

龙村 主编

体外循环临床实践

体外循环临床实践

体外循环临床实践

TIWAIXUNHUANLINCHUANGSHIJIAN

体外循环临床实践

TIWAIXUNHUANLINCHUANGSHIJIAN

TIWAIXUNHUANLINCHUANGSHIJIAN

TIWAIXUNHUANLINCHUANGSHIJIAN

TIWAIXUNHUANLINCHUANGSHIJIAN

 人民卫生出版社

体外循环临床实践

江苏工业学院图书馆

藏书章

主 编

龙 村

副主编

孙桂民

黑飞龙

人 民 卫 生 出 版 社

体外循环临床实践

主 编：龙 村

出版发行：人民卫生出版社（中继线 67616688）

地 址：（100078）北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼

网 址：[http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷：三河市宏达印刷厂

经 销：新华书店

开 本：850×1168 1/32 印张：11.75

字 数：296千字

版 次：2000年9月第1版 2000年9月第1版第1次印刷

印 数：00 001—3 000

标准书号：ISBN 7-117-03834-9/R·3835

定 价：18.00元

著作权所有，请勿擅自用本书制作各类出版物，违者必究

（凡属质量问题请与本社发行部联系退换）

作者名单

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|-----------------------|
| 于 坤 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 邓硕增 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 龙 村 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 冯正义 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 孙桂民 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 吉冰洋 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 刘晋萍 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 朱德明 | 上海第二医科大学附属新华医院 |
| 李成荣 | 兰州医学院第一附属医院 |
| 李春华 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 李桂芬 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 李景文 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 李 庶 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 闵 苏 | 重庆医科大学第一附属医院 |
| 沈七襄 | 解放军广州军区武汉总医院 |
| 张德琛 | 解放军北京军区空军医院 |
| 房秀生 | 重庆医科大学第一附属医院 |
| 郑 红 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 赵国静 | 解放军三零六医院 |
| 袁 媛 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 龚庆成 | 首都医科大学附属安贞医院 |
| 彭志宏 | 河南省信阳市中心医院 |
| 黑飞龙 | 中国医学科学院协和医科大学阜外心血管病医院 |
| 程邦昌 | 湖北医科大学第一附属医院 |

前 言

从体外循环于 1954 年首次成功地应用于临床起, 心脏血管外科有了很大发展。40 多年来, 经过专家学者以及广大科研人员的深入探索和临床人员的大量实践, 体外循环在基础理论、应用范围, 以及器材和用品方面发生了很大的变化。目前全世界每天开展约 2 000 多例需体外循环支持的手术, 范围涉及心脏外科、血管外科、肝移植、骨外科、脑外科、呼吸支持、肿瘤治疗等诸多方面。体外循环中诸多复杂多变的问题, 需要临床工作人员必须具备良好的基础知识和丰富的临床经验, 仅靠简单的理论和方法已不能应付对体外循环中突发情况及时、准确的处理。鉴于上述因素, 我们组织了一批长期从事体外循环专业的专家学者, 对其在体外循环临床实践中的经验和教训进行了总结、分析和提炼, 以期读者从中得到一些借鉴和启发, 避免工作中意外和并发症的发生。

本书主要适用于从事体外循环临床工作的医生以及心脏外科医生和麻醉医生。本书各章相对独立, 为了保证各章的完整性, 有些内容略有重叠。由于专家和学者在对具体问题的处理上观点和方法有所不同, 我们保留了这种客观的差异性。编者水平有限, 不足之处希望广大读者提出宝贵的建议和意见。

编者

2000 年 3 月 16 日

目 录

第一章 体外循环中水、电解质、内分泌代谢异常	1
血钾异常（高钾）	1
血钾异常（低钾）	5
代谢性碱中毒	9
血钙异常	13
顽固性酸中毒	17
水肿	21
应激性高血糖	26
第二章 体外循环中血液系统异常	30
肝素代谢异常的紧急处理	30
冷凝集试验阳性	34
血栓形成致多发性脑梗死	38
血栓形成致广泛性动脉栓塞	41
左房粘液瘤摘除术抗凝不足	45
第三章 体外循环机械设备故障	48
动脉微栓滤器故障	48
监测指标不准	51
离心泵故障	58
人工肺严重氧合不良的处理方法	62
体外循环心肺机泵头失控	67
变温异常	70
预充液过滤器使用不当导致溶血	74
第四章 体外循环意外	76
低流量体外循环时主动脉腔内进气后的处理	76

动静脉插管异常	79
主动脉插管意外	83
主动脉内大量气栓的处理	88
腔静脉阻断不全	93
第五章 心内回血异常	97
冠状动脉搭桥手术中的心内回血异常	97
大血管手术心内回血异常	100
法乐四联症合并粗大的左上腔静脉	102
主动脉瓣关闭不全手术中的心内回血异常	106
主动脉阻断不完全	110
支气管侧支循环丰富	113
第六章 体外循环中异常	116
肺高压	116
复苏困难	119
顽固性高血压	126
血容量减少	131
心肌保护	134
复苏困难与温血停跳的处理	138
心肌冷挛缩	144
不明原因的蛋白血尿	148
抑肽酶过敏	152
鱼精蛋白过敏	156
鱼精蛋白中和肝素致肺动脉高压危象循环衰竭	159
第七章 体外循环术后并发症	164
感染	164
肺部并发症	168
肾功能异常	172
心功能不全	175
第八章 心室辅助	179

离心泵左心辅助	179
滚压泵左心辅助	185
膜肺支持疗法	188
第九章 大血管手术体外循环	193
川崎病合并大动脉瘤	193
股静脉-动脉转流治疗弓降部动脉瘤	197
深低温停循环安全时限	202
胸主动脉瘤手术的上、下分别灌注	207
选择性脑灌注在大血管手术中的应用	212
第十章 冠心病手术体外循环	217
冠状动脉搭桥及瓣膜置换术	217
冠心病合并糖尿病	222
冠状动静脉瘘	225
冠状动脉搭桥术中并发 Meckel 憩室穿孔	228
急诊冠状动脉搭桥手术	232
老年冠状动脉搭桥手术	236
第十一章 瓣膜病手术体外循环	240
瓣膜病合并(漏诊)动脉导管未闭	240
再次瓣膜置换术右房破裂大出血抢救	244
再次换瓣	248
主动脉瓣关闭不全	252
第十二章 先天性心脏病手术体外循环	256
长时间体外循环手术	256
巨大房间隔缺损或房间隔缺损合并肺动脉高压	259
室间隔缺损合并主动脉缩窄漏诊	263
未闭动脉导管矫治术中意外大出血的抢救	267
重症紫绀型先天性心脏病	270
主动脉弓中断矫治术	274
法乐四联症合并动脉导管未闭	280

新生儿体外循环管理	283
第十三章 其他心脏手术体外循环	287
肥厚性梗阻型心肌病左室流出道疏通术	287
肺动脉栓塞	292
心肺移植	296
妊娠 8 个月并 I 型夹层动脉瘤	300
心脏手术血浆置换	303
胸主动脉及心脏破裂	307
第十四章 体外循环在非心脏手术中的应用	311
肝移植	311
颈、股 - 股转流辅助解除气管及上腔静脉压迫症状	315
脑膜瘤	318
气管下段几乎完全阻塞时抢救	321
气管肿瘤切除	325
急性严重药物和农药中毒病人的抢救	329
双肺移植	332
食管癌根治术	336
一氧化碳中毒	343
前列腺癌冷冻切除术	348
高钾心跳骤停抢救	351
第十五章 节约用血和血液保护	354
腹主动脉瘤血液回收	354
急性血小板分离及红细胞洗涤技术联合应用于心血管手术	358
索引	362

第一章

体外循环中水、电解质、 内分泌代谢异常

血钾异常（高钾）

病历摘要：

患者：男性，49岁，80kg。10年前无明显诱因出现心前区压榨性疼痛，向背部反射，同时伴有恶心，大汗，在当地医院诊断“急性广泛前壁心肌梗塞”，经住院治疗病情好转，出院后坚持日常工作。1年前劳累后偶有胸口闷热感，口服硝酸甘油后好转，心电图窦性心律，前壁心肌梗塞，ST-T段改变；胸部X线片心胸比率0.53，双肺（-）；超声心动图左房扩大，左室径明显增大，室间隔上中段4~5cm范围心壁三层结构回声消失，整个厚度变薄运动消失，心尖部室壁回声较薄。造影示左室扩大，前壁、下壁及心尖部约占左室50%区域，舒张功能明显下降，似有相反搏动，右冠状动脉主干闭塞100%，左冠前降支阻塞99%。诊断：冠状动脉粥样硬化性心脏病，陈旧性心肌梗塞，劳力性心绞痛。

体外循环过程：

全麻浅低温体外循环下行冠状动脉架桥术（三支）。由主

动脉根部灌注氧合血停跳液。由于灌注压异常增高，只能以低流量灌注，8分钟灌注1500ml，心电静止，10分钟后心机械活动恢复，再次缓慢灌注含血停跳液1000ml，心电静止10分钟后又恢复。从冠状静脉窦逆行灌注停跳液800ml，心电静止30分钟，再次逆行灌注500ml。阻断冠脉循环120分钟，开放阻断钳，心肌血供良好，心脏电机械活动静止，查血钾 8.3mEq/L ， $\text{pH}7.2$ ， $\text{BE}-6$ ，给胰岛素 8IU ，5%碳酸氢钠100ml，同时超滤（超滤液1000ml），补充5%葡萄糖液800ml，呋塞米 10mg 。10分钟后心跳逐渐恢复，血钾降至 6.2mEq/L ，20分钟后血钾降至 4.8mEq/L 。

病例特点：

- (1) 冠脉阻塞严重；
- (2) 正行灌注大量停跳液效果不佳，逆行灌注效果好；
- (3) 预充陈旧库血；
- (4) 高血钾及时纠正。

讨论：

患者在体外循环中处于一种“控制性休克”状态。机体为保证重要脏器的血液供应，使一些非重要脏器的微循环灌注不足，进而产生代谢性酸中毒。特别是复温期间，微循环开放，如果此时流量不增加，可加重组织代谢性酸中毒。该患者的 pH 低可能是温度高，流量相对不足所致。另外，输入陈旧库血亦是 pH 下降的重要因素。 pH 下降， H^+ 向细胞内移动，为了维持电荷平衡，细胞内 K^+ 大量向细胞外转移。长时间储存的库血血浆 K^+ 浓度高，细胞脆性大，此患者手术中血液吸引量大，加重了血液破坏。体内绝大部分的钾在细胞内，其浓度比细胞外高30多倍。血细胞的破坏对血钾增高有明显影响。由于温度高，灌注流量大，回心血量少，血液吸引频繁。泵管

对血液的挤压、大量的心内吸引等都会使血液破坏细胞内钾释放于细胞外，使血钾增高。

心肌停跳液的主要成分为高浓度的钾，一般晶体停跳液含钾量为 $15 \sim 20\text{mmol/L}$ ，如果灌注效果不佳，其灌注次数和容量就会增多。该患者由于冠状动脉阻塞，顺行灌注心肌停跳效果不佳，而且停跳液全部回收。冠状动脉搭桥患者一般不开胸腔，停跳液绝大部分经右房回流至氧合器，大量的灌注液可使血钾明显增高。逆行灌注对此类患者心肌有良好保护效果。

心脏复跳时高钾对心脏的影响明显。在钾浓度迅速轻度升高时 (7mmol/L)，心肌动作电位 0 期幅度减少，速度减慢。心电图 P 波低宽或消失，P-R 间期延长，QRS 增宽。轻度高钾时，细胞膜钾通透性增高，钾在复极化时外流加速，动作电位的有效不应期缩短。心电图为 T 波高耸，Q-T 间期缩短。严重高钾 ($7 \sim 9\text{mmol/L}$)，由于静息电过小，心肌兴奋性降低或消失，此时 P 波消失，QRS 进一步增宽。高钾抑制动作电位 2 期钙内流，兴奋-收缩耦联减弱，心肌收缩降低。

一旦怀疑或确诊为高钾，体外循环不能终止，以防高钾的心脏停搏。

给予钙盐：高钙可抑制心肌动作电位 3 期的钾外流，钙在 2 期大量内流可增加心肌细胞的静息电位，恢复心肌的兴奋性。钙还可增加心肌收缩力。成人可给氯化钙或葡萄糖酸钙，一般在给 $1 \sim 2\text{g}$ 钙盐后几分钟心电图可得到纠正。但其作用短暂，此时血钾不降低。

碳酸氢钠中的钠离子使除极时钠内流加快，血钠增高可增加肾小管钾的排泄，另外碳酸氢钠碱化作用使钾向细胞内移动。钠盐使细胞外液渗透压增加，细胞外液容量增加，对高钾产生稀释作用。钠钾拮抗可减轻高钾对心肌的毒性作用。该患者给大量碳酸氢钠，除纠正酸中毒还可碱化尿液，促进肾脏游离血红蛋白的排泄，减轻其对肾脏的毒性作用。

葡萄糖和胰岛素同时静脉注射可促进糖原的合成，使细胞外钾进入细胞内。成人 5% 葡萄糖 100ml 加 4 ~ 10 单位的胰岛素静脉注射可使血钾降低 1.5 ~ 2.5mmol/L，持续至少 6 小时。目前认为胰岛素还可刺激 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶活性，增加肌细胞的钾摄取。

在高钾时可应用速尿加强肾脏的钾排泄。但这种方法速度太慢。此时可安装人工肾，快速滤除含高钾的血液，同时补入 10% 葡萄糖，这种方法速度较快，效果较好。在停机后如发现血钾很高，机器内血液不宜回输给病人，此时可用血球分离机 (cell saver) 处理血液，排出血液内的高钾血浆，将血液的有型成分回输给病人。

小结：

(1) 体外循环复跳期间高血钾较危险，表现为心脏电机械活动的抑制，诊断依靠血液生化检查。

(2) 一旦怀疑高血钾，首先维持血流动力学稳定，然后纠正高血钾。

(3) 纠正高血钾的方法有：离子拮抗 (Na^+ , Ca^{2+})，促进其向细胞内转移 (葡萄糖，胰岛素，碳酸氢钠)，加强排除 (滤水，利尿)。

(4) 预防高血钾需要避免酸中毒、血液破坏以及高钾液体的输入。

(龙 村)

血钾异常（低钾）

病历摘要：

患者：女性，58岁，57.5kg。心慌、气短、劳动力下降37年，加重7年，劳累后感严重心慌、气短，尿少。逐渐出现咳泡沫带血痰，且逐年加重反复心衰，曾6次住院内科治疗。体检：不能平卧，双下肢浮肿，心尖部可闻3级收缩期和舒张期杂音，肝肿大平脐。生化检查：钾 3.7mEq/L ，总蛋白 $5.4\text{g\%}$ ，白蛋白 $3.5\text{g\%}$ 。心电图示：心房纤颤，心率 160次/min 。胸部X线片：心胸比例 0.81 ，肺血多，心影高度增大；超声心动图示：左房、左室内径增大，二尖瓣增厚，瓣口缩小，开放关闭受限。诊断：风湿性心脏病，二尖瓣狭窄并关闭不全、三尖瓣关闭不全、心功能Ⅲ~Ⅳ级。全麻浅低温体外循环下行二尖瓣置换术，三尖瓣成形术。

体外循环过程：

体外循环机泵经升主动脉根部灌注含钾冷晶体停跳液两次，共 1400ml （弃之）。转中静脉回流多，静脉回流室液面高达 4500ml 平面，Hct 21% 。转中血钾 3.5mEq/L 。体外循环早期无尿，pH 7.3 ，BE -5mmol/L ，给呋塞米 10mg ， 5% 碳酸氢钠 100ml 。血液超滤30分钟，滤液 2000ml 。开放冠脉循环后，心脏不能恢复自律跳动，电极除颤3次无效。立即测血钾，血钾 2.9mEq/L 。体外循环回流室给钾 10mEq/L ，3分钟自主心律恢复，再测血钾 3.7mEq/L 。停机前Hct 27% ，尿 800ml 。心肌血流阻断48分钟，辅助循环30分钟，停机后中

心静脉压 5 mmHg, 平均动脉压 54mmHg, 血钾 3.4mEq/L, 频繁室性早搏。给利多卡因 100mg 静脉注入, 6% 钾液静脉滴注, 静脉快速补充乳酸林格液 (600ml), 中心静脉压升至 9mmHg, 平均动脉压 64mmHg。用多巴胺 $4\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$, 硝普钠 $0.5\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ 维持血流动力学的稳定。患者回 ICU 后, 尿量 200ml/h, 以 0.6% 含钾液持续补给, 维持 4.0 ~ 4.5mEq/L, 范围波动, 偶发室性早搏。测血镁 0.9mEq/L, 3 小时后血镁上升, 血钙由 1.25mEq/L 升至 1.9mEq/L, 室性早搏消失。术后 4 小时清醒, 16 小时拔除气管插管, 心肺功能平稳, 术后一天停用升压药。1 个月后康复出院。

病例特点:

- (1) 病史长, 体质差;
- (2) 机体水潴留严重;
- (3) 细胞严重缺钾;
- (4) 给呋塞米相对多。

讨论:

该患者术前因严重心功能衰竭而服用利尿剂, 如双氢克尿噻, 排钾增加。术前虽然血钾正常, 但在正常低限。此类保护细胞内严重缺钾。术前利尿除药物作用外, 长期饮食不佳, 胃肠消化吸收功能不良亦是细胞缺钾的重要因素。此类患者的血清钾极易受到其他因素的影响, 如尿量、酸碱平衡等。体外循环中由于机械充分的血液灌注, 改善了全身循环状况, 特别是肾脏的血液灌注, 在麻醉适度的条件下, 体外循环中后期, 将有大量的尿液排出, 无需给呋塞米等药物。如果在体外循环中后期仍无尿, 给呋塞米的量成人应减半, 5 ~ 10mg, 如效果不佳可考虑反复多次, 逐渐成倍增量。大量呋塞米对此类病人可造成大量尿液迅速排出体外, 补充容量困难, 同时大量的钾随

尿丢失，给造成一系列生理紊乱，特别是心律失常。

体外循环中及时地应用人工肾除去机体水分，使血液很快浓缩。该病例对患者的水潴留进行了及时纠正，同时使电解质大量排出，镁缺乏时 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶活性下降，尿排钾增多。体外循环早期未及时重视，预充镁后逐渐缓解。

机体对体外循环产生应激反应，肾素 - 血管紧张素 - 醛固酮系统的兴奋、皮质激素的增加将促进远曲小管对钠的重吸收，加强钾的排泄。体外循环中心房肽明显增高，可使肾脏的排钠、排钾增加。

该患者在体外循环的纠酸过程中，出现低钾，可能和下列因素有关。体外循环中氧合器的过度通气，使 CO_2 大量排出；体外循环中使用大量碳酸氢钠均使 pH 增高。 H^+ 浓度减少，使细胞内 K^+ 溢出，同时细胞外 H^+ 移至细胞内达到电中性状态。代谢性酸中毒时如果 K^+ 在正常低限水平，大量补碱纠酸，易发生 K^+ 的细胞内移。血浆和原尿中 HCO_3^- 增高，促进远曲小管的排钾。

该患者由于长期厌食，补液补钾未注意补镁。加上大量镁随尿排出，使血镁低。镁是许多酶的辅因子，并参加神经肌肉兴奋性的维持。若补钾效果不明显应考虑缺镁的可能，缺镁会严重影响补钾效果。体外循环中尿多或丢失的血液多，补钾时应同时注意补镁。

体外循环中血钾变化有一定的规律。体外循环开始时血钾明显降低，体外循环后期由于复温，血钾逐渐回升，因此在复温时的低钾应予以足够重视。最好在开放升主动脉前 5 分钟测血钾。如有异常可及时纠正，为心脏复苏创造良好的条件。

体外循环中补钾速度和临床静脉补钾有很大的不同，在短时间内可将 15% 氯化钾从机器内分次给予。因为机器给钾可使钾在机器内进行一次稀释，进入主动脉后经微循环、静脉、右房又进行了第二次稀释。体外循环有效地维持了血流动力学

的稳定，为补钾提供了安全保障。周围静脉补高于 0.3% 的 KCl 可刺激静脉，造成剧烈疼痛，甚至引起静脉炎和血栓形成。ICU 中在严重的心电监测条件下，可从中心静脉补充 0.6% KCl 以及时纠正低钾状态。

小结：

(1) 体外循环低血钾主要表现为复跳时心电兴奋性高，诊断有赖于血生化检查。

(2) 一旦确诊，首先保持血流动力学稳定，然后纠正低钾，其速度较内科快。

(3) 术前长期饮食不佳或长期使用利尿剂患者，虽血钾表现正常，但细胞内严重缺钾，遇不利外因如碱中毒等，血钾迅速下降，此类患者应积极补钾。

(龙 村)