**磁悬浮泵与受制涡流离心泵: 微创体外循环（MiECC）中溶血效应的初步研究**

**翻译： 秦建华 新疆自治区人民医院**

**审校： 郝 星 首都医科大学附属北京安贞医院**

**摘要**

**背景:** 血浆游离血红蛋白升高与多器官损伤有关。在此背景下，微创体外循环技术是减少心脏手术后并发症的一种方法。

**方法:** 我们对40例接受单纯冠状动脉旁路移植术（CABG）的患者进行了血浆游离血红蛋白水平的初步测定研究。所有患者均采用相同的微创体外循环技术（MiECC）。实验组（n=20）采用ECMOLIFE磁悬浮血泵，对照组（n=20）采用 AP40 Affinity CP涡流离心泵。

**结果:** 术后即刻，实验组血浆游离血红蛋白（PFH）和乳酸脱氢酶（LDH）明显低于对照组（分别为10.6 ± 0.7和19.9 ± 0.3 mg/dL，p = 0.034；99.16 ± 1.7和139.17 ± 1.5 IU/L，p = 0.027）。此外，术后24h 应用磁悬浮血泵治疗的患者肌酐和间接胆红素水平较低（分别为0.92 和 1.29 mg/dL，p = 0.030；0.6 ± 0.4 和 1.5 ± 0.9 mg/dL，p = 0.022），同时在整个术后期间输血较少（3个和9个红细胞单位(RBC)，p = 0.017）。

**结论:** 我们的初步研究表明，使用磁悬浮离心血泵进行体外循环支持与较低的溶血风险有关，尽管有必要进行更大规模的研究来证实我们的结果。

**关键词:** 体外循环术、溶血、磁悬浮血泵、受制涡流离心泵、微创体外循环、冠状动脉旁路移植术

**前言**

使用微创体外技术将血液损伤（即溶血）的风险降至最低是至关重要的，尤其是当病人在体外循环（CPB）期间红细胞压积较高时。

最新一代的离心血泵通过其固有的设计改进可以减少对红细胞的损伤。然而，包括磁悬浮血泵的使用在内对此的认识仍存在一定的局限性。特别是在体外循环的过程中，溶血和血浆游离血红蛋白的释放可能会由于一些与患者相关的技术因素引起，而且在高流量和/或高负压的体外循环中和输血时可能会加重。血浆游离血红蛋白升高与多器官损伤有关，包括严重的急性肾损伤。

在此背景下，我们对两种不同的体外循环血泵技术进行了初步研究，一种是磁悬浮血泵，另一种是离心血泵。我们比较了40名使用微创体外循环（MiECC）IV型系统同时接受单纯冠状动脉旁路移植术（CABG）的患者，以进行容积管理。

**材料和方法**

在2019年9月至2020年9月期间，40名连续接受单纯冠状动脉搭桥术并接受了MiECC IV型系统择期治疗的患者被纳入此研究。

研究周期和受试患者是根据要测试的磁悬浮血泵的数量选择的，并要求在试验研究中与我们中心通常使用的离心血泵进行比较。该研究方案得到了当地伦理委员会的批准，并获得了所有参与研究受试者的知情同意。排除患有慢性肾脏疾病、1型或2型糖尿病、贫血或合并个体溶血因素的患者。是否使用MiECC进行冠状动脉旁路移植术是由心脏外科医生根据体外循环团队的意见共同决定的。在研究期间，共进行了196例冠状动脉搭桥手术，其中156例根据上述排除标准排除，40例患者同意参与研究。

实验组（磁悬浮血泵组，n = 20）采用组合式MiECC IV型配合ECMOLIFE磁悬浮血泵干预治疗，对照组（涡流血泵组，n = 20）采用组合式MiECC Ⅳ配合AP40 Affinity CP离心血血泵干预治疗。

体外循环由模块化MiECC执行，其设计呈现容量管理环路的特征（MiECTiS分类）。采用分流静脉软壳贮液器，主动脉根部和肺动脉吸引采用串联静脉回流方式。静脉引流的管理参考中心静脉压（CVP），CVP高时使用乌拉地尔作为血管扩张剂，CVP低时应外科医生要求进行引流，使用头低脚高体位。所有患者均采用亚低温体外循环（34℃ ~ 36℃）治疗。

所有的CABG手术均在经胸骨正中切开、心脏停搏状态下及口气管插管的条件下进行。在术中和术后，除了根据一定的血红蛋白水平外，还根据患者的氧合状态及心脏手术团队制定的方案确定输血的必要性。在任何情况下，血液都未从储存器中再次输注。

采用主动脉插管和分期静脉插管进行常温体外循环。使用了两种类型的体外循环设备：

• 磁悬浮血泵组，使用ECMOLIFE控制台（Eurosets，Medolla，意大利）和ECMOLIFE离心血泵（Eurosets，Medolla，意大利）（图1A）；



图1：A带有磁悬浮血泵的MiECC，ECMOLIFE (高亮显示)；B带离心血泵的MiECC，AP40 (高亮显示)

• 涡流血泵组，使用Bio-Console 560（Medtronic Bio-Medicus，Inc.，Eden Prairie，MN）的Stockert S5（cHLM）和AP40 Affinity CP离心血泵（Medtronic Bio-Medicus，Inc.，Eden Prairie，MN，USA）（图1B）。

在这两组中，以下组件用于MiECC IV型循环（图1）：

• 独立氧合器（Eurosets，Medolla，意大利）；

• 静脉血气泡过滤器（Eurosets，Medolla，意大利）；

• 软壳静脉血储存器（Eurosets，Medolla，意大利）；

• 循环监测系统（Eurosets，Medolla，意大利）。

在两组受试者中，MiECC术均未使用额外的吸引，而是使用血液回收机。

预充量平均值（mv）：450 ± 35mL，循环长度（mv）：1 m2，无自体逆行预充。

所有病例均采用常温血心脏停搏液（St. Thomas液），每20分钟重复使用一次。

在体外循环期间，每5分钟测量并收集两组的下列参数:

• 心指数，

• 氧输送指数，

• 中心静脉压，

• 离心血泵入口压力，

• 血泵每分钟转数和氧合器压力下降值，

• 动脉插管压力，

• 红细胞压积，

• 血红蛋白含量。

体外循环结束后，两组均测定以下参数：

• 血浆游离血红蛋白（CPB后10分钟），

• 乳酸脱氢酶（CPB后24小时），

• 间接胆红素（CPB后48小时），

• 肌酐（术后峰值），

• 术中和术后红细胞输注单位。

**结果**

受试者特征和围手术期指标如表1所示。40例受试者在术后无并发症及死亡的记录。

|  |
| --- |
| 表1受试者特征及术后指标 |
| 　 | **磁悬浮血泵组 (n = 20)** | **涡流血泵组 (n = 20)** | **P值** |
| **术前** |  |  | 　 |
| 年龄 (年) (mean ± SD) | 71.0 (63.7) | 69 (58.7) | 0.89 |
| 体表面积 (m2) | 1.83 | 1.82 | 0.94 |
| EuroSCORE II | 1.5 | 1.7 | 0.88 |
| Pre-CPB比容 (%) (mean±SEM) | 34.6 ± 1.3 | 34.8 ±2.1 | 0.99 |
| Hb (g/dL) | 12.3±1.1 | 12.3±1.2 | 1 |
| 血肌酐 (g/dL) | 0.83 ±0.5 | 0.85 ±0.7 | 0.96 |
| PFH (mg/L) | 0.02 | 0.01 | 1 |
| **术中** | 　 |  | 　 |
| CPB 时间 (min) | 72 ±15.2 | 71 ±7.36 | 1 |
| 主动脉cross-clamp 时间(min) | 52±9 | 51 ±7 | 0.93 |
| DOi2 (mL/min/m2) | 339 ±20 | 338±17 | 0.99 |
| Cl (L/min/m2) | 2.4 ±0.2 | 2.4 ±0.1 | 0.99 |
| 泵速 (rpm) | 2800 ±140 | 2880±160 | 0.98 |
| 泵入口压力 (mmHg) | 56±10 | 58±9 | 0.88 |
| CVP (mmHg) | 5±3 | 6±2 | 0.89 |
| Hct (%) | 34±2 | 32±1 | 0.69 |
| Hb (g/dL) | 11.5±O.5 | 11.3±0.6 | 0.76 |
| 氧合器压力降低值 (mmHg) | 45±4 | 41 ±2 | 0.79 |
| 动脉插管压力 (mmHg) | 105±9 | 104±7 | 0.89 |
| MAP (mmHg) | 65±7 | 63±4 | 0.91 |
| **术后** |  |  | 　 |
| CPB后10 min PFH (mg/L) | 10.6 ±0.7 | 19.9 ±0.3 | 0.034 |
| CPB后24h LDH (IU/L) | 99.16 ±1.7 | 139.17±1.5 | 0.027 |
| CPB肌酐最大值 (mg/dL) | 0.92 | 1.29 | 0.030 |
| RBC (单位) | 3 (0.15/人) | 9 (0.45/人) | 0.017 |
| CPB后间接胆红素 (mg/dL) | 0.6 ±0.4 | 1.5 ± 0.9 | 0.022 |
| Cl, 心指数; CPB 体外循环术; CVR 中心静脉压; DOi2 氧气输入指数; Hb, 血红蛋白; Hct,红细胞压积; LDH, 乳酸脱氢酶; MAP, 平均动脉压; PFH, 血浆游离血红蛋白; RBC, 红细胞; SD, 标准差; SEM, 平均标准误 |

**讨论**

我们的初步研究表明，磁悬浮血泵的使用可以降低接受模块化MiECC IV型冠脉搭桥术患者的溶血程度，尽管有必要进行更大规模的研究来证实我们的结果。

研究表明，离心血泵并不能显著增加游离血红蛋白；然而，没有研究报道磁悬浮血泵和涡流离心血泵在溶血这一结局指标上存在差异。

据我们所知，这是首次在此类患者中使用MiECC系统进行相关研究。研究所显示出的积极结果可为进一步研究提供指导，这也可能会对我们的初步研究中部分观察到的术后临床结果产生一定的影响。

我们研究的主要局限性是样本量太小，因为只纳入并测试了20台磁悬浮离心血泵。采取此项研究设计的原因是：这不是一项随机研究，而是一项实验性研究，旨在评估这项新技术的安全性和可行性。另一个局限性是由于缺乏结合珠蛋白的测定，故采用血浆游离血红蛋白和乳酸脱氢酶被用作溶血的观察指标。

此外，涡流血泵组较高的输血次数可能导致患者术后胆红素和乳酸脱氢酶的升高。故这可凸显磁悬浮血泵使用的优势。

我们研究的临床意义很容易理解: 目前的指南建议应该常规使用MiECC系统，特别是在心脏外科领域。此外，最新的研究建议改进微创体外循环系统，以达到最小的有创操作风险及更好的组织相容性。如果MiECC与磁悬浮血泵配合使用，并能够在大样本大规模的试验中证实其降低溶血的能力，则可能代表着此方面的重大技术进步。