

95  
R654.2  
5  
2

# 人工心肺机 与 心脏直视手术

X4267/04

原著 [美]

Jon W. Austin

David L. Harner

编译 董培青 胡小琴等

审校 张健美

制图 杨 璟



3 0092 4843 0

陕西科学技术出版社



C

316522

(陕)新登字第 002 号

人工心肺机与心脏直视手术

编译 董培青 胡小琴等

审校 张健美

制图 杨璟

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

陕西地质印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 印张 6.375 14 万字

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷

印数—3,000

ISBN 7-5369-2235-3/R·523

定 价 13.00 元

编译人员(按文章顺序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 胡小琴 | 齐文安 | 杨天宇 | 张育才 |
| 潘玉春 | 莫兴环 | 龚庆成 | 屈 正 |
| 倪 虹 | 朱德明 | 李佳春 | 赵晓琴 |
| 林元璋 | 董培青 | 杨 璟 |     |

## 前 言

本书作者 Jon W. Austin 是美国著名灌注师之一，毕业于美国盐湖城犹他大学生理系，七十年代始从事临床体外循环、辅助循环及全人工心脏的设计等研究工作，发表过许多有关的文章和专著。曾获多项发明专利，并在临床及科研工作中推广应用。

为有助于灌注师、手术室护士、监护室工作人员及从事心血管专业的医学生了解人工心肺机及其有关的外科问题，于 1986 年 Austin 写出本书并出版。由于内容简明扼要、通俗易懂而受到专业人员的欢迎，成为体外循环专业入门的基础读物。1990 年应读者要求修改后再版。

作者关心中国体外循环临床及科研工作的发展，愿将这本基础读物介绍给中国的灌注师和有关人员，为中国体外循环事业的发展做些有益的工作。受作者委托，我们组织从事体外循环及心脏外科工作的医生，编译了这本著作，并衷心希望本书能对同道们有所补益。由于我们水平有限，错误恐在所难免，万望同道们批评指正。

本书在西京医疗用品有限公司的全力支持下出版，并由 3M 公司提供热情帮助，此外，Baxter 公司，汉生医疗保健用品商社在编写出版中也给予协助，在此一并致谢。

董培青

# 目 录

|     |                   |       |
|-----|-------------------|-------|
| 第一章 | 体外循环发展史 .....     | ( 1 ) |
| 第二章 | 原理 .....          | ( 9 ) |
|     | 人体化工厂 .....       | ( 9 ) |
|     | 循环—呼吸要求 .....     | (14)  |
|     | 机体代谢需求 .....      | (14)  |
|     | 保护性血流重新分布 .....   | (14)  |
|     | 低温状态下的血流量 .....   | (17)  |
| 第三章 | 动态平衡 .....        | (20)  |
|     | 体液间隙 .....        | (20)  |
|     | 体液的输送 .....       | (20)  |
|     | 血液 .....          | (22)  |
| 第四章 | 血泵 .....          | (27)  |
|     | 血泵的类型 .....       | (27)  |
|     | 血泵在体外循环中的应用 ..... | (38)  |
| 第五章 | 肺及各种气体交换装置 .....  | (39)  |
|     | 人体正常肺 .....       | (39)  |
|     | 肺泡 .....          | (39)  |
|     | 人工肺 .....         | (42)  |
|     | 实验研究 .....        | (62)  |
| 第六章 | 体外循环机的其他部件 .....  | (63)  |
|     | 过滤器 .....         | (63)  |
|     | 热交换器 .....        | (68)  |
|     | 心内吸引系统 .....      | (74)  |

|             |                   |       |
|-------------|-------------------|-------|
| <b>第七章</b>  | <b>体外循环的病理生理</b>  | (80)  |
|             | 血液损害              | (80)  |
|             | 静脉回流不良            | (87)  |
|             | 动脉灌注              | (93)  |
| <b>第八章</b>  | <b>心肌保护</b>       | (99)  |
|             | 心脏的保护             | (99)  |
|             | 主动脉钳闭             | (99)  |
|             | 冠状动脉灌注            | (102) |
|             | 低温停跳              | (102) |
| <b>第九章</b>  | <b>血流动力学问题</b>    | (110) |
|             | 血流速率              | (110) |
|             | 周围血管阻力            | (111) |
| <b>第十章</b>  | <b>体外循环的液体需求</b>  | (115) |
|             | 预充液               | (115) |
|             | 输血                | (117) |
|             | 自体输血              | (121) |
| <b>第十一章</b> | <b>辅助循环</b>       | (130) |
|             | 心肌功能              | (130) |
|             | 部分心肺转流            | (133) |
|             | 主动脉内气囊反搏泵         | (137) |
|             | 左心转流              | (141) |
| <b>第十二章</b> | <b>人工心脏</b>       | (151) |
|             | 人工心脏的历史           | (151) |
|             | 人工心脏的制作材料         | (151) |
|             | 驱动系统              | (153) |
|             | 人体人工心脏移植经验        | (155) |
| <b>第十三章</b> | <b>心脏直视手术后并发症</b> | (163) |
|             | 精神和神经并发症          | (163) |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 心脏衰竭(泵衰竭).....       | (165) |
| 手术后出血.....           | (171) |
| 肺功能衰竭.....           | (174) |
| 肾功能衰竭.....           | (174) |
| 感染.....              | (175) |
| <b>第十四章 展望</b> ..... | (176) |
| 生物相容性材料.....         | (177) |
| 血泵.....              | (178) |
| 人工肺系统.....           | (178) |
| 监测系统.....            | (180) |
| 信息反馈系统.....          | (180) |
| 血液代用品及血液回收系统.....    | (185) |
| 辅助循环.....            | (185) |
| 永久性人工心脏置入.....       | (185) |
| 其它治疗方法.....          | (188) |
| 结语.....              | (189) |

## 第一章 体外循环发展史

医学专家在设计人工循环之前,首先必须对自然循环作详细了解,而这一认识过程科学家们用了几百年时间才完成(图 1.1)。

希腊科学家 Galen 生于公元 131 年,是著名的哲学家、作家和医生。他根据对动物如羊、牛、犬、熊、猿等解剖的经验,写成本题为“标本大全”的教材(解剖标本)。该书成为经典的教科书长达 1400 年之久;这可能是被科学界推崇时间最长的一本书。

Galen 认为:循环系统中的血液是由肝脏产生后被送往心脏,从右心通过房间隔的孔至左心。血液在肺内与空气混合后被送往全身各部,通过“酵解”产生能量,最后心脏排出的血液完全被身体消耗掉,不再返回。

实际上他对循环的想法和描述的许多内容是基于 Aristotle 和 Plato 两位哲学家的著作而来的,从公元 200 年至十七世纪,人们均以此来解释血液循环。直到 William Harvey 提出血液在体内是一种连续的循环过程。William Harvey (1578~1657) 是英国人(图 1.2),在意大利 Padua 大学接受医学教育。而后成为国王詹姆斯第一的私人医生。除了医学实践外,Harvey 还是熟练的人体解剖研究者。使他成名之作是“心血运动论”(跳动的的心脏)(图 1.3)。在实验中,他测量了离开心脏的血液量,并认为如按 Galen 的观点,身体显然是不可能制造这么大量的血液。虽然他未见到我们今天已知的连接动静脉的毛细血管,但他推论动静脉之间必然有某种联系。

早在 1812 年法国医生 Julien-Jean Cesar Le Gallois 就提出人工循环的概念,即心脏有可能被泵替代向动脉供应血液,并维持任何一个离体的器官存活一定的时间。他用注射的方法给去头兔

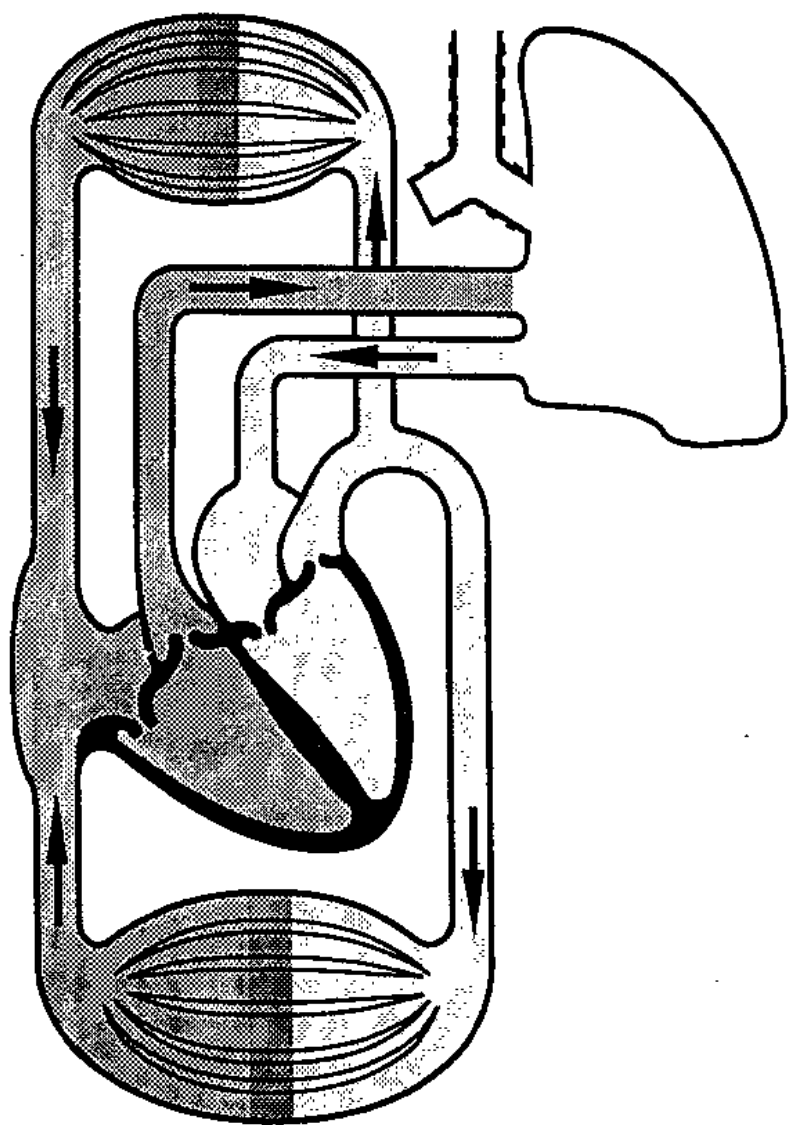


图 1—1 科学家用数百年时间才正确描述人体循环



图 1—2 “现代循环之父” William Harvey  
为人类循环系统理论的形成奠定了基础



图 1—3 Harvey 著作“心血运动论”的木刻插图

的身体灌注，但未得出实验结果。

1869 年两名德国学者 Ludwig 和 Schmidt 把去纤维蛋白的血液放在一个气球内，用简单摇动的方法首次获得人工氧合血液。

在随后的 75 年里，其它科学家（其中多数是德国人）致力于研究血液氧合的方法。Von Schroeder 被认为是于 1882 年首次介绍第一个鼓泡式人工肺，三年后，Von Frey 和 Gruber 介绍了第一个薄膜式人工肺；这是一个精巧的装置，血液通过不断地在一个转动的圆筒表面形成血膜进行氧合。

后来陆续有很多其他的实验和装置——人工肺、泵和驱动系统问世。例如 1935 年著名的飞行员 Alexis-Carrel 和 Charles A. Lindbergh 设计了一个灌注装置，“可使整个器官离体存活”。Lindbergh 后来成为 Rockefeller 研究所 Carrel 的生化助手。

人工灌注的第二个重大进展是在 1931 年，在 Massachusetts 总医院，一个女病人术后发生严重肺梗塞，年轻的外科医生 John H. Gibbon 是手术助手，当夜他的任务是观察病人的生命体征，外科组在病人即将死亡之前准备进行紧急手术。在那个年代，肺梗塞切除的危险很大，在病人临终前进行手术确是一种冒险之举。

Gibbon 医生的妻子 Mary Gibbon 的“回忆录”中说到：那天晚上，当 Jack 观察病人扩张的静脉，记录着微弱的脉搏、呼吸和血压时，一个想法反复出现，即如果有某种办法，可连续地将病人的静脉血抽吸到一个装置内，并在其中血液可以获得氧气并排出二氧化碳，然后再泵回到病人的动脉中去，这个病人的状况肯定会得到改善。

经过 6 分半钟手术，病人没有存活；但是设计一种机器的想法却在 Gibbon 的脑海里诞生了。

随后在 Massachusetts 总医院的实验室进行的动物实验，Gibbon 在他妻子的帮助下设计了一个装置，并写了文章于 1937 年发表在“Archives of Surgery”上。他的装置是一个垂直旋转的

圆筒，血流在其上形成血膜并进行氧合，用一个改良的泵维持循环，在实验动物身上实现了心肺转流。肝素的发现防止了血液凝固，使离体脏器灌注发展到全身灌注。在体外循环史上，Gibbon作出了最重大的、独一无二的贡献。当然，也可以说肝素的发现和Gibbon的工作同样重要。以后在Pennsylvania医学院和Jefferson医学院的实验中，Gibbon进一步完善了他的机器。第二次世界大战期间，由于Gibbon成为随军外科医生而终止了他的实验研究。

1953年5月6日，Gibbon成功地用人工心肺机为一名18岁女孩修补了房间隔缺损。这是世界上的首例，从而开创了心脏外科的新纪元。

Gibbon是现代心脏外科的先驱。此后，使用人工心肺机为成千上万的病人进行心脏直视手术，由此心血管外科医生才能在相对无血和静止的手术视野施行心脏直视手术（图1.4~5）。

（胡小琴）

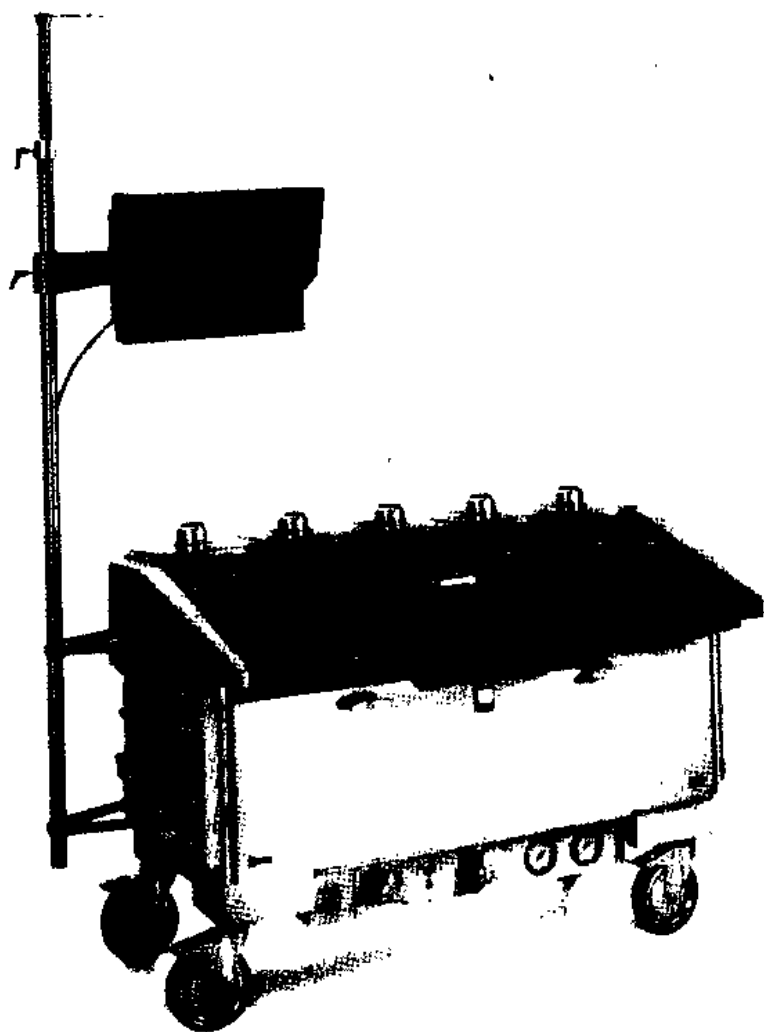


图 1—4 Sarns/3M 9000 电脑化体外循环机

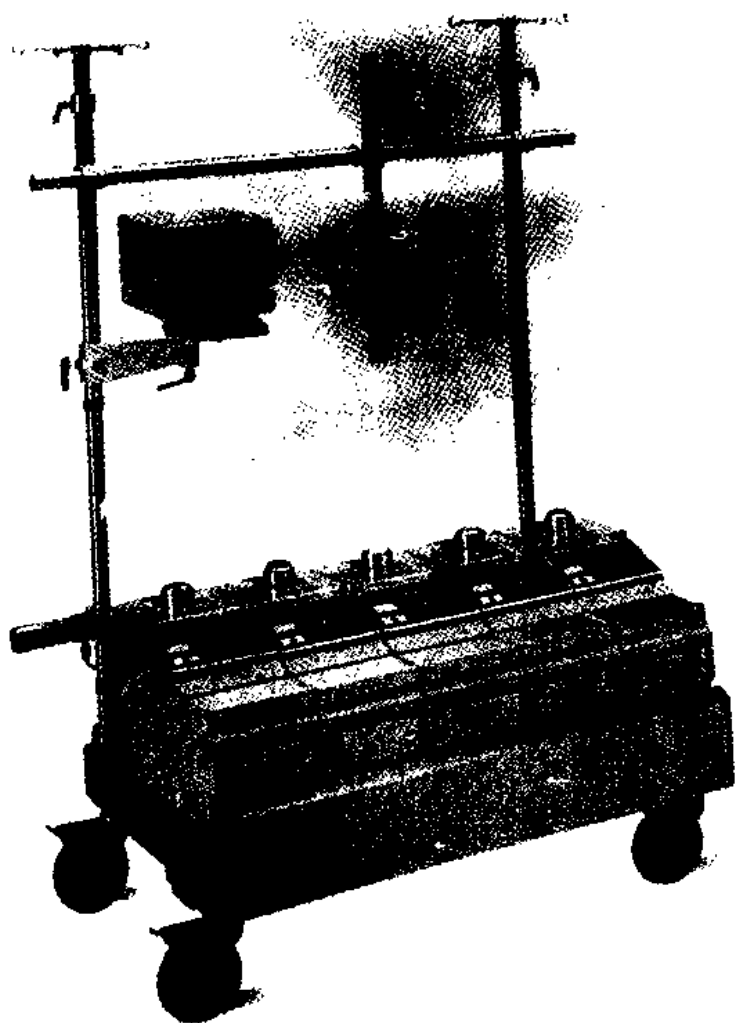


图 1—5 Sarns/3M 8000 体外循环机

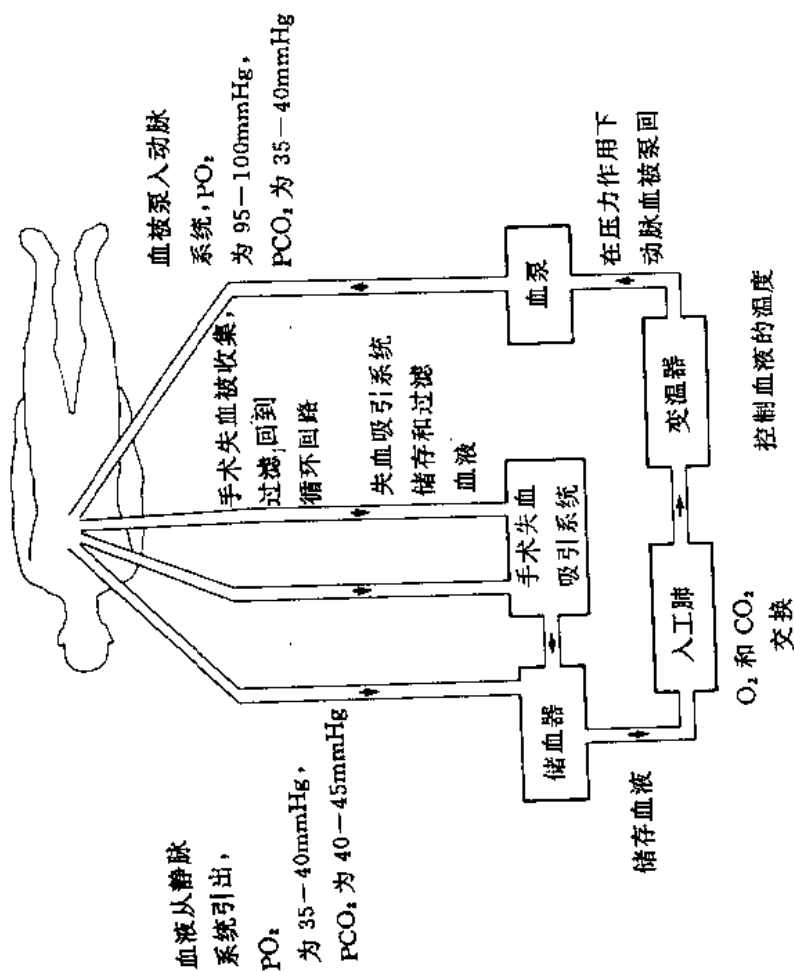
## 第二章 原 理

### 人体化工厂

人体，很象一个复杂的化工厂。人工心肺机也象一个能连续处理血液的人工化工厂（图 2. 1）。心肺传流期间氧进入血液，二氧化碳从血液中排出；氧合后的血液进入循环系统，分布到全身以维持细胞代谢的连续进行。下面将血液在自然心肺系统和人工心肺机系统内的变化过程作一比较。

生理情况下，静脉的去氧合血回到右心房（图 2. 2），从右心房进入右心室后经过肺动脉到肺。当血液通过肺泡毛细血管网时，摄取氧气同时排出二氧化碳；氧合后的血液经四条肺静脉回到左心房（图 2. 3），再通过二尖瓣进入心脏的主要泵血腔——左心室。当左心室收缩时，血液被泵入体循环，在血液通过体内毛细血管网时，释出氧，摄取二氧化碳。完成第二次气体交换后，血液返回右心房，如此循环往复。

体外循环过程中，通过上、下腔静脉插管，将去氧合血从循环中引出；不按常规进入自体心肺而进入人工心肺机系统（图 2. 4），这一过程称为体外循环。模拟正常生理过程，在心肺机的氧合器或“人工肺”内进行血液氧合。“人工肺”这个术语更精确，因为它不仅能氧合血液而且还能排出二氧化碳。人工肺排出二氧化碳必需按正确比例以免其过度蓄积导致呼吸性酸中毒；或过度排出导致呼吸性碱中毒。血液经过氧合、过滤及变温后，通过动脉插管进入体内动脉循环。



2-1 人工心肺机的功能如同一个化工厂