

# 植入式人工心脏起搏器的应用及原理

## 1.引言

正常情况下,人体心脏右心房的窦房结能自动地、有节律地发出电脉冲,通过心肌神经传导系统向心脏各部位发出指令,使心肌收缩,心脏跳动,向全身泵送血液。若心肌神经传导系统发生障碍或者窦房结、房室结不能有规律地发出电脉冲、下传电脉冲,心脏就会出现心律失常,甚至停跳,危及患者生命。人工心脏起搏器可以对患病的心脏根据需要根据需要给予直接电刺激,人为地使心跳正常起来。人工心脏起搏器在形式上可分为体外临时起搏型和植入式(或称永久性或埋藏式)两种,前者供急救性临时起搏,后者供长期性起搏治疗。本文主要讨论的是植入式人工心脏起搏器,即一般意义上的心脏起搏器。

## 2.人工心脏起搏器的原理和构造

人工心脏起搏器是一种很精巧的、可靠程度很高的电脉冲刺激器,是应用一定型式的起搏脉冲发生器,与特制的导线(即:起搏导管电极)连接,和起搏电极发送电脉冲刺激心脏,使激动不能或传导不好的心脏应激而起搏的医疗电子仪器。

人工心脏起搏器主要由以下两个部分组成:

(1)起搏导管电极:它一方面将起搏器的输出信号引向心肌进行起搏,另一方面将感知到心脏自身搏动的信号(腔内心电图 ICG)反馈给起搏器以控制起搏脉冲的发放。它是心内膜电极,目前已由早期的单极发展到双极,甚至多极。作为长期起搏的导管电极必须是用生物相容性好、韧性好、抗老化、耐腐蚀的材料制成。电极导线通常采用爱尔近合金(Elgiloy)或用镍—铬—钴—钼合金丝绕成螺旋管。导线的外层绝缘材料都选用高纯硅橡胶或医用聚氨酯。电极头的材料以表面活化各向同性低温热解碳或铂为优。

(2)起搏脉冲发生器:它由起搏电路、电池和金属外壳组成。起搏器的能源需是体积小、容量大、缓慢释放能量、密封性能好及性能可靠的电池,目前国内外植入式起搏器普遍使用锂—碘电池,使起搏器的连续使用寿命达到了 10 年以上。由于金属钛生物相容性好,毫无锈蚀,故目前起搏器外壳都采用钛材料拉伸成型,体型各部以较大的圆弧连接,采用激光焊接进行封装。从 20 世纪 80 年代起起搏电路开始普遍采用集成电路来制造起搏器的主体电路;并将 CMOS ASIC 起搏芯片与电阻、电容、干簧管等电子元件一起安装在陶瓷基片上构成混合型(Hybrid)厚膜集成电路作为起搏电路的标准部件。

## 3.人工心脏起搏器的适应症

(1)高度或完全性房室传导阻滞伴有阿-斯综合征或晕厥发作者。无症状、心率 $<50$ 次/分或 QRS 宽大畸形且心室停搏 $>2$ 秒为相对适应症。

(2)完全性或不完全性三束支和双束支阻滞伴有间歇或阵发性完全性房室传导阻滞,或心室率 $<40$ 次/分者;双束支阻滞伴有阿-斯综合征或晕厥发作者;交替出现的完全性左右束支阻滞,希氏束图证实 H-V 延长者。

(3)二度 II 型房室传导阻滞伴阿一斯综合征或晕厥发作者。持续二度 II 型房室传导阻滞、心室率 $<50$ 次/分而无症状为相对适应症。

(4)病态窦房结综合征有如下表现者:严重窦性心动过缓,心室率 $<45$ 次/分,严重影响器官供血,出现心衰、心绞痛、头晕、黑;心动过缓、窦性静止或窦房阻滞, R-R 间期 $>2$ 秒伴有晕厥或阿-斯综合征发作;心动过缓-心动过速综合征伴有晕厥或阿-斯综合征发作。

(5)用抗心动过速起搏器或自动复律除颤器、异位快速心律失常药物治疗无效者。

(6)反复发作的颈动脉窦性昏厥和心室停跳者。

#### 4.人工心脏起搏器的发展历史和现状

人工心脏起搏器在临床上的广泛应用,使过去药物治疗无效的严重心律失常患者得到救治,大大降低了心血管疾病的死亡率,是近代生物医学工程对人类的一项重大贡献。

1932年美国的胸外科医生 Hyman 发明了第一台由发条驱动的电脉冲发生器,借助两支导针穿刺心房可使停跳的心脏复跳,他命名为人工心脏起搏器(Artificial Pacemaker),从而开创了用人工心脏起搏器治疗心律失常的伟大时代。

起搏器真正用于临床是在 1952 年。美国医生 Zoll 用体外起搏器,经过胸腔刺激心脏进行人工起搏,抢救了两名濒临死亡的心脏传导阻滞病人,从而推动了起搏器在临床的应用和发展。1958 年瑞典 Elmgrist, 1960 年美国 Greatbatch 分别发明和临床应用了植入式心脏起搏器。从此起搏器进入了植入式人工心脏起搏器的时代,朝着长寿命、高可靠性、轻量化、小型化和功能完善的方向发展。

早期的起搏器是固有频率型(或非同步型),只能抢救和治疗永久性房室传导阻滞、病态窦房结综合征等病症,对间歇性心动过缓不适用,不能与患者自身心律同步,会发生竞争心律而导致更严重的心律失常。为此,20 世纪 60 年代中期先后出现了同步型起搏器,其中房同步触发型(VAT 型)起搏器是专门用于房室传导阻滞,而心室按需型(VVI)是目前国内外最常用的心脏起搏器。为了使心脏起搏器与心脏自身的起搏功能相接近,70 年代又相继出现了更符合房室顺序起搏的双腔起搏器(DVI),和能治疗各种心动过缓的全能型起搏器(DDD)。至此,起搏器的基本治疗功能已开发完全。

到了 20 世纪 80 年代,起搏器除了轻量化、小型化的改进外,还出现了程控和遥测的功能,利用体外程控器(Programmer)可对植入体内的起搏器进行起搏模式、频率、幅度、脉宽、感知灵敏度、不应期、A—V 延迟等参数的程控调节;还可对起搏器的工作状态进行监测,将工作参数、电池消耗、心肌阻抗、病人资料乃至心腔内心电图,由起搏器发送至体外程控器中的遥测接收器进行显示。90 年代,起搏器又在抗心动过速和发展更适应人体活动生理变化方面取得了进展,出现了抗心动过速起搏和频率自适应起搏器(DDDR),使人工心脏起搏器成为对付致命性心律失常的有效武器。随着科学技术的发展,目前已出现了性能更高的双心室/双心房同步三腔起搏器,以及具有除颤功能的起搏器。

#### 5.人工心脏起搏器标识码

北美起搏和电生理学会(NASPE)与英国起搏和电生理组织(BPEG)以表 1 为识别编码。

一般情况下使用前三个识别码识别起搏器的起搏腔、感知腔和对感知(P 或 R 波,或两者)的响应模式。供选择的第四个位置代表两种不同功能之一:程控能力或频率自适应起搏。P 代表一或两种简单的程控功能;M 代表多种功能程控,它包括模式、不应期、感知灵敏度和脉宽。C 表明信息传递或通过一个或多个生理学变量的测量进行自适应起搏频率控制。第五位表示特殊的抗快速性心律失常特点:P 代表抗快速性心律失常起搏,S 表示心律复转或除颤电休克,D 表示双重功能(起搏和休克)。在所有位置里,O 指明类属或功能都没有提供。

表 1: NASPE/ BPEG(NBG)起搏器标识码

位	第一字母	第二字母	第三字母	第四字母	第五字母
分类	起搏腔室	感知腔室	响应方式	程控频率应答遥测功能	抗心动过速及除颤功能
字母	V=心室 A=心房 D=双腔 S=单腔	V=心室 A=心房 O=无 D=双腔 S=单腔	I=抑制 T=触发 O=无 D=双	P=简单编程 M=多功能程控 C=遥测 R=频率应答	O=无 P=抗心动过速起搏 S=电转复 D=电除颤

## 6.人工心脏起搏器的未来展望

经过几十年的发展，植入式心脏起搏器已不仅应用于治疗心脏传导阻滞、慢—快综合征等严重心律失常，同时还显示了它的许多新的治疗作用。这些新的适应症包括：直立性低血压、恶性神经源性晕厥(迷走神经性)、先天性 Q—T 间期延长综合征和单纯性 PR 间期延长。它们将是起搏器未来的应用方向之一。

而以低功耗的微处理芯片为核心部件的起搏电路，将使起搏电路的性能由软件来修改，将改变目前采用全定制(ASIC)设计，每次改进都花费很多人力物力和时间的状况，将大大减少新型起搏电路的开发周期和成本。

随着计算机技术、遥测技术等新技术的发展，将来可能出现完全自动化的起搏器。这种自动化的脉冲发生器能够根据患者电生理学的基本情况自动适应，借助于时间周期的分析、传感器的输入和自动解释所存储的资料以确定最适宜的起搏方式。起搏器能够自动地测定心房、心室的起搏和感知阈值，并根据传感器资料自动地程控基础频率。