

体外循环下心内直视手术



中华医学会湖南省分会心血管病学会
湖南省心血管病办公室
体外循环下心内直视手术学习班

1981年12月

前 言

心脏病是一常见病、多发病，占死亡原因的首位，严重危害人民的健康。一部分心脏病可用外科方法治疗，但稍复杂的只能在体外循环下才能进行手术。我省人多，心脏病须要手术者不少。为此，很有必要将体外循环这一基本技能在省内一定范围内进行推广。特收集了十余篇有关体外循环的基本知识与技能的文章，编印成册，供我省体外循环心内直视手术学习班用。时间匆促，水平有限，错误之处，在所难免，希读者批评指正。

目 录

一 前 言	1
二 体外循环	3~8
三 人工心肺机的历史与现况	9~15
四 室间隔缺损的外科手术	16~26
五 室间隔缺损的修补术	27~30
六 体外循环心脏手术前、后的一般处理	31~51
七 心脏手术后监护及处理	52~64
八 体外循环操作常规	65~86
九 呼吸机在心外科的应用	87~97
十 心血管病手术麻醉	98~105
十一 心肺复苏简介	106~110
十二 深低温体外循环临床应用	111~118
十三 心脏手术后监护室护士工作	119~133
十四 按需型(R波—抑制型)起搏器 应用的基本知识	134~138
十五 体外循环下室间隔缺损及大型房 间隔缺损直视手术的配合	139~148

目 录

一、前 言	1
二、体外循环	3~8
三、人工心肺机的历史与现状	9~15
四、室间隔缺损的外科手术	16~26
五、室间隔缺损的修补术	27~30
六、体外循环心脏手术前、后的一般处理	31~51
七、心脏手术后监护及处理	52~64
八、体外循环操作常规	65~86
九、呼吸机在心外科的应用	87~97
十、心血管病手术麻醉	98~105
十一、心肺复苏简介	106~110
十二、深低温体外循环临床应用	111~118
十三、心脏手术后监护室护士工作	119~133
十四、按需型(R波—抑制型)起搏器 应用的基本知识	134~138
十五、体外循环下室间隔缺损及大型房 间隔缺损直视手术的配合	139~148

前 言

心脏病是一常见病、多发病，占死亡原因的首位，严重危害人民的健康。一部分心脏病可用外科方法治疗，但稍复杂的只能在体外循环下才能进行手术。我省人多，心脏病须要手术者不少。为此，很有必要将体外循环这一基本技能在省内一定范围内进行推广。特收集了十余篇有关体外循环的基本知识与技能的文章，编印成册，供我省体外循环心内直视手术学习班用。时间匆促，水平有限，错误之处，在所难免，希读者批评指正。

体 外 循 环

詹 天

体外循环是一机器装置，用泵及人工肺与病人血管相连接，暂时代替人的心脏泵血和肺脏气体交换的功能的一种技术。

虽然目前在使用体外循环之后，某些器官或系统可能暂时发生功能不全，但它是进行心内直视手术不可少的设备。有些病人有严重的呼吸功能不全。或作胸主动脉的手术或其他原因，可作部分体外循环（即仍利用病人的心和肺进行工作），这些本文不予讨论。

在具体实施中是：（1）将一动脉管插入主动脉或一根大血管，从人工心肺机将氧合血注入人体；（2）用一或多根静脉管插入右房或其大的静脉分枝，将病人所有的静脉血引流入人工心肺机进行氧合；（3）因为支气管动脉及主动脉与肺间的侧枝循环血均经肺静脉进入心脏，冠脉血流经冠状静脉窦及心脏最小静脉（thebesian Vein）进入心脏，因此须要一心内引流管或吸引将血收回至人工心肺机的静脉侧。

正常人在麻醉下心脏指数为 2.5 升/分/米^2 ，故从心肺机泵入人体的血量，在正常温度下应与它相似。因而在实际操作中，心肺机的常用灌注量为 $2 \sim 2.5 \text{ 升/分/米}^2$ 。

在操作中另加的一些方法如低温、血液稀释及暂时性心肌缺血，这些可预防对病人器官或系统发生严重损害，有利于较好完成心脏手术。

一、手术操作

（一）动脉插管：常直接插入升主动脉（除了病人要作升主

动脉瘤切除或要将原来的主—肺动脉分流导管离断，须要经股动脉或股动脉插管外），一般都经此途径插管。至于二者的优缺点尚有争论。从血流动力学影响看，二者的结果均相似。但也有人（Magillian 等 1972 年）认为经股动脉插管，左颈总动脉血流较升主动脉各种插管为高。但有人认为他的实验研究因主动脉插管口径小，插管入口离开了主动脉根部因而影响血液进入头部动脉有关，故认为临床上二者是没有多大差别的。

主动脉插管方法是在升主动脉上方作二个荷包结，在荷包结圈内剪除小块血管外膜，将导管经小刀穿刺孔插入，可边切口边插，也可用主动脉侧壁钳夹于荷包结下，^{容易将血管夹入，但安全可靠}切开主动脉，边插边松钳，动脉管尖朝向远心端，然后用阻断橡皮管将荷包结拉紧，使导管固定于主动脉内并堵住导管周围出血，最后将导管及两阻断橡皮管捆绑在一起作固定。当拔除导管时，先松荷包结，拔管后结扎两荷包结，即能很好止住切口流血。

② ³¹¹³ ~~3113~~ 静脉插管：常经右房插入上、下腔静脉，将血引流入心肺机。可在右房上先作荷包结，用侧壁钳夹住，切开荷包结内右心房壁将管插入上、下腔静脉。二管可靠近上、下腔插入，也可经右心耳插下腔，右房壁插上腔。如须经右房切开进行手术，则上腔宜靠近上腔，或经右心耳插直角型管，下腔则靠近下腔口插，也宜用直角型管。如作左心手术，也可在右房插一管或用特制既能引流右房，又能引流下腔的导管。上腔管一般插至左无名静脉平面，使左侧头颈部血能引出，下腔管插至离下腔口 1~2 厘米即可。如有左上腔静脉，一般该血管不大，有二法引流，一为直接插入左上腔，一为经右心耳插入直至右房内冠状静脉窦内进行引流。上下腔插管

口径均宜较大，约为上、下腔直径的 $2/3$ 左右，同时也应根据灌注而定，转流时静脉引流务希通畅，静脉压愈低愈好。一般希维持在零。

心内吸引装置：常在体外循环开始后，用 $2/16 \sim 3/16$ 寸内径的导管插入左房，一般可经右上肺静脉入口或右侧左房壁，先作好荷包结，然后切开左房将管插入。如作主动脉瓣手术，可将此管插入，经过二尖瓣直达左心室。左心尖插管常用于主动脉瓣手术或须作室缺定位者（因可注入水或美兰定位）。其法为在左心室尖作荷包结或褥式缝线，切开后将管插入。术后拔管结扎缝线即可，必要时加缝线止血。

（三） 心腔引流或抽吸，常是血液破坏的原因，特别是作吸引者。（参考体外循环的现状）。

三 灌注技术

（一） 温度：手术时间短者可不降温，如手术较复杂，可加用中等低温 30°C 左右。如很复杂或系婴幼儿，也可用深低温 20°C 左右。如有一效能好的变温装置则可较快降温或复温。为方便起见，常规将变温器置于动脉侧。降温时为了避免破坏血液，一般使动脉侧血温不低于病人鼻咽温 14°C 。复温时，为了避免气体游离产生气栓，使血温不高于体温 15°C 。一般情况下，灌注温度不能超过 39.5°C ，而复温时水温不超过 42°C 。

婴儿常先作体表降温至 $30 \sim 32^{\circ}\text{C}$ （鼻咽温），然后体外循环再降温。

（二） 灌注流量：因体外循环能破坏血液，有人主张用适当的低流量即可。实验研究 37°C ，机体代谢与流量成正比，灌注

量可维持在 $2.0 \sim 2.5$ 升/分/米²，在这流量下，可能大多数微循环均灌注良好，在 $28^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$ ，一般用 $2.0 \sim 2.5$ 升/分/米²，如在 28°C 以下，可用 1.6 升/分/米² 流量。如用深低温可用 0.5 升/分/米² 流量，即在深低温用低流量灌注，比无灌注要好。目前使用的灌注多为非搏动性。搏动性灌注更接近生理情况。

(三) 动脉压：如为常温或中等低温，灌注压不宜低于 55 mm Hg，否则影响主要器官组织灌注。在开始建立体外循环时，灌注量为 $2 \sim 2.5$ 升/分/米²，此时动脉血压虽维持在 55 mm Hg，电波常也平坦。几分钟后，周围血管阻力增加，动脉压应当上升。如几分钟后不能达到上述水平，可用血管收缩药。有人主张用美速克新命 2 毫克，如仍无效，可用肾上腺素 $1 \sim 5$ 微克。有时动脉压太高，（平均压超过 100 mm Hg），此时在肝素化下，有可能发生脑出血。因而此时宜用血管扩张药，如吸入氟烷或托拉西林。如无效，可降低灌注量，使动脉压低于 100 mmHg。

在婴幼儿作深低温时，血压常低，没有必要用升压药物。

(四) 灌注液（预充液）：正常人 37°C 时，似乎理想的灌注液应为血液（并有正常血球压积）。但实际在体外循环下进行手术的病人与正常人不同，他将发生迅速体温的改变，用的是非搏动性灌注血流，同时有不同的心血管反射，动脉灌注管的口径也是有限的，灌注液循环时经过没有生命的管道及机械泵，人工肺可能有大的气血接触面，或者大的膜血接触面，还有可能需要全部循环停止一个时期或者还有其他的不正常情况，在这许多条件下，血液不是一理想的灌注液。此外复杂心脏手术，所需血量和要求对血库

将是很大负担，因而体外循环的预充目前主张用血液稀释法，它现已标准化，只有稀释程度与方法尚有不同意见。采用稀释法后，体外循环中间及术后尿量多，这是预防肾衰的好方法。此外稀释后术后出血也减少，血小板聚集也减少，体外循环及低温时，过去曾有红细胞串钱样改变，在稀释法已很少出现，需血量也明显减少。但用稀释法后组织间液较未稀释者有增加。

最大稀释量有争论。一般稀释达血球压积为 $25\% \pm$ 为最相宜。稀释量及计算法详体外循环操作常规。

在具体灌注操作中，开始体外循环时应先缓慢开动脉泵灌注，一段时间后缓慢放上、下腔静脉，勿使血压突然下降。在机器运转时应避免灌注量时高时低，变动太大。在整个操作中应力求平稳。此点甚为重要。

三 关于心肌保护。

目前公认的心肌保护为全身中等低温 $30^{\circ}\text{C} \pm$ ，心脏局部深低温，后者用冰水、冰泥、冰袋包裹心脏之外，尚应采用主动脉根部插针，用 4°C 含钾冷停跳液灌注冠状动脉。每 $20 \sim 30$ 分钟灌注一次，要求心肌（间隔）温度维持在 $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，心电图维持等电位。此外也有一些人主张全身深低温及局部深低温，这样可减少或避免非冠脉血流使心脏温度增高，而影响心肌保护。具体含钾冷灌注液内容参阅体外循环操作常规。

四 关于预防空气栓塞。

心脏切开后，气可进入肺或系统循环发生栓塞。实验证明肺空气栓塞可导致肺水肿。如空气栓塞发生于脑循环或冠脉将发生严重并发症甚至死亡。因此在关胸前各空腔宜充血或水排气，开放主动

阻断前^应主动脉根部插有侧沟槽短穿刺针排气，当心脏（左室）有力收缩时，气隐蔽在左房、左室及主动脉根部的气都可由此排除，仔细检查无气出，只有血冲出时可拔针，缝合止血。心房最高部也可穿刺抽气，肺动脉根部也可如主动脉根部一样插针排气。左心尖有插管者可抬高心尖使气排出，或用注射器从Y形管另一端排气。术后应检查瞳孔，注意病人神智，如有气栓应及早处理。

人工心肺机的历史与现况

詹 敏

心内直视手术大多数须要应用体外循环。随着医学科学的发展，复杂心脏手术日益增多，体外循环的发展也很快。

1966年Hewitt等认真地研究了体外循环的历史，他指出：早在160余年前Legallois即建议使用体外循环，1882年Von Schroder首先介绍过气泡氧合装置，1884年Von Frey等曾介绍血膜氧合器。20世纪初John H Gibbon Jr即曾考虑体外循环，经过他20余年的努力在1937年他首先用静立垂屏式氧合器配合压力泵进行了动物实验。1953年他用静立垂屏式氧合器及压力泵成功地为一房间隔缺损的病人进行了直视修补术。虽然1951年Dennis即曾报告用体外循环为一病人进行手术，但病人术后因并发症死亡。此外1948Bjork及1953Dodrill, FD等虽曾也有临床用体外循环的报告，但都不如Gibbon的手术成功。Gibbon的静立垂屏式须要很大预充量，血液破坏大且难于消毒，不久之后即为其他的氧合器所替代。不过是他首先用体外循环进行心脏直视手术成功，因而奠定了心脏外科的基础。

1956年dewall等用塑料制成的鼓泡式氧合器获得成功，这样减少了血液破坏。同期Cross等制成了转蝶式氧合器使体外循环人工肺有了新的进展。因为转蝶式使用与效果不如鼓泡式，特别后者用塑料制成，可只用一次即弃置，因而转蝶式逐渐使用者少，而鼓泡式人工肺成为当前用得最广泛的一种氧合器。至于人工心，

即压力泵，开始为指压式，因阻塞不完善且操作管理不如滚压式，也逐渐淘汰。现今广泛采用的人工心多为 DeBakey 滚压式泵。

目前体外循环的研究与进展着重于几个问题：（1）建立一个更接近正常心肺功能的搏动性血泵；（2）建立一个类似肺泡气体交换的人工肺——膜式肺；（3）建立一个更有效的防止气栓、油栓、微血栓的人工循环系统；（4）建立一个对血液有形成分破坏性最少的人工循环系统（包括心腔、心包腔血液回收系统；（5）预防人工循环系统污染等重要问题。

（一）血泵 目前绝大多数是用滚压式泵（非搏动性），但近年来对过去有争论的搏动性血泵进行了研究并认为：对于年轻的病人及只有 30～60 分钟的体外循环者，如采用搏动性泵与非搏动性泵相比，没有特殊优点，但是如果时间长或是老年人，用搏动性泵则有一些优点。搏动性泵的优点如下：

1. 对机体组织灌注好，在毛细血管网的开放数目比用非搏动性连续灌注泵多 3～4 倍。

2. 淋巴管内淋巴液的流动，用搏动性泵者流畅，而非搏动性泵则有滞留现象。

3. 用搏动性泵时周围血管阻力小，可以用较高灌注量。

4. 肺脏少有郁血现象。

5. 微循环获得改善后故体外循环时动脉血气分析的 PO_2 ，PH 及碱储均为正常。

6. 在体外循环中及术后儿茶酚胺浓度很少明显增加。

目前已有搏动性泵的人工心肺机，或在非搏动性泵上加装一搏动装置以助搏（广州中山医学院附一院，上海第二医学院第三人民

医院均自行设计制造这类装置用于临床，效果良好）。

(二) 氧合器 目前大多用鼓泡式氧合器。自从50年代 dewall 设计鼓泡式后，已有很大进展。目前先进的鼓泡氧合器如 Shiley 100 A 型，其氧合效能气、血比率为 $0.6 \sim 1.0:1$ 。Hammond 认为自然正常呼吸的气体交换，每分钟只要200毫升的氧气，如按每分钟心搏出量为五升计算，其气、血比率为 $0.04:1$ 。目前最先进的氧合器都未达到这个水平。现今在鼓泡式氧合器改进方面，重视以下几个方面：

1. 改进喷氧筛板的孔径。Shiley 100 A 型用烧结喷气筛板，可产生微小氧气泡，其直径约为 $20 \sim 80 \mu$ 。这样有利于充填于红细胞的空隙，增大氧与红细胞膜的接触面，增快和增强氧合。

2. 静脉入口与垂直喷氧的角度要成 45° 角。如果成 90° 角，则有一部分血液必然由于氧气直喷，使其靠向管壁，不能与氧接触。而 45° 角有利于氧与血的接合。

3. Melrose 采用钟摆角度式氧合器，摆动频率每分钟为75次，摆动角度为 30° ，可增加氧合效能。

4. 尽量减少血液有形成分破坏。通常的鼓泡式氧合器所产生的湍流、配膜及较大的潮式样冲击水位落差和氧气喷射性撞击都是氧合系统中使血液有形成分破坏的原因。应尽量修正。此外 Stokes 等证明血与氧混合时如有旋转运动是增强氧合性能的重要因素，称之为 Stokes Pick 旋转原则。Shiley 100 A 型可具有上述特点。

5. 增加血与氧接触时间。Gomes 在氧合柱形管内增加一

~//~

尼龙网，这样可使柱形缩短一半，但氧合良好，此与氧与血接触时间较长有关。Shiley 100 A型氧合室则为增加一缓冲室和较厚的 Polyurethane（聚胺脂海绵）作为去泡和过滤，同时增加了氧和血接触的时间。

不过鼓泡式存在的问题，如对血液有形成分的破坏，使蛋白质变性、去泡、微栓等问题均未很好解决，因而有进一步研究的必要。

膜式氧合器或称为膜式肺，是当前较为理想的人工肺，因为它用高分子薄膜（硅橡胶）将血和气体分开，如正常的肺泡膜一样，透过膜，氧与血进行交换，并带出二氧化碳。目前用于婴幼儿、病重、体衰的复杂心脏外科手术或作为抢救呼吸衰竭长期用体外循环支持肺功能时用。膜式肺的主要优点为：（1）避免气、血直接接触，产生冲击，使红细胞膜变性，而成为临溶解状态等有害变化；（2）因非直接接触，故避免气栓，不须硅油去泡，也无油栓发生；（3）避免氧气污染源；（4）本身为密封循环系统避免外界污染。但膜式肺目前价格较贵，使用上尚不甚方便故尚未能广泛应用。当前已有供应的有两种一为 Nitrovenol 为代表的超微孔薄膜式人工肺其微孔径为 $0.1 \mu \sim 0.9 \mu$ ；另一种为 Kolobow 为无孔薄膜式人工肺。

（三）气栓、微栓或油栓问题

鼓泡式人工肺如未能彻底去除空气，则有可能发生气栓。此外所用氧气不纯，内含惰性气体如氮气。氮气或其他惰性气体可阻塞机体的毛细血管。此外另一气栓原因为过度氧合，氧分压过高。通常 PO_2 为 179 mmHg 个可使氧含量达 99% 。氧分压过高易发生

于低温复温时期。通常变温器在人工心肺机的动脉侧，当较冷的静脉血经过与氧接触后，变成动脉血，低温时血含氧量较高温时多。当含氧较高的血经过变温器，如果是升温，则多余氧会成为气泡游离，这样即有发生气栓的可能，因此有的变温器装在静脉侧，如丹麦的 Polystan 即如此。

微栓问题现在较前警惕。它常是体外循环心脏手术失败的因素之一。产生微栓之处主要有：（1）吸引回收系统（心内吸引及心包吸引），氧合器，血泵管道。此外预充液及预充血（库血）内存在脂肪颗粒及其他纤维素，凝血碎片等都是微栓的来源，如未能滤过，这些微栓进入主要脏器可致死或报废。油栓除脂肪颗粒外，用作去泡的硅油是主要的来源。据说这些硅油栓是属于人可耐受范围，但总是不利因素。

为了排除微栓，现今强调过滤的重要性，当然坚持合理肝素抗凝是预防血栓的重要因素之一。目前主张用涤纶纤维制成过滤器，网孔为40微米，20或12微米，这样可免微栓的发生。

（四）血液有形成分的破坏及体外循环安全时限问题。

人工心肺机系统都有可能破坏血液，主要有几个方面：（1）心腔及心包腔血液回收系统，血泵经常转动吸引，气血在吸管内上下冲动，管壁及抽吸头的不光滑，吸入收集瓶时的冲击，这都是使血液遭严重破坏的因素。理想的回收系统为用一“T”形管与腔静脉引流相接，利用其静压产生负压抽吸并流入静脉端，或流入瓶时能够如泵水向上涌出，也能减少血液的破坏。如Sniley 100A型及Polystan型即如此。（2）氧合器系统，主要是鼓泡式的氧合器中氧与血相撞击。过去用大泡形氧合器破坏更大。

用微泡型后有所改进。一般氧合器氧与血之比为1~2甚至3:1，这样即可使血液遭很大破坏。因此减低氧流量而又能达到理想的氧合是减少血液有形成分破坏的重要途径之一。此外前面提过的氧气与血流进入氧合器的角度如为90度则血液破坏大，且氧合不好，宜为45度。再者血液变温器虽采用光洁度高的不锈钢制成，但它与血液的相容性不如硅橡胶、聚氨酯特别不如炭焦好，因此目前变温器倾向于采用上述物质涂层以减少血液破坏，而过滤则采用高分子材料作网或用通透性海绵（聚氨酯）过滤也就是想达到尽量减少血液破坏。再者血液在氧合器及管道内的死用与湍流也都是破坏血液的重要因素，在设计与安装上，都要尽量避免。（3）人工心肺机的连接管道与接头，都要求为流线形、光滑及清洁。可弃式在这方面有其重要意义。

（五） 预防人工心肺系统的污染

目前使用的人工心肺机设计和使用时都未能消除污染的可能。转蝶式无法密封。目前所有使用的鼓泡式人工肺也均有孔道与外界相通。因此污染也就未能完全杜绝。膜式肺虽是密封系统，但血液回收系统仍难完全与外界隔绝。故在操作过程中尽量加强无菌，仍是很重要的，包括手术室的空气与工作人员都应尽量做到无菌。此外另一来源为未经过滤的氧气。因而在氧气端装一过滤器也很有必要。

目前先进的心肺机多设有监测及控制装置。例如：（1）能经常反映病人的动、静脉压、体温、血温等；（2）反映动脉灌注流量的数表，还有数控制动次数等的装置；（3）灵敏反映静脉回流