



近代心脏介入性诊疗技术丛书

# 心脏起搏器 治疗心律失常

孙瑞龙 编著

郭林妮 审校

黑龙江科学技术出版社



心脏起搏器植入术操作指南

# 心脏起搏器 治疗心律失常

张博 主编

张博 副主编

北京协和医院心内科 张博 主编

近代心脏介入性诊疗技术丛书

# 心脏起搏器治疗心律失常

● 孙瑞龙 编著

● 郭林妮 审校

● 黑龙江科学技术出版社

## 内 容 提 要

《心脏起搏器治疗心律失常》是《近代心脏病介入性诊疗技术丛书》中又一本具有特色的专业书籍。书中详细介绍了起搏系统的结构、起搏器的功能类型、起搏器的程控技术、永久性起搏器的适应症、安装技术、并发症的防止和处理等内容。本书由我国最早从事临床起搏器工作的著名专家，我国心脏起搏、心脏电生理、心律失常领域中技术的开拓者和学术带头人之一孙瑞龙教授亲自执笔，并经从事心血管病专科杂志工作多年、经验丰富的专职副编审郭林妮同志审校。该书内容丰富、资料翔实、理论和实用并重，并介绍了作者独特的工作经验和体会，可帮助读者获得系统的起搏知识，了解和掌握起搏技术要领，不但适用于专业医生，也适用于临床各科尤其是内、儿、胸外科医师以及研究生、实习医生在实际临床工作中的参考。

责任编辑：常虹

封面设计：张秉顺

近代心脏病介入性诊疗技术丛书

心脏起搏器治疗心律失常

XINZANG QIBOQI ZHILIAO XINLU SHICHANG

孙瑞龙 编著

郭林妮 审校

---

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街41号)

全国新华书店发行

哈尔滨市龙江印刷厂印刷

---

787×1092毫米 32开本 5.5印张 105千字

1996年8月第1版·1997年10月第2次印刷

印数：3 001—6 000册 定价：6.80元

ISBN 7-5388-2404-3/R·322

## 序

近 20 年来,我国心血管诊疗技术在老一辈专家的带动下,已取得了长足的进展。各种影像技术的迅速发展使心脏血管的功能被进一步揭示和认识,促使临床医学发生了重大变革;溶栓剂、转换酶抑制剂等许多新药进行大规模临床试验,并被证实具有特殊的功效;介入性导管技术治疗冠心病、心瓣膜病、心律失常已取得令人惊叹的独特疗效;心脏移植术的成功开展更给人以耳目一新,振奋欣慰之感。

但是就全国范围来说,各地开展的工作还不平衡,国内外的成功经验亟待总结、交流和引进。鉴于此,我们准备编写一套《近代心脏病介入性诊疗技术丛书》,主要介绍近年来心血管疾病的介入性诊疗新技术。每个专题独立成册,争取近期内出齐。编著者均为在我国开展这些新技术卓有成就的专家。

祈盼本套丛书的出版能为促进我国介入性诊疗技术的发展贡献一份力量。

黄永麟 胡大一

1994 年元月

## 前 言

心脏起搏器应用于临床已有 60 余年的历史,它是临床医学和电子工程技术相互影响、交叉渗透、共同协作而发展的产物,是心脏病介入治疗最早起步且发展迅速、独具功效的高精技术。从 1931 年 Hyman 创制第一台人工心脏起搏器,穿刺心房起搏,抢救心脑停搏患者起,经历了胸壁起搏、心外膜起搏、经静脉心内膜电极起搏的不同历程,脉冲发生器从体外携带到体内埋藏,从固定频率起搏到按需起搏,起搏能源从镍镉电池、锌汞电池到锂系列电池,以及近年来采用集成电路、程序控制等工程技术,使起搏功能更趋完善。这一次次技术改革和发展,无一不凝聚着学者们对技术精益求精的执着追求,展现着起搏工程与临床工作者为达到起搏疗法的安全、有效所付出的辛勤劳动,起搏技术已经成为医学治疗学上应用高精尖技术发展最迅速最有成效的实例。对各种严重心动过缓的起搏治疗不但可以增加心排血量,改善症状,提高生活质量,而且对防止猝死和意外事故独具功效,应用抗心动过速起搏器尤其是抗室性心动过速和抗室颤的起搏器,是近年来发展迅速的新兴技术,挽救了大量院外急性发作的病例;各种生理性起搏如心房起搏、房室顺序起搏,心房感知心室起搏(VDD),具有接近心脏生理的起搏功能,发挥着独特的治疗效果;还有床旁进行的临时起搏技术,更是急症急救的必备重要手段。可以说,起搏技术的发展,代表着心血管病介入性治疗技术正处

于医学发展的前沿,是一个非常活跃的分支学科。

近年来,我国起搏技术已广泛应用于临床,是专业医生必须掌握的基本技能,也是其他临床学科尤其是内、儿和胸外科等医生应该了解的知识,例如脉冲发生器的基本工作原理,能源和电路的基本知识,电极和电极导线的各种性能和不同结构,各种起搏方式对心功能的影响,如何选择起搏适应证等,还有较为专门的起搏器的安装技术及常见并发症的预防、原因和处理,起搏工作编码方法,体外程控的方法和意义,各种新型起搏器的临床疗效评价等,这些,都在本书内有详细论述和系统介绍。本书还结合作者多年工作经验和体会,力求深入浅出,实用和提高并重,期望能对正确应用和进一步推广此项技术起到一些积极的作用。

# 目 录

第一章 心脏起搏技术的发展简史.....	(1)
第二章 心脏起搏系统的结构.....	(6)
第一节 脉冲发生器.....	(6)
第二节 电极-导线.....	(9)
第三章 心脏起搏器的功能类型.....	(18)
第一节 起搏器工作方式的编码.....	(18)
第二节 起搏器的基本功能类型(前三字编码) ...	(20)
第三节 频率应答型.....	(47)
第四节 抗心动过速起搏器与埋藏型自动 除颤-复律器.....	(53)
第四章 起搏器的程序控制功能.....	(67)
第五章 埋植永久性心脏起搏器的指征.....	(75)
第一节 埋植永久性抗心动过缓起搏器的指征 ...	(75)
第二节 抗心动过缓起搏方式的选择.....	(83)
第三节 埋植永久性抗心动过速起搏器的指征 ...	(87)
第六章 心脏起搏器的安装技术.....	(90)
第七章 起搏器患者的随访与检查.....	(100)
第一节 对起搏器患者的随访.....	(100)
第二节 对起搏器患者随访的检查方法.....	(102)
第八章 起搏器治疗的并发症与故障的识别和处理 .....	(117)



第一节	起搏器治疗的并发症与故障·····	(117)
第二节	起搏器故障的识别及处理·····	(126)
<b>第九章</b>	<b>干扰信号对起搏器的影响·····</b>	<b>(151)</b>
第一节	干扰信号类别及起搏器设计对策·····	(151)
第二节	几种诊疗电器对起搏器的影响·····	(154)

# 第一章 心脏起搏技术的发展简史

心脏起搏技术的发展有它的生物学基础和工程学基础。

早在纪元前时期,人们已知心脏搏动与生命的关系,以及脉搏与心跳的关系。十三世纪末 Pietro Salio 能根据脉搏的缓慢预告晕厥的发生。1761 年 Morgagni 详细描述一例从脉搏明显减慢终于发生“癫痫”样症状的全部过程。以后这样的病例陆续有报告。1827 年 Adams 的报告结合尸体解剖发现,指出病源在心脏。1846 年 Stokes 作了文献综述。从此临床上把这现象称为 Adams-Stokes 综合征(有人主张加上 Morgagni 之名以示公允),它是危险的急症之一,严重威胁患者生命,系由于严重心律失常(起初认为是心脏停搏,后来认识到也有快速性心律失常)以致循环障碍、脑供血不足所引起,合理的医学术语应是心源性脑缺氧综合症。人工心脏起搏技术是在防治这个重要问题的背景下发展起来的。

1664 年 Willis 提出心脏收缩的神经源学说,认为心脏收缩的发源和传播都通过神经组织,90 多年以后 Halle 提出心脏收缩和传导都通过心肌本身的功能。1883 年 Gaskell 的实验支持这一肌源学说。1845 年 Purkinje 发现蒲倾野纤维,1893 年 His 发现房室束(希氏束),同年 Kent 发现房室附加旁道,1906 年 Tawara 发现房室结,1907 年 Keith 和 Flack 发现窦房结。1907 年 Wenckebach 描述中结间束,1910 年 Thorel 描述后结间束,1916 年 Backman 描述前结间束和房间

束,但目前对是否存在解剖学上的、确切的以传导功能为主的特殊的传导束,尚有不同看法,多数学者视它们为结间的优先传导途径。1947年 Mahaim 描述副特殊纤维,目前对它的解剖及生理特征又有了新的认识。1963年 James 描述房室结旁道纤维。以上这些特殊心肌构成心脏的传导系统,使心脏的生理学以及心律失常的解剖-生理学有了坚实的基础,对人工心脏起搏技术的发展,具有重要的促进作用。

人类从 16 世纪就观察到摩擦生电现象,1746 年 Musschenbrek 创造来顿瓶贮电器,用作电刺激试验。1791 年 Galvani 观察到肌肉对电刺激有收缩反应。1819 年 Aldini 用直流电刺激死刑者已停止搏动了的心脏,可使之复跳。1858 年 Lister、1862 年 Walshe 作动物实验,用电刺激使心脏跳动。1871 年 Steiner 用针经胸壁刺入动物心室,通电刺激心脏。1872 年 Duchenne 在心尖部胸壁皮肤用电刺激治疗心动过缓。

1930 年 Hyman 创造一台由发条驱动的脉冲发生器,重 7.2 公斤,用针刺穿心房通电起搏抢救心脏停搏的患者,命名为人工心脏起搏器。这台原始起搏器保存在德国西门子公司,于第二次世界大战的烽火中被炸毁。1947 年 Sweet 对开胸手术中心跳停止的患者,刺激窦房结区使之复跳。1951 年 Callaghan 和 Bigelow 用导管电极经静脉插入动物心脏在窦房结区域进行人工起搏。1952 年 Zoll 用宽 2 毫秒的电脉冲,强度 75~150 伏,在胸壁刺激,挽救了 2 例濒于死亡的房室传导阻滞及心脏停搏患者,从此心脏起搏技术才真正受到临床重视,Zoll 因此被尊称为“心脏起搏之父”。但胸壁刺激需用电压高,心脏起搏的同时,胸壁肌肉也收缩抽动,患者很感痛苦,临床应用最多作为临时抢救措施,而不能作为永久起搏技术。

1957年 Lillehei 对心脏手术中发生房室传导阻滞的患者,将电极缝置心外膜,进行心脏起搏。1958年 Furman 开始用经静脉心内膜电极起搏。心外膜电极和心内膜电极起搏所用电压低,克服了胸壁刺激的缺点,使心脏起搏技术在临床上容易推广。

起初脉冲发生器是体外携带式的,与电极导线经皮相连,使用不便,且易发生感染等并发症。1958年在瑞典由 Elmqvist 工程师设计制造、Senning 医师手术,安装了世界上第一例埋藏式固定频率起搏器,治疗一例完全性房室传导阻滞患者,由于受工程技术条件的限制,该起搏器植入人体后,多次发生故障及并发症,经过 20 多次手术处理,但患者毕竟安然存活了 20 多年,使人鼓舞。

起搏器的构造,是以分离原件为电路、镍-镉电池(充电式)为能源起步的,1960年 Greatbatch 和 Chardack 研制了晶体管电路、锌-汞电池的起搏器,盛行了十余年,1971年 Greatbatch 研制了锂电池,1972年 CPI(Cardiac Pacemaker Incorporation)公司首先采用,至今几乎完全取代了汞电池。二十世纪七十年代以来。陆续采用了高能量密度的锂系列电池、低功耗的混合电路与集成电路、全密封、程序控制等工程技术,使起搏器基本上实现了小、轻、薄、长寿限、多功能等要求。

关于起搏器的功能方式,从心室非同步起搏起步,1963年 Nathan 应用心房同步的心室起搏(VAT)模式,1964年 Castellanos、Lemberg、Berkovitz 研制心室按需(VVI 模式)起搏器,1966年 Parsonnet 首先在临床应用,是应用最广泛的起搏器。1969年 Berkovitz 又研制药室顺序(DVI 模式)起搏器。1977年 Funke 将它完整化为房室全能型(DDD 模式)起搏器。到了八十年代又发展了频率自适应(rate responsive, RR)

型起搏器,以及抗心动过速起搏器、埋藏式自动复律-除颤器 (automatic implantable cardioverter-defibrillator, AICD)

据不完全的调查数据,现今世界范围内,每年约有 30 万个起搏器安装与更换,社会经济发达的国家占了绝大多数。西方国家中,每百万人口每年起搏器应用数举例(1987 年资料):德国 421、法国 413、美国 359、澳大利亚 269、瑞士 230、英国 148,亚非国家较少。起搏方式约 70%~80%为 VVI 型,20%~30%为生理性(个别国家医院可达 60%),起搏适应证基本上以病态窦房结综合征与房室传导阻滞两大范畴各占半数上下。

我国起搏器的研制工作始于 1963 年,初期使用的是心外膜电极、定律型、体外携带式的起搏系统。1964 年上海市第一人民医院首次临床应用,1965 年北京阜外医院也开始应用,收到了较好的治疗效果。1973 年制成心内膜电极、体外携带式、按需型起搏器。1976 年制成埋藏式起搏器。1977 年采用锂电池,并开始制造程序控制起搏器。80 年代国内临床推广比较迅速,使我国心脏起搏器的研制和临床应用,填补了空白,而且为进一步普及与提高、追赶国际水平,打下基础。目前除了自己研制外,还及时引进国外先进产品,临床应用大体上能跟上国际步伐。已从大城市中心医院推广到各省地市级以上一百多所医院开展这项技术。根据 1990 年 12 月中国生物医学工程学会心脏起搏与电生理分会第六次全国学术大会的统计资料,全国 71 所医院累计植入病例 8 683 例,估计每百万人口少于 2 例,60%为进口起搏器,40%为国产起搏器,功能类型 VVI 占 96%,AAI 占 1.3%,DDD 占 1.1%,抗心动过速起搏器占 0.23%。

阜外医院是国内最大的心血管病医学中心,在起搏器的

临床应用方面,一直居国内领先地位,积累了国内最大系列病例经验。从1965年到1993年共为1500余名患者植入了1811个起搏器,绝大多数为进口起搏器,国产起搏器仅占0.73%。患者的年龄范围为4~100岁,平均56.4岁,男女比例为1.52:1,60岁以上的老年患者占45.1%。心律失常类型:1990年以前,房室传导阻滞占50.5%,病窦综合征占44.9%,其他占4.6%;1990年以后,房室传导阻滞占43.5%,病窦综合征占56.5%,其他占0.6%。1990年以前,单纯VVI方式占93.3%,生理性起搏方式占5.4%;1990年以后单纯VVI方式占58.6%,生理性起搏方式占38.9%。接受起搏器治疗的患者,大多数解除了心律失常对生命的威胁,增加了工作生活能力,改善了生活质量,方便了其他类型的治疗措施,收到明显社会效益。

## 第二章 心脏起搏系统的结构

心脏起搏系统装置包括脉冲发生器(pulse generator)即起搏器本身和电极-导线两大组成部分。临时性起搏措施要求导线-电极安置方便、撤除方便,脉冲发生器佩带于体外,构造质量与精密程度要求与永久性起搏措施所用者不完全一样。永久性起搏措施所用的起搏器系统需长期埋藏于体内,故对脉冲发生器和电极-导线的质量和精密程度要求很高。本文着重介绍埋藏式起搏器和电极-导线的基本结构及其质量要求。

### 第一节 脉冲发生器

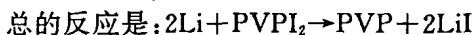
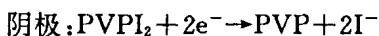
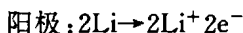
脉冲发生器的最主要功能是释放脉冲电流去刺激心脏起搏。要求它小、轻、薄、功能多、寿限长、安全可靠。有下列几个主要组成部分:

#### 一、能源

绝大多数采用化学电池,在发展过程中曾用锌-汞电池,其缺点为化学反应中产生氢气,不能做到全密封;也产生氢氧化钠,具有腐蚀性,如果它漏出电池,则损坏电路元件,如果它漏出起搏器,则损伤机体组织,而且其使用寿命也不够长,故已不用。也曾用过充电式镍-镉电池,其缺点为需定期充电,既不方便,也缺乏可靠性,现也不用。目前埋藏式起搏器几乎都

采用锂系列电池,根据其化学成分不同,分为锂-碘、锂-氯化银、锂-亚硫酸氯、锂-溴、锂-硫化铜等若干品种,其共同优点是能量密度高,可靠性好,适合于体积小、寿限长的要求,其中又以锂-碘电池的优点更多,应用最广。

锂-碘电池以锂为阳极、碘和碘-聚乙酰吡啶(poly-z-vinyl pyridine, PVP)为阴极,在化学反应中产生碘化锂作为电解质隔离体。其电子传递化学反应为:



它完全为固态,化学反应中不产生气体,故可以全密封。锂-碘电池的自放电很小,平均 1%/年,故适于存放。锂-碘电池的外形可以灵活制作,不影响起搏器外形的设计。单个电池输出 2.8 伏,可与低压工作电路配合。在体温下电池阻抗 < 1 000 欧姆(此为使用寿命之始),耗电后电池阻抗升高。以 1 600 欧姆为寿命之末的标志。电压输出下降呈线性衰减,衰减分两个明显时相:①输出电流 30 微安,电压从 2.8 伏降至 2.4 伏,约占整个电池寿命的 85%~90%;②以后电压下降较快,降至 1.8 伏需要更换起搏器。

除化学电池外,亦曾用过核能电池。其寿命较长(可达 20 年),可靠性较好,但有放射性损害以及污染环境的问题,加以体积和重量大、价格昂贵,故不主张使用它。特别是有了锂系列电池,后者的寿命和可靠性已相当满意,故不必采用核能电池。

至于利用人体自身的生物能源,仅仅处于设想和实验研究阶段,尚不能临床应用。



## 二、电路

脉冲输出电路基本上由电容充放电实施,释放的是矩形脉冲,一般采用的脉宽为 0.5~0.6 毫秒。脉冲太宽则耗电量太大,影响起搏器寿限;脉冲太窄则起搏阈值要升高,影响起搏器的安全可靠性能。恒压输出电路加上负载以后,矩形脉冲顶部出现斜坡,其斜率反映起搏系统的阻抗,阻抗过高和过低,皆不利于起搏的效果。检测脉冲斜率,有助于分析故障原因。电容器放电后再充电,形成脉冲的“后电位”,有时会影响起搏器的工作。脉冲发放时机(表现为脉冲重复周期或脉冲释放间隔),由定时电路控制,有的用 RC 振荡器,有的用石英晶体振荡器,使脉冲的发放有一定间期、一定时限,还可形成不应期等性能。具有感知功能的起搏器,另有一套感知电路,以电极-导线为接收天线,将心脏激动的 P 波或 QRS 波信号输入起搏器,调节脉冲的释放时机,信号是否能被感知电路感知,与信号的振幅、斜率、频谱有关。常用起搏器感知电路要求心内 R 波 $>2$  毫伏、P 波 $>1.5$  毫伏、斜率 $>0.5$  伏/秒,才能感知。

由于现代起搏器的功能越来越多,辅助电路也越来越多,例如滤波、高频限制、能量补偿、除颤保护、电压倍增、杆簧管、双腔起搏逻辑、甚至程序控制、储存、记忆、遥测等等。至于电路的设计已由简单的分离元件进展到混合电路,最精密的用单晶微型电路,在边长 4 毫米的正方形芯片中包纳 5 000 多个元件,整个电路部分体积小、功能多、功耗小、可靠性高,为高质量起搏器提供了必要条件。

## 三、外壳

电池及电路必须严密封装在外壳中,使体液不能渗入起