

全国首届体外循环设备 (心肺组)技术交流会议论文选编

全国体外循环设备情报网
广东省医疗器械研究所

编

广 州
1982年3月

山东济南医用硅橡胶制品厂

采用:

医用高分子理想材料硅橡胶
加工制成人工心肺机泵管
已通过部级技术鉴定

特点: 硅橡胶是一种新型高分子弹性材料,耐高温(250°C),耐低温(-70°C),尤其具有优异的生理稳定性,长期同人组织分泌液或血液接触,无特异变化。

性能及用途: 本制品是心脏外科手术中与血泵配套使用的必需品,泵管在使用中能承受泵管百万次的屈挠压缩,而不损坏,可多次使用。

本管具有管壁光滑、透明、无毒,耐高温蒸汽消毒,耐老化,耐屈挠、抗撕裂,在低温下保持柔软性、弹性不变的特点。

规格: 6×10 ; 8×12 ; 10×15 单位:毫米

本厂还生产各种类型导管、插管,以及模型制品,欢迎定货。

厂址:山东省济南市西工商河路17号。电话:23610, 23179

序 言

全国体外循环设备（心肺组）情报网于1981年4月在上海召开首届技术交流大会，会议期间收到学术论文共90篇。包括体外循环设备研究和使用的技术研究两个方面。这些论文基本上反映我国在血泵，氧合器及灌注技术的状况。根据与会代表的强烈要求，建议由网长单位将这些论文选编成册，今天这一论文选编终于和读者见面了。

本情报网自成立以来得到国内同行们的热烈支持，特别是筹办本届会议及出版论文选编，我们得到北京301医院，上海新华医院，二军大长海医院，上海胸科医院，上海医疗器械厂，广东省心血管疾病研究所，中山医学院附一院，暨南大学化学系、上海医疗器械研究所、北京阜外医院等单位的大力协助，在此谨对上述单位及给我们支持的兄弟单位表示衷心感谢。

我们希望下一次技术交流会同样取得成功。

全国体外循环设备情报网

广东省医疗器械研究所

1981年11月

目 录

体外循环与人工心肺机的概况及今后发展的方向	苏鸿熙 (1)
体外循环的意外和处理	徐新根等 (18)
影响滚柱泵流量的基固探讨	俞瑞林 (25)
一种高血栓、高抗撕、透明医用硅橡胶的研制	邹 翰等 (28)
膜式肺(氧合器)研制初步总结	天津结核病院 动物实验室、肺功能室 (37)
鼓泡式人工肺机理探讨	司徒尚绎 (48)
PXB—1型平板式血液变温器的研究与应用	李希伦等 (54)
体外循环中各因素与血流降温与复温时间关系	陈瑞音等 (64)
有机硅橡胶制品在人工心肺机上应用	西安医学院附一院心血管外科研究室 (65)
应用上海Ⅱ型人工心肺机进行搏动性灌注	闵龙秋等 (69)
ZB—2A型助搏系统的动物实验及临床应用报告	
.....中山医学院附属一院心血管外科、心血管内科	(76)
人工心肺机与展望	何添富 (88)
体外循环的管理	胡小琴 (94)
鼓泡式人工肺在200例心脏直视手术中的应用	谢文伯等 (96)
冷心肌保护液的渗透压问题	高尚志等 (102)
1510例体外循环中的意外和处理	徐新根等 (107)
体外循环心脏手术不用血100例分析	浙江医科大学附属第一医院胸外科 (112)
法乐氏三联症心内手术时灌注技术的探讨	徐凤翔等 (115)
深度血稀释体外循环手术45例小结	河南医学院一附院体外循环协作组 (119)
人工心肺机运转中故障的处理	王宝兰等 (124)
上海Ⅲ型人工心和广东Ⅰ型人工肺结合应用100例心脏直视手术的体会	
.....史蔚然等	(126)
低温高流量体外循环在小儿先天性心脏病手术中代谢与血液动力的临床变化	
.....上海第一医学院儿科医院外科 叶约翰等	(131)
论 文 摘 要 选 编	
滚柱泵的动力学和流体力学分析	司徒尚绎 (135)

心肺转流下心内直视手术中、后完全不用血的体会·····	王宝兰等 (136)
心内直视手术后并发颅内出血及血肿·····	苏鸿熙等 (137)
体外循环手术后排氮的改变十例总结·····	余翼飞等 (138)
体外循环下心内直视手术中、后代谢性酸中毒的防治 (I) 心内直视手术中、后碳酸氢钠用量的分析·····	陈志轩等 (139)
体外循环下心内直视手术中、后代谢性酸中毒的防治 (II) 心内直视手术中、后碳酸氢钠溶液预量补充法的临床应用·····	苏鸿熙等 (139)
体外循环下心内直视手术中、后低血钾的防治: (I) 尿钾排泄的测定及钾补充量的探讨·····	苏鸿熙等 (140)
体外循环下心内直视手术中、后低血钾的防治: (II) 术中、后分段予量补钾法的临床应用·····	苏鸿熙等 (141)
体外循环下心内直视手术中、后低血清钾的防治: (III) 灌注中予量补钾方法的研究·····	李善功等 (143)
心内直视手术后氮代谢的改变——文献综述·····	余翼飞综述 苏鸿熙审核 (144)
一种心内直视手术中应用的双向吸引器·····	苏鸿熙等 (144)
体外循环下心内直视手术中心肌保护综合方法的临床效果观察 (93例总结)·····	朱朗标等 (145)
体外循环下心内直视手术中、后预量补碱、补钾便查盘·····	姬尚义 (146)
天津市和平医院体外循环操作常规·····	张亚敏等 (147)
环氧乙烷灭菌在体外循环用品方面的应用·····	谢文伯 (148)
冠状动脉冷灌注与心肌保护—附56例临床观察·····	西安医学院第一附属医院心血管外科研究室 (149)
体外循环中的血液稀释·····	西安医学院第一附属医院心血管外科研究室 (150)
深度血液稀释体外循环中以全血活化凝固时间监测肝素·····	皮开端 (152)
深度血液稀释体外循环中的心肌保护·····	李歌丰 (153)
J型塑料人工肺临床应用初步报告·····	宋翔翎等 (153)
体外循环及有关问题的探讨·····	宋翔翎等 (154)
J型塑料人工肺与DC—5型及上海IIA型心肺机配套临床应用及几点改进·····	宋翔翎等 (155)
DC—5型人工心肺机的临床应用·····	张冲等 (156)
人造心脏——探索I型心泵初步工程分析·····	李伟康等 (157)
曲管型鼓泡式氧合器的研制摘要·····	董秋蓓等 (158)
双氧水在冠状动脉灌注中的应用——犬实验结果·····	沈尔兢等 (158)
复杂心内畸形纠治术的体外循环方法。·····	徐新根等 (159)
深低温体外循环心肺转流的体会·····	徐新根等 (160)
心肺转流中12例心脏自动复跳的分析·····	徐新根等 (160)
心内直视手术中的心肌保护 (附: 心肌冷灌注、心表面及心腔冷却心肌保护61例观察)·····	孙惠庆等 (161)

全身体外循环合并中度低温用于心内直视手术的初步经验	李文硕等 (162)
全身体外循环合并中度低温术中酸—碱改变	李文硕等 (163)
体外循环病人应用三磷酸腺苷对循环的影响	李文硕等 (164)
在心肌保护中应用 4℃含氧晶体跳液的探讨	谭庆龙等 (164)
使用DC—5型心肺机心内直视手术50例小结	
	山东医学院附属医院心外科 (165)
体外循环下低温、冷停搏液灌注心肌保护的临床应用	
	广州市第一人民医院心外科、麻醉科 (166)
SF—1型人工心肺机动物实验观察	易建阳等 (167)
体外循环中钾离子的观察	许国忠等 (168)
冠状动脉灌注心脏停跳液对心肌的保护	第二军医大长海医院胸外科 (169)
体外循环心脏及大血管手术后神经系统并发症	第二军医大长海医院胸外科 (169)
心脏直视手术中血液稀释和自体输血	第二军医大长海医院胸外科 (170)
体外循环意外及其处理	第二军医大学一院胸外科 (171)
体外循环后鱼精蛋白用量的探讨	闵龙秋等 (171)
恒温血液热交换器	高钧光等 (172)
低温钾镁能量停跳液保护心肌的超微结构观察	王一山等 (173)
体外循环的应用和管理	夏求明等 (174)
应用遥测心电监护仪作心肌保护监测的临床观察	夏求明等 (175)
深低温体外循环临床应用 (附35例瓣膜置换手术)	苏廷宝等 (176)
双套筒式体外循环血液变温器	福建医科大学等 (177)
自制安全阀防止动脉路管道脱开——附体外循环中动脉路管道脱开一例报告	
	河北医学院第二医院麻醉科 (177)
血液稀释法用于体外循环心内直视手术应用84例体会	
	河北医学院第二医院麻醉科 (178)
小儿心肺机的设计及改型	上海第二医学院附属新华医院小儿胸外科等 (179)
活化凝血时间 (ACT) 在小儿心内直视手术中的应用	
	上海市儿科研究所心血管研究室等 (180)
小儿体外循环对血清蛋白变化的观察	上海第二医学院附属新华医院等 (182)
小儿体外循环的脑电图观察 (两种灌注技术的比较)	
	上海市儿科研究所脑电图室等 (184)
小儿体外循环心内直视手术后的红血球变化	
	上海第二医学院附属新华医院小儿胸外科 (187)

体外循环与人工心肺机的概况及今后发展的方向

中国人民解放军总医院心血管外科 苏 鸿 熙

心脏外科在过去四分之一世纪中之所以有如此的飞速发展，其中最主要的因素是体外循环成功地应用于临床，打开了心脏这个禁区，在人工心脏装置系统的不断完善和灌注技术的不断革新的情况下，心脏外科不断扩大其领域，从先天到后天，从简单到复杂，从对简单缺损的缝补到复杂畸形彻底矫正，从瓣膜的替换、冠状动脉架桥术直至心脏移植及心肺移植。这些技术的飞速发展不是偶然的，它是当代生产技术水平在心血管外科和心肺转流灌注技术领域内的反映。让我们简单地回顾一下体外循环和人工心肺机的发展史吧，便知一种设备技术的发展需要什么客观条件和什么主观努力了。了解它的艰难过去，掌握它的兴旺现在，便可预见需要什么客观条件和主观努力，去创造它的未来。过去的曲折历程并不仅仅是历史的陈述，而是我们前进的借鉴，兴旺发达的现状也决不是科学的顶峰，而是我们前进的基石；光明美好的未来，并不是不可及的幻景，而是我们奋斗的目标和明日的现实。

利用人工心肺机进行体外循环的发展史大致可分为五个阶段：即（一）概念阶段；（二）探索阶段；（三）实验阶段；（四）临床应用阶段；（五）不断完善和提高阶段。

（一）概念阶段：1813年La Gallois⁽¹⁾提出可利用人工循环以维持器官生命的概念，这是很可贵的设想；

（二）探索阶段：在这个阶段主要是验证上述的概念，并为人工灌注创造物质条件和探索生理可能。1828年Kay利用静脉血灌注法使死亡中的肌肉恢复了应激性，他迈出了可喜的一步；

1848 Loabell作了体外灌注肾脏的尝试；

1848—1858 Brown—Sequard认识到要用氧合血去灌注。他灌注离体的动物头，使之能保持某些神经反射；

1868 Ludwig及Schmidt制成可以维持恒压的灌注装置；

1882 Von Schroder 使空气泡通过静脉血使之氧合，这是鼓泡式氧合器的开端。

（三）实验阶段：

（1）初级实验阶段：此阶段主要是摸索人工心肺装置及体外循环的生理基础，其目的是利用人工循环灌注器官和组织。

1883 Von Frey及Gruder制成第一套人工心肺机（转筒式即表面暴露式的氧合器）。

1890 Jacobj用手间歇挤压放在动脉端的橡皮囊以产生搏动血流，进行灌注。他并用

动物肺进行氧合，开创了用生物氧化器的先例；

1910 Hooker 强调了灌注中脉压的重要性，他用的泵所产生的压力搏动波与正常脉搏类似；

1929 Brukhonenko 用生物肺氧合血液以灌注截下的狗头，可保持几小时仍有反应。1937年他曾做过全身灌注的动物实验，但其目的是使表面死亡的动物复活。

此阶段的主要问题是抗凝问题，那时是用去纤维蛋白的方法保持血液不凝，灌注后组织内出血，肺及小肠内亦有渗出。虽然1916、1918先后从动物的心和肝提出肝素，但纯度不够，不能应用于实验

（2）高级实验阶段：在1936年有两件重要的事情发生了：肝素纯化到了可以在人身上做实验的程度；另一个便是发现了A B O血型。

1937年Gibbon氏在短暂阻断肺动脉期间以人工心肺机进行体外循环，维持了狗的生命后，便产生了可利用体外循环进行心内直视手术的概念，这是认识上的飞跃，它的基础除人工心肺功能已比较好外，主要还是肝素的问世和血型的分类。

在此后的阶段里，各国的学者如：Bjork及Crafoord (1948)，Jongbloed (1949)，Kolff (1949) Kunlin (1948) Dogliotti (1951)，Melrose (1953)等，其中不少对人工心肺机及体外循环灌注也进行了不懈的研究。

在这一阶段由于鱼精蛋白(1949)的应用，对凝血机制的控制有了主动权；1950年Clark首次应用去泡剂A，使鼓泡式氧合器有了发展前途；机械工业和塑料工业的发展，使过去用的橡皮管道、玻璃盛器及铜接头均改为不锈钢或塑料制成，减少了血液破坏。

（四）临床应用阶段：在解决了抗凝及肝素中和、血型及血液交叉配合以及人工心肺装置系统的不断革新基础上，1953年Gibbon利用垂屏式氧合器及滚压或泵进行体外循环为一房间隔缺损病人直视修补成功，1954年夏瑞典的Crafoord等在体外循环下成功地进行了左心房粘液瘤切除术。从而使心脏外科进入了一个新的阶段。

在当时人工心肺机的主要问题是性能差氧合量小，因而1952—1953年Andreasen及Watson进行了低流量（即仅对奇静脉回流进行氧合）灌注的动物实验，安全时限达30分钟；1955 Lillehei等应用此法（奇静原理）进行了心内直视手术。由于这些原因，到了1956年，美国仅有四个地方能进行体外循环下心内直视手术（费城、密尼阿普利斯、罗遣斯特、盐湖城），此时还有用同种肺及异种肺作为氧合器进行心内直视手术者，等到了1957年便在世界各地广泛地开展了。

（五）不断完善和提高阶段（即人工心肺装置系统不断完善、心肺转流技术不断提高阶段）：在体外循环临床应用以后，面对很多问题：1. 人工心肺装置系统不够完善，表现在氧合量不够大，血液破坏多，过滤网眼太大；2. 灌注技术方面表现在灌注的安全时限为2~3小时，超过5小时者多死亡；3. 灌注后的并发症比较多：（1）凝血机制的紊乱——渗血出血。（2）灌注肺综合症或肺功能不全；（3）脑部并发症；（4）低心排出量及（5）DIC等。

经过20余年的奋斗，这些问题先后得到不同程度的解决。出现了下列的主要变化：

1. 人工心肺装置系统本身出现的主要变化：

(1) 膜式肺的问世和使用: Clowes 1958首先制成并应用于临床, 1964 Bramson亦制成并直用到现在, 1970 Lande'-Edwards及1971 Kolobow亦先后制成。

(2) 微泡型鼓泡式氧合器: Shiley, Spi-roflow, Harvey,

(3) 微孔过滤器,

(4) 搏动血流的采用,

(5) 与不同程度体温的结合,

(6) 心肌保护方法的改进。

2. 体外循环灌注或心肺转流这个专业也起了很大变化:

I、技术人员专业化、知识多样化: 随着科学技术的发展, 人工心肺装置系统的附件越来越多, 对体外循环灌注病理生理学的认识日趋深化, 其临床应用范围也逐步扩大。在实践中人们认识到体外循环是一项知识比较密集化的新技术, 甚至也可以说是新的学科, 它决不是只简单地开关人工心肺机的电钮, 控制氧合流量和泵速而已。它需要专门技术人员即所谓灌注师负责进行。在国外有两种这样的技术人员, 一种是医科专科大学毕业生, 受过专业训练; 另一种是受过高中或大学教育, 而后再受两年基础训练的灌注师, 在实践中前者为主, 后者为辅。要真正做到一个好的灌注师, 应具有广泛的基础知识, 包括机械学、流体力学、生物医学工程学、电子技术、呼吸循环生理学以及心肺转流的血液动力学、血液学、病理生理学及内分泌学等, 此外还必须具有丰富的心血管外科的基础知识, 这样才能比较全面地掌握和运用人工心肺机, 更好地为心内直视手术及抢救垂危病人服务, 并在运用过程中不断革新和创造, 真正做到人工心肺装置的主宰。无疑, 这些是很高的要求, 目前要做到还很困难, 但取法乎上适得乎中, 可作为今后的奋斗目标。

要造就专家别无他途, 它只能是在为人民服务过程中的自然产物。没有大量的医疗实践, 不可能有丰富的经验和高超的技术; 此外, 还要有一定的现代设备, 收集客观资料以开扩思路, 深化认识和掌握规律。目前, 我国这样的专业人员数量还很少, 其中确实也出了一些专家, 但总的说来, 还有些一般基础知识仍歉不足。解决的办法是提高工作效率、增加工作量, 在实践中不断学习, 加强协作, 要三个“臭皮匠”凑一个“诸葛亮”, 充分发挥社会主义大协作的作用。这不是一日之计, 这应是我们工作中一个永远的指导方针。

II、人工心肺装置系统组件的标准化、装配化及某些部件的商品化: 所谓组件的标准化及装置化指的是:

一、各种人工心肺机的血泵及其附件可与各种氧合器装配在一齐运用, 这就需要各个部件设计规格的标准化。此外, 还有一种特殊要求, 那就是凡是配有由动脉泵控制的静脉泵的组件者, 均可与狭长通道型膜式氧合器联合使用, 因为可利用受动脉泵控制的静脉泵把静脉血驱动使之通过Kolobow及Travenol膜式肺, 以保持血液进出的平衡。

二、血泵的组件式: 由3到5个血泵组成, 以适应动脉灌注、冠状动脉灌注、儿童灌注、心内多处吸吮(左、右心、心包及肺动脉等处)。一般有5个泵者, 3个为高流量, 2个为低流量。有的泵头可同时装上两根泵管进行吸吮。

三、配套成龙：随着机械工业、塑料工业及电子技术的不断发展，人工心肺机系统的性能愈来愈高，附件也越来越多，从其分类看可概括为下列14个方面：

(一) 主件：人工心肺机；

(二) 输送系统：导管、管道及接头：现均由塑料制成，其原料有用硅胶者、有用Teflon者。

(三) 保证安全装置：

1. 双重电源：外接电源与电池电源，以保证在断电情况下心肺转流不中断。
2. 气体流量计：以控制氧合气体中 O_2 以 CO_2 的合适浓度。
3. 微孔过滤器：预充液用5~20微米孔眼滤网以去除预充液中及氧合器中的塑料碎片及纤维丝，动脉泵管线中则用40~80微米孔眼以滤去其中的微粒。

4. 气泡捕捉器：多用于鼓泡式氧合器。

5. 微栓子探测仪：电子计数器Coul-ter Counter。

6. 血面控制装置，以免发生动脉血库排空后，产生气栓

(四) 血动力学监测器：

1. 血流量计：以控制流量的高低。
2. 压力测定器：有可调的压力范围，在动脉压超出范围时，可自动减慢或停止动脉泵的转动。
3. 血液及灌注液渗透压测定器。此外，还有过滤器压力测定器，冠状动脉灌注压力测定器及中心静脉压力测定器等。

(五) 生化监测：把探头放在血中既可测定血清钾值及pH值。

(六) 温度监测器：有遥测温度计以测定心肌温(室间隔处)，体温、热交换器的进出水温、病员鼻咽或食道或肛温。

(七) 热交换器：多与氧合器结合在一起。

(八) 储血器：有动、静脉储血器及心内吸吮储血器。

(九) 双向吸引器及附加虹吸吸引器：吸引负压保持在15Cm水柱，否则其液血远较用滚压泵者为重。

(十) 助搏装置：这是新近几年增添的装置，主要是由于认识到搏动血流灌注的优点所采取的措施。

(十一) 联系装置：在人工心肺机上外加小型电视显像屏，以便及时观察手术进程。

(十二) 激活凝血时间的测定：保证肝素适量的应用及鱼精蛋白中和的合适用量。
所用装置名Hemochron。

(十三) 血细胞分离回收装置：处理回收血液，把红细胞分离以便输回。

(十四) 治疗的附属设备：

1. 在酸碱度及电解质可自动监测后，便可利用自动装置及时补给碱性溶液及电解质，主要是钾盐。

2. 小型人工肾：于灌注结束时，用它去除灌注中带进体内的予充液，以免在肾脏排尿功能不好时，水的滞留，也可避免由尿排出大量的电解质。

电子计算机控制的体外循环装置不久将会出现。

由于塑料工业的发达,于过去十余年中出现了除保留心泵部分外,均可抛弃的氧合器管道、接头、过滤器、储血器等附件,有的连转碟式氧合器的碟片也是可弃式。这些附件已分别包装、消毒、出售、备用,完全达到了商品化。其优点是节省了人力,并可迅速开展工作,避免了污染和异体蛋白的残迹,也无疑会造成浪费。

Ⅲ、灌注基本技术的规格化,特殊技术的选用化:通过近四分之一世纪的大量临床实践、心肺转流的灌注基本技术,例如:人工心肺机的选用、灌注流量的高低与不同程度低温的结合,血液稀释度的大小,过滤器滤网孔眼的规格以及多处过滤等,久已不再是心血管外科学术会议上争论的焦点了。在血泵方面绝大多数为滚压式泵,氧合器以微泡型鼓泡式氧合器应用最为广泛,其中Shiley氧合器的流量可达7000毫升/分,氧血比例低至0.6~0.35,氧合性能好,血液破坏少。从其结构看,达到了氧合、热交换、去沫、过滤及储血等五结合的要求。由于氧合器氧合性能的提高和要减少灌注中微循环的障碍因而都采用了高流量灌注,在浅、中度低温时流量 $2.0\sim 2.5$ 升/分/米²;在28℃以下,可用1.6升/分/米²,超低温时,可降至0.5升/分/米²,在5公斤及以下婴幼儿可高达200毫升/分/公斤。

血液稀释灌注法可以减少用血或不用血,从而减少灌注中血管内血细胞的沉淀和聚集,因而减少了灌注中重要脏器如心、肾的微栓子栓塞;血液稀释也会改善支气管动脉的循环,从而减少肺部并发症。在用血作予充者,灌注后肺表面活性物质的活性较不用血者明显减少,其顺应性亦较低;由于这些无可争议的优点,故目前血液稀释灌注法已被广泛采用。但在稀释度上还有不同的作法,一般主张血细胞压积不应低于25%或20%,血色素不应低于8克,但亦有采用高度或极度稀释者,血细胞压积达15%,血色素到6克,而术后红细胞的下降反较一般稀释者为少。

在血液稀释有待努力的是血液代用品的综合与选用。Vasko等曾用Pluronic F-68作为予充之用,此物是一种综合辅聚合物,无毒亦无活性,有带O₂及CO₂的能力,并对心脏有增强收缩的可能,并可预防溶血、脂肪栓塞、蛋白变性等。另一种物质便是萤碳(Fluorocarbon)化合物,实验证明把动物的血全部用它代替后,不但可经受手术,且可活到体内红细胞完全复到原来水平;此化合物亦无活性,可由体内缓慢排出。“代替”就是革命,一旦较理想的血液代用品问世,则体外循环灌注将进入一个新的纪元。

微孔过滤器的应用〔2-4〕,增加了灌注的安全度。这是多年逐步认识到:在心肺转流的血液中有无数的由50微米到200微米微形粒子,主要由血小板与白细胞聚集而成。其来源有:

(1)库血:每立方毫米有10微米~200微米的微粒约100个;(2)由氧合,泵血及吸吮外伤所致;(3)输血反应产生不同程度的血细胞聚集;(4)外伤及低血压导致血小板破坏释放血清素,使血小板及白细胞聚集;(5)血与异物面接触使红细胞破坏,所释放的物质及循环中的脂质均可加重血细胞聚集。这些微粒用一般170微米孔眼的过滤网不能滤出,故可产生肺及脑的栓塞。近几年来采用了微孔滤网过滤器或由涤纶丝或多氨基甲酸乙脂做成的深度吸附过滤器,可以把15微米或20微米大小由血小板及白细

胞聚集的微粒及纤维蛋白丝滤出。

现在常用的过滤器的规格和用途有：

(一) 预充液过滤器：孔眼5~20微米大小，主要用于鼓泡式氧合器，因这种氧合器内有各种纤维丝及塑料碎片，把此过滤器置于动、静脉管道线之间，使预充液反复循环过滤，可去除其中微栓81%，使开心手术后神经功能不全的发生率由14.3%降至10.7%。

(二) 心内吸吮过滤器：孔眼20微米大小，能够滤出由心内吸吮器吸入的任何异物及血小板与白细胞的聚集物，通过量1—2升/分。

(三) 动脉管线中的过滤器：孔眼大小由40~80微米，置于动脉泵与病人之间，通过流量要高达6升/分，而又没有太大的溶血。一般认为滤网面积要大，至少50厘米²/升/分，方不至因部分孔眼堵塞而发生梗阻，Ultipor 过滤器有645厘米²的过滤面积，即使如此，仍应有外加转流管道，以防在过滤器阻塞时，仍可维持灌注。动脉管道中微孔过滤器的应用可以减少灌注后的大脑功能失常，减少术后视动试验的记分以及显著改善大脑氧的代谢摄取率，改进大脑功能⁽⁵⁾。

(四) 浓缩血小板过滤器：孔眼170微米；

(五) 库血过滤器：孔眼25—40微米。

对过滤器的鉴定有三种方法：

1. 肺功能的改变：

① 肺对通气来说是个“吸尘器”，对血液循环来说是个“过滤器”。它对血中有微栓子的存在最为敏感，故可把肺功能作为对过滤器性能的衡量标准。因输血或体外循环灌注所导致的肺毛细血管床广泛栓塞，可引起一系列继发反应：血小板+红白细胞栓子→破坏→对肺小泡间隔及受影响的血管内皮细胞的损伤→损伤细胞放出酶+局部酸性代谢产物→基底膜的通透性增加→基底膜完整性消失→小血管肿胀最后破裂→出血及毒物→肺小泡内及肺小泡间质内出血和肿胀→进一步损伤肺血流→肺功能不全。Cornnell 等用电镜检查发现：用过滤器的部位愈多，病人肺部的退行性病变愈少。

② 滤网滤过压力的改变，即过滤前的过滤压比过滤后者为高。

③ 血液大小粒子的计数：利用电子微粒计数器计数粒子的数目和大小，小至10微米者亦可计数，经过滤后，微粒子的计数减少。

一个好的过滤器应当是仅过滤聚集物及损坏或无功能的血细胞，而对血小板、红细胞、白细胞和蛋白等无害。目前还缺乏较理想的过滤器，而我国应用的过滤器的孔眼太大且又不均匀，急待改进。

特殊灌注技术的选用化：指的是膜式肺及搏动血流灌注的选用。

膜式氧合器的应用：膜式氧合器的问世是高分子化学时代的必然产物，它为长时间灌注特别为抢救急性心或肺功能衰竭或急性心肺功能衰竭提供了较好的氧合装置，减少了血气界面所引起的血浆蛋白变性和微气泡及血小板白细胞聚集的栓子，从而能维持较好的微循环和组织灌注⁽⁶⁾。但在目前由于它的构造复杂，予充时不易驱除其内的气泡，且费用昂贵，故仅限于少数医学中心使用，而多数把它列为选用。一般认为：灌注在2

小时以内的心内直视手术，没有应用膜式氧合器的必要，因为在生物化学及血液学方面它并不比鼓泡式优越⁽⁷⁾，目前有采用鼓泡式与膜式两种氧合器联合应用者，两者间联有可转变的管道，以应付术中未能事先料及的复杂病情，或术后的不测情况需长时间灌注或辅助循环者，便可把鼓泡式氧合器换为膜式。在膜间通道窄而长的膜式氧合器如Kolobow及Travenol氧合器，均需由动脉泵控制其流量的静脉泵去驱动静脉血流经其中，这是其缺点之一。

搏动血流灌注：搏动血流灌注已有90年的历史，迄今尚未能很好地解决。实际上，所有的血泵均可产生搏动，不过有高幅度及低幅度之分而已。目前所说搏动血流灌注指的是高幅度者。其优点有：

(1) 多血供应的内脏如肾、脑、心、肝的灌注较好，在肾表现为小便量多，在心脏为心内膜下血液供应较好⁽⁸⁾；但亦有作者认为：搏动血流灌注除可使小便量增加外，别无优越。

(2) 微循环好，氧耗量增加可以减少加压素的应激反应⁽⁹⁾；血小板的聚集较少，周围血管阻力较低；

(3) 代谢性酸中毒较轻。

产生搏动血流的方法有两种：

(1) 利用体内或体外的助搏装置；

(2) 一种是利用输出量较大并带有活瓣的血泵如Dale-Schuster泵，Crafoord-Senn-ing-Aga泵。从仿生学的观点看后者似有较好的发展前途。在完善装置及减少血液破坏的情况下，将会被广泛采用。主动脉灌注跨套管的高压阶差，虽不易克服，但可采用大口径(8mm)导管使之减少。目前由于此种装置尚不完善，故国外多数医学中心对搏动血流灌注有选择的采用，即仅用于脑、肾或其它脏器供血不足的病人。

激活凝血时间(ACT)的测定对肝素的用量及追加时机和量都提供了明确指标，特别对鱼精蛋白中和合适用量的测定，尤为重要。它使肝素和鱼精蛋白的用量个体化。因为肝素在体内的代谢因人而异，其半衰期可以从少于1小时到长于4小时，在体外循环中一般把ACT维持在400~500秒，在用鱼精蛋白中和肝素后要把ACT回复到130秒以内。此法的应用可减少术后的出血量⁽¹⁰⁾。

Ⅳ、心肌保护概念的全面观和保护方法的多样化：作为一个手术者或灌注师应当对心肌保护的概念、理论和方法了如指掌。灌注师，术前应当了解病人的心血管病程度和心功能损害情况，术后也应随时观察灌注后的反应和心功的变化。从一般概念讲，每提到心肌保护总多想到心内直视手术中在阻断冠状循环后如何保护心肌，很少想到术前、阻断开主动脉前及松解后和术后应如何保护。经验告诉我们保护心肌的概念要有全面观：心肌保护应慎于术前，严于术中，善于术后，直至康复，这才是正确的认识。术前保护心肌的目的是改善心功，增加储备；术中保护心肌以减少损伤，最大可能地保护心肌的收缩功能，减少心肌缺氧的程度和心肌细胞超微结构的破坏；术后保护心肌，主要是减少前后负荷，促进康复。

由于对心肌保护概念的全面观，因而带来了方法的多样化。术前、术后对心肌保护

的措施不外合理控制前、后负荷，提供代谢能源，增加心肌能量储备，改善心肌供氧，并可利用 β 阻滞剂减低心肌细胞代谢率，以及调整心肌细胞的内外环境等；在术中保护心肌除缩短阻断冠状循环时间，减少物理性创伤包括缩小心肌切口，避免过度牵拉，过度的翻转心脏（可堵塞冠状A及上下腔口），保全心肌血运，避免冠状动脉栓塞以及用低工率除颤外，主要方法还是冷停搏液灌注的应用，外加心肌局部降温法。纵观心肌保护方法的演变史，横察中外各家保护方法的实质，我认为在考虑心肌保护时应争取做到八个“好”：（1）好的心脏基础、（2）好的麻醉过程、（3）好的心肌保护方法，（4）好的手术效果，（5）好的复苏条件，（6）好的复苏措施，（7）好的复苏后循环支持，（8）好的后续处理。

一、好的心脏基础：在术前及心内直视手术前对病人的心肌状态作充分的估计是十分必要的，肥厚及缺血的心肌除储备功能减低外，还对缺氧耐受性差。因此，对阻断冠状循环的时限应缩到最短，有的仅阻断20分钟便可产生不可恢复的心肌衰竭，在这种病人能不阻断当然最好。此外在前、后负荷过重、心律失常，酸中毒及低血清钾的病人，心脏的基础也差，应在术前、术中及时予以纠正。

二、好的麻醉过程：不打破心肌耗氧与供氧的平衡（下表），就需要一个充足的麻醉前镇静，快速的诱导，适度的麻醉，平稳的血压和充分的供氧。在采用药物时，一定要把药物对心肌耗氧与供氧的平衡有无影响，慎重考虑。

心肌耗氧与供氧平衡：

影响耗氧量的因素

影响供氧因素

1. 前负荷（容量负荷）冠状血流：血压高低血管舒缩状态
2. 后负荷（阻力负荷）氧的输送带氧量：血红蛋白 气体交换 氧的游离
3. 心率
4. 收缩力
5. 体温

三、好的心肌保护方法：心肌保护的方法很多，但不外：

（一）缺氧性停搏：间断阻断冠状循环使心脏产生室颤或缺氧性停搏，外加局部降温。此法多用于冠状动脉搭桥术。

（二）冷停搏液灌注诱导停搏法：以4℃上下含钾盐的溶液作升主动脉灌注，把心肌温度降到15℃以下。

（三）保持冠状循环：在常温或低温下，不阻断升主动脉使心脏跳动或产生心室纤颤，此法多用于冠状搭桥手术或用于二尖瓣瓣膜置换术，亦有助于四联症矫正术者；另一种方法是作冠状动脉直接灌注，多用于主动脉瓣手术。

上述的三种方法中以（2）应用的较为广泛，其优点有：（1）在主动脉根灌注可使心肌温度很快降低，减少能量的消耗；（2）很快停止电机械活动，以减少磷酸肌酸及三磷酸腺苷的耗尽；（3）心肌细胞外钾浓度高，可以减少在缺血期间钾离子的外转移及钙离子的内转移，从而保护了心肌细胞（11、12）。

目前对心肌降温的深度及停搏液的组成和停搏剂钾盐的浓度,还存在着不同的看法,一个较好的心脏冷停搏液灌注法应符合下列几点要求:

(一)能达到快、静、深、均、长:

1. 快:以减少在阻断升主动脉后及停搏前发生心室纤颤时对能量的消耗,需要较粗的针头或细导管作为灌注之用,灌注压应保持在90~100毫米汞柱(冠状动脉的正常灌注压力为80—100毫米汞柱),用压力囊加压者其加压的压力范围为150~300毫米汞柱。灌注液应在2~3分钟内灌完,其流量达150毫升—250毫升/分(正常静止时冠状动脉灌注量为250毫升/分);太快的速度降温到4℃亦可能产生损伤,即所谓“温度休克”。Behrandt等认为4℃的灌注液使左室心肌细胞水肿变硬,心脏的舒张期顺应性因而减低。这些不同意见值得重视。

2. 静:在灌液中加入氯化钾16~35毫当量/升及普鲁卡因/毫当量/升,以达到心脏机械活动完全消失,把能量消耗减少到最低限度,其保护效果较佳。否则,心室发生纤颤其耗氧量与跳动者差不多,且影响心内膜下的血运。

3. 深:对心肌降温程度有愈趋下降的倾向,认为降到10~15℃以内为佳。根据我科93例心肌保护综合方法临床效果的分析,心肌温度在15℃以下者,自动复率达83.3%(全组为75.3%),复苏后很快恢复窦性心律者达83%;心温在15℃以上者自动复苏率逐渐减少。低心排出量的发生率在15℃以下者亦较低。如何能达到心肌温度降深的,一个是灌注液要冷到4℃,另一个是灌注量要多,成人500~750毫升,有的到1000毫升;儿童300~450毫升。在灌注开始后再封闭升主动脉,以保持其瓣膜在关闭状态,从而保证冠状循环的有效灌注。如是,一般心温可降至15℃以下。此外,局部再加表面降温〔13〕,及心腔内降温〔14〕。表面降温的方法甚多:冰盐滴注、循环冰盐浸泡、小冰袋,甚至仍有用冰屑覆盖降温者,这些措施可使心肌温度进一步降低或保持或稍升。究竟心肌温度降至多深为好,最近Swanson等的动物实验资料认为降到4℃较15℃为佳〔15〕。也有的作者认为4℃可使细胞内脂类固体化,在15℃以下与细胞膜结合的三磷酸腺苷酶及 H^+ - K^+ 的活性受到限制,使 K^+ 向细胞内转移,因而产生水肿〔16〕,这可以加入渗透剂解决。

4. 均:所谓“均”指的是心肌各层及心脏各部分降温均匀。最好的方法是冷停搏液灌注法,但要注意几个条件:(1)很重要的条件是灌注时不要有心室纤颤。否则,灌注液到心内膜下区去的较少;(2)防止心脏膨胀,因为这也影响心内膜下的灌注;(3)冠状动脉粥样硬化所产生的狭窄或闭塞〔17〕。根据动物实验结果,该枝冠状动脉供血区的心肌温度下降比正常区慢5倍,而下降幅度亦较少。在复温时则相反,复温6分钟时其温度较正常区低87%,12分时低83%,30分时低31%,这种温差的存在,使心肌各部分缺氧的程度不一,损害不一,应激能不一,因而复苏时易发生心室纤颤;(4)如何保持低温均匀并防止复升。主要是心内膜下区因非冠状循环的回心血流的温润和心肌表面灯光的灼灼,使心内膜下区,心肌表面的心肌温度均有不同幅度的回升。补救的办法是心肌表面及心腔内的局部降温,及间断冷停搏液或冷液灌注。

5. 长:指的是能维持心肌处于静止及低温状态的时间要长,使心肌对缺氧耐受性

的安全时限长，至少一小时以上。为此，除采取上述措施外，可每隔20~30分钟，重复冷灌一次，在加用冰盐水局部滴浸者，可延长心肌的低温状态和安全阻断时限。

(二) 冷停搏液配方的基本要求：应做到“保养钾适量”。

1. 保：灌注液中加入激素以保护细胞膜的完整，防止溶酶体膜的崩溃；此外灌注液的pH应保持在7.4~7.7；其渗透压应略高于常限以防心肌水肿〔18〕。

2. 养：术前、术中提高心肌糖元含量，在灌注液中加入葡萄糖及胰岛素，有利于乏氧代谢；有的加用左旋谷氨酸盐、腺甙、二磷酸腺甙，这些对缺氧性损伤的逆转有作用，可能由于提供三磷酸腺甙先质，有促进三磷酸腺甙的恢复；还有加用腺甙脱氨酶抑制剂，以阻滞腺甙的分解代谢者。直接用血液作溶剂的冷停搏灌注法，又是一个提高。较理想的血液代用品的问世，可能提供更好的溶剂。

3. 钾适量：停搏液中钾盐含量的高低有所争议，一般在25~35毫当量/升。有的认为心肌温度在20℃以下时，停搏液中高浓度的钾是不必要的，20毫当量/升与5毫当量/升在效果上无显著差异〔19〕。还有的认为停搏液中钾盐过高是复苏后产生房、室性心律不齐的原因。今后发展的趋向可能是：第一次灌注液中钾含量20~25毫当量/升，再次灌注时其含量可降至生理血钾水平。

(三) 多处引流防室胀：由于心脏停搏快且呈舒张状态，如不对左右心腔引流，甚易引起左右心室膨胀，即使在40~50毫米汞柱的静止压力下，亦可导致不可转复的心肌纤维断裂及心内膜下区微循环障碍，虽为时短暂，但危害严重，有些不易解释的术后低心排出量或急性心功衰竭，其原因就在于此。实际上过度膨胀所造成的心肌损伤远比冠状动脉栓塞及缺氧所造成者为重，并且持久，故在冷停搏液灌注前，必须作好左右心引流的准备工作。

四、好的手术效果：这是很重要的一条。在手术前病人心脏可能有过度前负荷或过度后负荷或二者均有，亦可能有心肌缺血病变。如手术治疗不彻底，则会对心脏复苏有不利的影响，无需赘言。

五、好的复苏条件：做到一“防”五“偏高”：

(一) 一防：指的是防止冠状动脉栓塞，在心内直视手术中要吸除心内的组织屑，钙化粒。缝合心脏切口后，应吸除心腔内及升主动脉内的残余气体，并作好升主动脉用槽针排气的准备。冠状动脉栓塞正如心肌梗塞一样对心肌收缩功能及心律会有严重影响，有时发生室纤颤。一般说来空气栓塞的损害是可复转的，而微粒的栓塞则是永久性的危害。

(二) 五偏高：首先应为心脏复苏准备好内环境那就是：(1) 灌注血温偏高28~32℃；(2) 酸碱度偏高使pH接近高限7.45；(3) 血清钾偏高界于4.5~6.0毫当量/升，这三者均可提高心室的纤颤阈，有利于自动复苏；此外，还要改善冠状灌注；(4) 灌注流量偏高；(5) 灌注压偏高，至少应在60毫米汞柱以上。根据最近文献报导，所谓心脏再灌注损伤，有的作者认为：是一种不能证实的神话，可能是由于低温停搏对心肌有保护作用的缘故。

六、好的复苏措施：应注意到复苏的三步曲即复苏、复律、复力；缺氧对心肌的影

响首先表现出来的是收缩功能，其次是传导障碍，心动过缓以至停搏或心室纤颤；第三是生化改变及酶的释放，心肌细胞损伤后放出CPK，SGOT，LDH等；第四是超微结构的改变。在复苏时，上述的过程倒过来了。故应注意到三步曲，使心脏恢复到能承担生理负荷的程度。其措施有：

（一）心肌“镇静”：在开放升主动脉时，于血槽中滴注利多卡因1~2毫升/公斤，以防心室纤颤的发生。

（二）空虚复搏：开放升主动脉后，注意心内充分引流，同时间断作心脏按摩，特别在紫绀型先天性心脏病有丰富支气管循环或在主动脉瓣有关闭不全者，尤应如此；在二尖瓣置换术后如无左室引流或引流不畅亦易膨胀，均应按摩至心肌张力恢复到能承担负荷时为止。

（三）低功率除颤防灼伤：实验证明用高于30瓦秒电工率电击除颤易心肌灼伤，故除颤时可从低功率开始。有的5瓦秒以下亦可电击除颤〔^{20 21}〕。

（四）空虚跳动以偿还氧债：心肌受一段时间缺氧后，组织内欠下的氧债，应充分供血供氧后方能偿还。空跳心脏的耗氧量比完全工作的心脏少60%，且空虚的心脏在舒张期各部位的供血均好，这时候对心脏来说是高灌注低负荷，高供应低消耗，有利于偿还氧债，恢复收缩功能。一般可使之空跳15~20分钟。此时左室减压除防胀外，还有吸除在升主动脉钳闭开放后由右心回到左心含钾量较高的血液，因为冠状循环内有残留的停搏液，以及缺氧期间心肌细胞内钾离子的外转移。如引流不畅，常可看到心脏复跳几次后又有停搏的现象。

七、好的复苏循环支持：应根据心脏收缩力恢复的情况，使之逐渐增加前负荷，适当控制后负荷。此时的依据是左、右心室的大小，中心静脉压，左心房压、左室压以及平均动脉压。当减低灌注流量增加心脏前负荷后，如心脏不胀，收缩有力，动脉压可维持在90~100毫米汞柱时，即可逐步停止辅助循环；如停止后心脏膨胀，左心房压力升高至12毫米汞柱以上，即使动脉压在正常范围，亦应恢复辅助灌注，以减少心脏前负荷，以便心肌进一步恢复收缩力，必要时还可采用胰高糖、付肾素以及丙基肾上腺素等药物；在不能脱离泵者，可及时采用主动脉内气囊反搏，在有条件者甚或用左心辅助装置。

八、好的后续处理：目的在于使恢复中的心脏收缩功能能继续向好的方向发展，其措施不外：

（一）适当减少心脏前后负荷；

（二）好的冠状循环，必要时可继续采用主动脉内气囊及搏动；

（三）循环支持药物的应用：根据循环情况采用心肌收缩增强剂（如异丙基肾上腺素、钙、GIK溶液、胰高糖），抗心律不齐药物（如钾、利多卡因等）及提高冠状循环血流药物（如阿拉明、新弗林，美苏可新明等）；

（四）防止低血清钾及酸中毒；

（五）积极采用呼吸器治疗可能存在的肺损伤及肺功能不全，以保证充分供氧。

上述这些就是心肌保护的全面观和措施的多样化可以概括为：

心保非寻常 八“好”铭心上