动脉手术中应考虑使用 TEE	II a	B

## 8.4 正性肌力药物

心脏手术中低心排综合征(LCOS)是一种危及生命的并发症,尤其是在 CPB 停机后。LCOS 增加术后并发症发病率、短期和长期死亡率,并对医院资源造成负担。心排量减少会降低组织氧供  $DO_2$ ,从而导致组织缺氧。正性肌力药物是处理这一并发症的首选治疗,但应在纠正 LCOS 的潜在原因(如移植物功能障碍或低血容量)后才开始使用,最常用的药物包括:多巴酚丁胺、肾上腺素、去甲肾上腺素、磷酸二酯酶III抑制剂和钙剂。

### 研究证据

尽管在心脏手术患者中使用正性肌力药物/血管升压药已被广泛接受,但目前没有随机临床研究证实这些药物的治疗效果。心脏手术中,正性肌力药物/血管升压药的益处的大多数证据来自于小样本 RCTs。几项 RCTs 表明,CPB 停机前预防性给予磷酸二酯酶III抑制剂可显著改善血流动力学,减少对其它正性肌力药物的需求,并提高停机的成功率。一项 Meta 分析,纳入 177 项 RCTs,共重症监护和围手术期 28280 名患者,结果显示正性肌力药物/血管加压素治疗对死亡率无影响;然而,在心脏外科亚组中(包括本 Meta 分析中 40%的患者,70 项 RCTs),使用正性肌力药物/血管加压素可降低死亡率[51/1899(2.7%) vs. 77/1884(4.1%), RR 0.70, 95% CI 0.50-0.96; P=0.03]。最近发表的三项大样本多中心临床研究,探讨左西孟旦在围手术期预防性应用于左室射血分数低的患者及治疗 LCOS,但没有一项结果显示使用该药能提高存活率。另一项对左西孟旦用于心脏手术的最新的 Meta 分析显示,无论是在多中心临床研究、还是其它高质量的临床试验中,都没有观察到该药与存活率有正相关;然而,高质量的亚组分析显示左西孟旦治疗可降低术前低射血分数患者的死亡率(RR 0.58, 95% CI 0.38-0.88; P=0.01)。

## 使用强心药物的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
正性肌力药和/或血管加压素被推荐作为一线用药以降低血流动力学不稳定患者的死亡率	I	A
应该考虑使用磷酸二酯酶抑制剂来增加 CPB 停机成功率	II a	B
不推荐为减少不良事件和死亡率而预防性输注左西孟旦	III	A
CPB 停机困难患者可考虑选择左西孟旦作为一种治疗策略	II b	C
心脏手术后需要血流动力学支持的患者，不推荐在其它正性肌力药物中添加左西孟旦	III	B

## 8.5 止血管理

CPB 术后的止血管理包括对出血患者凝血功能异常的监测和治疗。随着血栓弹力图、血栓弹性测量和血小板功能分析在内的床旁快速检测的引进，凝血监测也可在手术室进行。目前，大多数中心使用止血监测算法来降低输血的风险。此外，常规于 CPB 转流之前或预充时给予抗纤溶药物以减少纤溶。

关于完整的 CPB 后止血管理和治疗策略的循证医学证据，我们建议读者参考 2017 年 EACTS/EACTA 《成人心脏手术患者血液管理指南》。

## 8.6 机械循环辅助

欧洲心胸外科学会(EACTS)、胸外科医师协会(STS)、美国胸外科协会(AATS)和体外生命支持组织(ELSO)的心脏术后体外生命支持学组即将联合发布文件，对心脏手术围术期的机械循环辅助做全面论述。考虑到这个话题的复杂性和字数限制，我们建议读者参考该报告。

## 8.7 剩余机血的管理

在体外循环结束时回输体外管路的剩余机血是血液保护策略的一部分。它可以通过两种不同的方式来实现：①不经处理、直接回输；②通过离心、自体血回

收或超滤处理后再回输。自体血回收只保留了红细胞，大部分血浆成分被丢弃。而使用超滤后，血液被浓缩，水溶性成分被去除。

## 研究证据

不经处理、直接回输是将 CPB 环路的剩余机血收集到血袋中，再回输给患者。另一种直接回输的方法是用醋酸林格液将体外环路剩余机血通过动脉插管“顶”入患者血液循环。一项纳入 40 例患者的随机研究将上述“醋酸林格液法”与常用的“血袋法”进行比较，结果显示“醋酸林格液法”能更好地保存血小板功能，减少溶血、凝血和纤溶。两种方式在术中与术后 4h 的出血量无明显差异。

一项前瞻性 RCT 比较了直接回输、自体血回收和超滤这三种剩余机血处理方法的临床效果。3 组患者(每组 20 例)术后 Hb 水平、血小板计数、ACTs、部分凝血活酶时间、入 ICU 及 CPB 术后 12 小时的胸腔引流量无显著差异。近期另一项研究比较了离心、自体血回收及超滤三种方式，共纳入 51 例患者，结果表明，与离心或超滤相比，自体血回收在提高术后 Hb 水平和洗脱游离血红蛋白方面更具有优势；遗憾的是，由于伦理原因，研究不能设立一个血液不经处理、直接回输组。一项前瞻性 RCT 显示，与未经处理、直接回输相比，自体血回收能显著降低失血量( $859\pm 382$  vs.  $605\pm 265$ ml;  $P=0.019$ )和术后 24 小时同种异体浓缩红细胞悬液输注量( $2.5\pm 0.7$  vs.  $1.6\pm 1.4$  U;  $P=0.023$ ); 两组患者凝血功能均受影响，但凝血功能和补体激活指标无明显差异。另一项相似的初步临床研究显示，两组术后 4 小时胸腔引流量相似；但自体血回收组血小板数量减少，凝块形成时间延长、最大凝块硬度降低。也有研究显示，与自体血回收处理后再回输组相比，不回输机血组的胸腔引流量增加( $749\pm 320$  vs.  $592\pm 264$  ml;  $P>0.05$ )、FFP 输注率增高[5 例(29%)vs.0 例(0%);  $P<0.04$ ]，提示剩余机血的回收处理改善了术后 Hb 水平(术中与 CPB 后 2 小时的差异;  $P=0.003$ )，但它会促进凝血酶生成、纤溶激活和低纤溶抑制的发生，可能导致消耗性凝血障碍。在一项纳入 200 例患者的 RCT 中，将回输的机血进行超滤与不处理进行比较，证实超滤剩余机血对术后出血、输血及改善 Hb 均无影响。与本研究相反，另一项前瞻性 RCT 纳入 573 例患者，比较 CPB 结束时超滤(试验组)或未超滤(对照组)的作用，结果显示超滤组术后早期并发症发生率[66/284(23.2%) vs. 117/289(40.5%);  $P=0.0001$ ]和输血量( $1.66\pm 2.6$

vs 2.25 ±3.8 U; P=0.039)都显著下降。在一个类似的、小样本 RCT(60 例患者)中,也对 CPB 结束时超滤和不超滤进行对比,结果显示超滤增加炎症反应、减少胸腔引流量(598 ±123 vs. 848 ±455 ml; P=0.04)、降低输血量(0.6 ±0.6 vs. 1.6 ±1.1 U; P=0.03)。

由于各研究结果相互矛盾,体外管路剩余机血的最佳处理方法目前尚无定论。然而,公认的是,不管是否经过处理,CPB 后回输机血是血液保护策略的一部分。

#### 剩余机血管理的推荐

推荐内容	推荐等级	证据水平
作为血液管理策略的一部分,建议在手术结束时回输 CPB 管路的剩余机血,以尽量减少异体输血	I	C
为了最大程度地降低同种异体血输血的风险,应考虑在手术结束时回输经处理后的 CPB 管路剩余机血	II a	B