

200554

湖北学院 学报丛刊

人工心脏起搏

目 录

前 言

人工心脏起搏及临床应用	(2)
一、有关人工心脏起搏的几个电生理学概念	(2)
(一) 心脏起搏的基本原理	(2)
(二) 心动周期对电刺激的反应	(3)
(三) 起搏阈值	(3)
(四) 起搏频率	(4)
(五) 起搏部位对心功能的影响	(4)
二、心脏起搏的临床应用及适应症	(5)
(一) 治疗性应用	(5)
(二) 预防性应用	(7)
(三) 诊断性应用	(7)
(四) 适应症	(8)
三、起搏器的类型	(9)
(一) 固定频率型起搏器	(9)
(二) 心房同步型起搏器	(10)
(三) 心室同步型起搏器	(11)
1. R波抑制型起搏器	(11)
2. R波触发型起搏器	(12)
(四) 房室顺序刺激型起搏器	(13)
四、安置起搏器的方法	(14)
佩带式, 埋藏式, 感应式。	
单极法, 双极法。	
电极安置之途径: (一) 经皮直接穿刺法	(15)
(二) 胸部手术安置电极法	(15)
(三) 经静脉心内膜起搏法	(15)
五、安置起搏器术前、术中、术后	(16)
(一) 术前准备	(16)
(二) 术中注意事项	(17)
(三) 术后观察及处理 (术后常规、观察处理起搏故障, 术后并发症)	(18)
六、心脏电起搏的心电图表现	(19)
(一) 刺激信号波	(19)
(二) 心脏不同部	

1. 心房起搏	(20)
2. 心室起搏	(20)
①右室起搏	(21)
②左室起搏	(23)
③冠状窦起搏	(23)
(三) 起搏所致医源性心律失常	(24)
1. 竞争节律	(24)
2. 室性心动过速与室颤	(24)
3. 按需型起搏呈现之心律不齐	(25)
4. 心室融合波	(25)
5. 伪融合波	(26)
6. 并行心律	(26)
(四) 起搏故障时的心电图表现	(28)
1. 起搏器功能改变	(28)
2. 起搏突然停止所致心脏停搏	(28)
3. 起搏器奔跑现象	(28)
4. 阈值增高	(28)
5. 导线或电极接触不良	(30)
七、心腔内心电图	(30)
八、起搏故障分析和处理	(32)
九、应用起搏器病人的观察和随访	(35)
十、典型图例摘录	(37)
心脏起搏器临床应用初步体会	(48)
——附属二院内科心血管小组	
附图索引 (以上一、二部份附图)	(57)
国外心脏起搏进展	
一、起搏器治疗的临床要求	(59)
二、心脏刺激的电生理	(65)
三、安置永久性起搏器的方法	(73)
四、起搏器的电子线路	(88)
五、起搏器电极的工程概念	(102)
六、心脏起搏在世界各国的概观	(123)
七、布拉格的起搏器诊所	(128)
八、起搏器诊所——10年回顾	(129)
九、1952年至1976年 心脏永久起搏的进展概况	(131)

前 言

自然科学方面的进展，总是导致各工程科学新技术的迅速发展。医学也不例外，也赖此得到发展。但仅在近几年内，特别是应用电子学和材料学的近代发展和技术，使得治疗技术上（如器官的移植和功能的重建）有了可能并促使它引起了重大的改进。用于这方面的专门设备，已远超过临床医学范围内的有关问题，只有在多学科人员通力合作下协同发展。

心血管疾病是常见病之一。人工心脏电起搏正是籍助于基础科学和理工技术的发展，十多年来才有较大的突破，它已成功地用于治疗某些药物疗效不好的严重心律失常。

我们遵照毛主席的教导，坚持独立自主、自力更生，在省卫生局和院党委的领导下，于1973年组织基础课教师和临床医师，并在七机部504所、895厂、西工大三系等单位协作下，开始了心脏起搏器的研制和动物实验，1974年5月起用于临床治疗和抢救重危病人。这里的第一部分，是我院第一、第二附属医院内科心血管组和心血管协作组仪器研制组整理的“心脏起搏及其临床应用”，也是这方面工作的小结。第二部分是二院临床应用起搏器的初步体会，讨论了临床实践中的几个具体问题。

毛主席教导我们：“自然科学方面，我们比较落后，特别要努力向外国学习。但是也要批判地学，不可盲目地学。”华主席最近指出：“就是要赶超世界先进水平，外国做到的，我们要做到，外国没有做到的，我们也要做到，而且要做得更好。”第三部分是几篇有关“国外心脏起搏进展”的译文，介绍的目的，是给临床医师和有关学科的同志提供些参考材料，并以此作为借鉴，更快更好的赶超心脏起搏器研制和临床应用的先进水平。

1977年8月

人工心脏起搏及临床应用

应用心脏起搏器治疗严重心律失常抢救危急病人是近十几年来临床的重要进展。对各种原因引起的完全性房室传导阻滞、病态窦房结综合症等严重心律失常有肯定的治疗作用，为危急病人的抢救治疗，开辟了新的途径。在毛主席无产阶级革命卫生路线指引下我国临床工作者和工人、技术人员密切协作，发挥自力更生的革命精神，不断改进国产心脏起搏器的结构和性能，现不少省市和地区已研制成功多种类型的起搏器，并应用于临床治疗，取得了可喜的成果。一九七五年在南京再次召开了全国心脏起搏、除颤座谈会，会议上提出了今后开展此项工作的一九七六年——一九八零年规划，要求组织协作，积极稳妥的推广起搏、除颤技术。鉴于目前起搏器之应用仍限于较大的省市医院，多数医务工作者迫切需要了解有关心脏起搏工作的各项知识，为此我们根据我院进行此一工作的粗浅经验结合有关资料编述了本文，力求通俗易懂，以便在推广心脏起搏器临床应用过程中提供医务工作者参考。

一、有关人工心脏起搏的几个电生理学概念

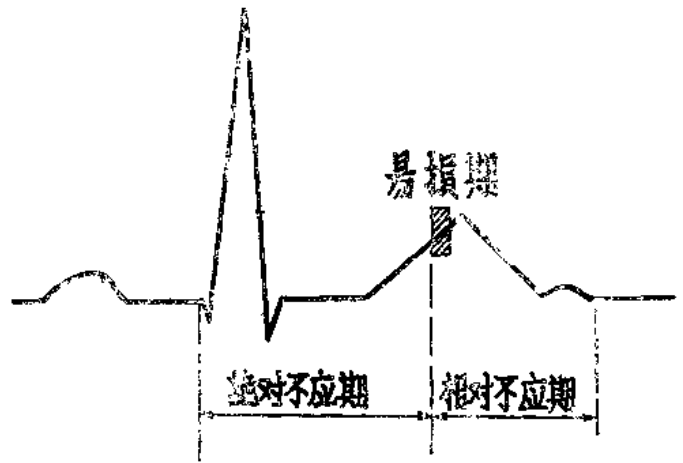
(一) 心脏起搏的基本原理：

正常人体心脏的起搏和激动的传导，是通过一种特殊心肌组织进行的，它们包括：窦房结、结间束、房室交接处、房室束及其分支、浦氏纤维等。由于窦房结自律性最高，所以它便成为正常心脏起搏点，其他具有起搏功能的组织，因它们的自动性低而为潜在性起搏点。当窦房结的起搏功能发生障碍，或其激动下传障碍，则下位的潜在起搏点就代偿地进行起搏，产生逸搏或逸搏心律。起搏点愈低，其自动性也愈低，起搏频率亦越慢而不可靠，容易出现重要脏器供血不足，特别是大脑缺氧，发生心脑血管综合征，亦容易发生室性主动性心律失常，造成致命危险。在此情况下，用人工的方法，代替窦房结的功能，按必要的频率直接刺激心肌（房或室），使其兴奋，除极，产生心肌收缩，维持必要的循环功能。这就是人工心脏起搏的基础。

所以，心脏起搏的基本原理是用一定形式的脉冲电流刺激心肌，使起搏或传导功能有障碍而仍具有兴奋、收缩以及心肌纤维间传导功能的心脏激动，其心房或心室得以按一定的频率有效的收缩。

(二) 心动周期对电刺激的反应

心动周期的不应期分绝对不应期及相对不应期，而于两者之间相当于T波尖峰前20—40毫秒处为易损期（图2—1），相对不应期之后为反应期。当阈上起搏脉冲电刺激落于绝对不应期时不引起心肌兴奋（激动）。当阈上刺激落于不应期以后（反应期），则可引起心肌兴奋而起搏，如果刺激落于相对不应期时，虽可引起心肌兴奋，但发生心室内传导差异而致QRS波群变形。假如刺激落于易损期，因此期内，心肌处于电不稳定状态，复极不均衡而在心肌内有许多折返路径，常常导致室性反复心动，甚至心室纤颤。尤其在急性心肌梗塞心肌缺氧时，室颤阈明显降低，使用稍大功率之电刺激即有可能引起室颤。



图一：心动周期心室肌的应激性

(三) 起搏阈值

为使心肌能够起搏，刺激电流需要有一定的强度，起搏阈值通常是指能使心肌除极产生心脏持续起搏所需的最小电刺激强度。单位可用电压（伏特），电流（安倍）、电能（焦耳）等表示。起搏阈值受很多因素的影响，除了心肌组织的应激性外，还有以下几方面因素与起搏阈值有关：

1. 起搏脉冲宽度：起搏脉冲形态通常为—矩形波，宽度为0.5—2毫秒，一般地说，脉冲宽度过窄，将使起搏阈值增加，并可能增加心肌损伤，脉冲波增宽，则所需的起搏电压，电流强度下降，以较弱的电刺激便能使心脏应激起搏，这样，电极尖端电流密度低，有可能减少局部组织的损伤和因组织纤维变性而造成晚期阈值升高。近几年来，对电极结构和脉冲宽度与刺激阈值的相互关系作了更进一步的研究，改进后的电极，应用宽度为0.5—1.0毫秒的脉冲可有效安全地起搏。减小了脉冲宽度，可降低起搏器电源能量消耗。

2. 电极安置部位：心肌电极阈值最小而且较稳定，早期及以后变化不大。心内膜电极如果位置定得好，阈值也较低，而且能长期稳定在一定水平上，有时心内膜电极起搏阈值较高，可能与电极位置不稳有关。心内膜电极一般多采用右室心尖部，但应在插入

电极时测定阈值，选择较低的阈值部位起搏。心外膜电极与以上两个部位比较，阈值最高。实践证明，心外膜电极阈值右室比左室为低。

3. 安置电极手术的影响：一般在安置电极后阈值将逐步增高。心内膜电极术后一周左右阈值达到最高值，此后可逐渐下降，大约2—3周降至稳定水平。心肌电极之阈值较稳定。心外膜电极之阈值较高，且常有较大变化。其原因可能与心肌局部血运、组织水肿、纤维化有关。

4. 生理因素的影响：运动或体力劳动，直立位可使阈值下降。卧位，睡眠，饥饿等可使阈值上升。

5. 药物的影响：应用拟交感神经药物，能增加心肌的应激性，可使阈值降低。糖皮质激素，亦可降低阈值，氢化可的松可减少炎性渗出，对稳定阈值可能有作用。盐皮质激素可使阈值升高。高渗盐水，葡萄糖胰岛素共用可使阈值升高。治疗剂量的洋地黄、阿托品、镇静剂、奎尼丁、普鲁卡因胺，利多卡因等对阈值影响不明显。

6. 电解质的影响：血钙在3.0—7.0毫当量/升时，不引起阈值变化。钾离子对阈值的影响颇受重视，但争论较大，一般认为，细胞内钾离子浓度与细胞外钾离子浓度之比（ K_i/K_o ）增高时，阈值随之升高，下降时，阈值亦降低。故凡影响这一比值的其他因素，对阈值就可能有影响。

（四）起搏频率：

心脏人工起搏的频率以多少为宜，必须根据具体情况选择，而没有一个固定的对于所有病人或同一病人不同时间都是合适的起搏心率。一般认为，能维持心输出量最大时的心率，便为最适宜的心率。起搏心率为70—90次/分，对大部分病人是较为合适的。但是必须注意以下几点：

1. 心功能较佳病人，能维持心输出量最大的心率范围较宽，起搏频率在60—150次/分之间时，心输出量无变化。但是，心功能不佳者，主要靠增加心率来提高心排出量，但能维持最大心排出量的平均心率范围较窄，一般为70—90次/分，若不适当的增加心率，不但不能提高心输出量，反而使心肌耗氧量增加，冠状动脉灌注不足。

2. 有些病人能够维持最大心输出量时的起搏频率，不一定是能够抑制心脏异位激动的心率。

3. 完全性房室传导阻滞病人，起搏频率可以患者的心房率作为指标，宜选用能使心房率减至最缓的心室起搏频率。

（五）起搏部位对心功能的影响：

起搏部位涉及房室收缩顺序及起搏的效果。正常人心脏起搏点在窦房结，然后心房激动，经过P—R间期后心室激动，因此可以设想，如果人工起搏部位在心房是比较合乎生理功能的，心房的功能得以发挥，比单纯心室起搏优越。但是，由于病变不同或由

于起搏器条件限制，目前仍以心室起搏常用。目前认为，房室收缩同步对改善心室排血功能有一定作用。在心代偿功能良好者，采用心室起搏，房室虽然不同步，但由此而产生的心排出量及血压的轻微减低，可被心脏代偿。而对心脏代偿功能差或体力活动过强者，采用保留心房功能的房室同步起搏是必要的。

心房不同部位起搏，左室或右室起搏及心内膜或心外膜起搏相比，对血液动力学的影响差别不大。

(付文 孙济川整理)

二、起搏器的临床应用及适应症

由于起搏器的性能不断完善，临床经验的不断积累，应用范围也逐渐宽广，在诊断、治疗、预防等方面都有所应用。

(一) 治疗性应用：

1.慢性永久性Ⅲ度或Ⅱ度(莫氏Ⅱ型)房室传导阻滞伴有心脑综合征发作，或伴有心衰、心绞痛等重要内脏供血不足症状，药物治疗无效者。及三束支阻滞伴有心脑综合症者。

2.严重的心动过缓：有临床症状的严重心动过缓，如持续而严重的窦性心动过缓，窦性长时间停搏，窦房阻滞或快慢综合症以心动过缓为主伴有心脑综合症，药物治疗无效。或者伴有室性异位激动药物治疗困难者。

3.急性心肌梗塞：一般认为在以下情况下可用心内膜电极临时起搏治疗：

①心动过缓：严重窦性心动过缓，结性心律，心动过缓伴室性心律紊乱，药物治疗无效者。

②下壁心肌梗塞伴有房室传导阻滞：当心室率不能由阿托品、异丙基肾上腺素等维持在不发生症状或严重心律紊乱者；出现莫氏Ⅱ型高度房室传导阻滞或完全性房室传导阻滞而QRS波增宽，心室率低于50次/分，且不稳定者。

③前壁心肌梗塞出现双束支或三束支阻滞，或完全性房室传导阻滞，心室率低于40次/分且不稳定者。

必须注意，急性心肌梗塞时，心肌应激性异常增高，室颤阈值降低，安置心内膜电极本身亦可引起心律失常或心肌穿孔等并发症。故必须使用按需型起搏器以避免心律竞争及室颤发生。

4.超速起搏(超速抑制)

(1)原理：用提高心率来抑制异位激动的方法称为超速抑制。动物实验证明，超速起搏可抑制心脏的内节奏点的活动。根据电生理学研究发现某些因心动过缓而诱发的异位激动，其原因与心肌纤维间应激性恢复时间不一致有关。如使心率增快，则不应期

缩短，即可减少这种不一致现象，同时心率增快可使室颤阈值升高，从而消除了异位激动的产生。

(2) 方法：一般尽可能采取心房起搏法，以保持心房功能维持较为满意的心排量。高频起搏时保证电极在心房内较为安全。但如右房明显增大、房颤、有房室传导阻滞或心房起搏无效时，则以心室起搏为佳。

(3) 起搏频率：

①为控制室性异位激动，往往不需要很高的频率，一般在70—130次/分即可奏效。原有高度房室传导阻滞者使用60—90次/分心室起搏即可抑制异位激动，一般可参考病人窦性心律时之频率，使起搏频率较原有窦性心律快10—20次/分即可。有时则需要将起搏频率调至较异位激动频率为高方可起抑制作用。

当起搏频率超过130次/分时，可能出现低血压，心功能不全等不良反应。如果并用抗心律失常药物，可使超速起搏所需之起搏频率减低，提高疗效。

②对顽固性室上性心动过速，交界性心动过速，心房扑动以及预激症候群伴发心动过速治疗时，所需起搏频率往往较高，其范围为70—120次/分，而多数病人仅需使用较快速异位心率为低的起搏频率即可达到抑制目的。

③超速起搏时，宜逐渐递增频率，频率达足够高时，经几秒钟至几分钟，起搏脉冲即可全部夺获心脏，然后逐渐减慢频率，而选用一较低的起搏频率维持之。不宜突然停止起搏，以防突然停止起搏所致之心跳骤停或异位节律复发。

(4) 适应症：药物治疗无效的严重心律紊乱，慢性复发性严重心律紊乱。

采用超速抑制法较应用电转复器之优点有：

①不需全麻，

②手术简单，效果也迅速，

③可治疗多种严重之心律失常，包括电转复无效或不宜电转复者。（如发生于窦房结功能不全之心动过速者。），

④可用于治疗洋地黄中毒性心律失常

⑤可用于幼童及孕妇病人。

缺点是：

①需由静脉插入导管电极，留置时间久时易并发感染和血栓形成。

②导管过硬时可致心肌穿孔，尤其在心肌缺氧时可招致加重心律紊乱，

③心内膜电极需正确定位，方能保证疗效。

因此这种方法仅在药物治疗无效或不适宜其他方法治疗的严重心律失常时应用，而不应作为首选治疗方法。

近年有报导使用食道电极获得超速抑制成功者，其使用电压较高，有时可电灼伤食道粘膜。

5. 成对或合拍（对偶）心房起搏法，治疗快速心律失常。当成对的脉冲刺激速率超过自然起搏率时，可以夺获心房或心室。成对脉冲中的第一个脉冲引起一次心脏激动产生机械收缩，第二个脉冲在此次心动周期之相对不应期到达，（两个电脉冲之间的距离

因人不同，约为300毫秒，如相距太长，两个刺激均能引起收缩，若相距太短，第二个脉冲落在绝对不应期，便不起作用。）使心肌产生电兴奋而无机械收缩，第二个脉冲刺激产生的兴奋延长了不应期，抑制了内在搏动而成倍减慢了心率。这样可使心脏收缩力增强，减低心室舒张末期压，对心衰患者有利。对偶刺激是单一脉冲刺激，调节至心脏自主搏动R波之后一定时间发出脉冲，此脉冲相当成对起搏的第二个脉冲一样延长了不应期，使心率减慢。但此种方法经验还不多，必须避开心肌之“易损期”，否则有发生室颤危险。

（二）预防性应用：

由于电起搏治疗心律失常有效而迅速，能较方便的从静脉插入心内膜电极，所以用其作保护性应用，预防心脏停止及某些心律失常发生。

1.在应用了大剂量心肌抑制剂或在冠状动脉造影时。

2.在一些较大的心脏手术时，如主动脉瓣手术，心内膜垫缺损修补术，更换瓣膜手术，或较大的室间隔修补术时，可行心脏起搏，以防传导阻滞及心脏停搏，亦利于术后心律失常的处理。

3.需长期起搏，但因年老，一般状态差时可做保护性临时起搏，待一般情况改善，再过度到长期起搏。

（三）诊断性应用：

1.心房调搏用于可疑冠心病之诊断：将电极插入右房上外侧方与上腔静脉交界处，逐渐加快起搏频率，使其心率达130次/分以上，诱发ST—T改变或出现心绞痛者为阳性，可辅诊为冠心病。若起搏频率已达160—180次/分，仍无这些反应时，为试验阴性，否定冠心病诊断。

心房调搏试验，亦可用于预测和判定冠心病病情的严重程度，凡病情较重者用较慢的起搏频率即可出现阳性结果，病情较轻者，用较快的起搏频率后方可出现阳性结果。临床上尚有借心房调搏试验评价冠心病之药物疗效及手术效果者。

此法较运动试验有以下几项优点：

- ①不消耗体力，只测心脏不影响全身。
- ②可用于不能进行运动试验者，如呼吸困难，跛行者等。
- ③试验不受主观精神因素的影响，能客观的反映病情；
- ④既可定性又能定量的预测判断冠心病的发展程度，以作疗效和予后判断指标。
- ⑤操作简便，安全可靠，易于重复，便于控制。

2.用于病窦综合症的诊断：

窦房结的功能状态通常由窦性心律时的心房率来反映。测算心房超速起搏后窦房结恢复时间，是估计窦房结功能有价值的方法。先将心内膜电极置于右心房与上腔静脉交

界处，用最小的脉冲电流，获得可靠的心房起搏，P波形态正常。依次将起搏频率提高，90、110、130、150次/分，每个频率持续至少30秒，同时记录I、II、avF和V₁导联心电图，突然停止起搏，测定起搏停止至恢复窦性搏动所需之时间（即最后一个心房起搏之P波与停止起搏后第一个窦性P波之间的时间。）每个频率测试后，中间休息2—3分钟。如上各频率测试完成后可静脉注射阿托品1mg后再重复如上试验。正常人窦房结恢复时间为0.8—1.1秒，超过1.2—1.4秒可诊断为窦房结功能抑制，据报导病窦综合症时可达1.6—2.0秒。

有人认为心房起搏停止后窦房结的恢复时间与休息时窦性心律有关，所以用恢复时间与窦性周期时间之百分比表示：

$$\frac{\text{恢复时间}}{\text{对照的窦性P—P时间}} \times 100\%$$

若比值大于125%则为异常。

3.发现隐性房室传导阻滞症：当患者有晕厥疑及房室传导阻滞而心电图检查正常时，可进行心房调搏，当较慢之心房起搏频率时，房室传导时间可正常，增快心房起搏频率后，此类病人出现I度或II度房室传导阻滞。对已有右束支阻滞并电轴左偏的病人，可用心房调搏以预测其是否会发展成完全性房室传导阻滞，以作为是否需要预先安置起搏器的依据和指征。

4.心房调搏诱发交替脉以早期发现左心室衰竭，交替脉是左心室衰竭的一个重要征象，但一般此体征常不明显，而心房调搏率由休息心率为75次/分，调搏到110次/分时便可出现交替脉。

5.用心房调搏可协助诊断某些疑难之心律失常，预激症候群，或结合希氏束电图来研究其发生机制，可鉴别二尖瓣狭窄与左室心肌失健，研究心肌代谢等。

上述心脏起搏用于某些心脏病的诊断有独特之处，但必须指出，此法仍属一种损伤性检查方法，且目前对其特异性及灵敏性尚有待进一步研究。

（四）适应症：

根据1975年全国心脏转复起搏、去颤座谈会总结各地经验，心脏起搏适应症如下：

长期起搏的适应症：

（1）房室传导阻滞：II度或III度（莫氏II型），不论系心动过缓或严重室性心律失常而引起心脑综合症或伴有心力衰竭者，

（2）三束支阻滞伴有心脑综合症者

（3）窦房结功能衰竭（病窦综合症），心动过缓及过速交替出现并以心动过缓为主伴有心脑综合症者。

临时起搏适应症：

（1）急性前壁或下壁心肌梗塞伴有III度或高度房室传导阻滞经药物治疗无效者；

（2）急性心肌炎或心肌病伴有心脑综合症者；

- (3) 药物中毒心脑血管综合症发作者；
- (4) 心脏手术后出现Ⅲ度房室传导阻滞者；
- (5) 电解质紊乱如高血钾引起高度房室传导阻滞者；
- (6) 起搏超速抑制以诊断或治疗其他方法治疗无效的室上性或室性心动过速；
- (7) 保护性应用，必要时可应用于长期性心外膜或心肌起搏放置电极前，冠状动脉造影，电转复，外科手术等。

(付文 整理)

三、起搏器的类型

心脏电起搏的基本原理是用一定形式的脉冲电流，刺激心肌，使心脏按一定频率有效收缩，这种方法称为心脏电起搏。产生电脉冲并将脉冲传至心脏的仪器为心脏电起搏器。

起搏器的基本构造是由一种低频脉冲发生器，刺激电极及导线，电源等三部分组成。目前使用的起搏器，种类及形式繁多，但按其功能及发展情况来看，大致可分为同步型起搏器和非同步型起搏器，同步型起搏器又可分为心房（P波）同步型起搏器、心室同步型起搏器及房室顺序刺激型起搏器。

各种类型起搏器，就其脉冲发生器而言，各有其优缺点及临床适应症，目前还不能认为某种起搏器最好，可以取代其他类型起搏器或适用于一切病人。

(一) 固定频率型起搏器

为非同步型起搏器，它产生的刺激脉冲与心脏自身节律无关，即不论心脏本身有无自主搏动以及自主搏动的快慢如何，它均按固定频率的刺激脉冲刺激心脏。

此种起搏器构造简单，性能稳定可靠，不易受外界干扰，体积可很小，耗电少。适用于永久性三度房室传导阻滞病人。不适于自身心动间歇出现或有可能恢复正常窦性心律者，它的缺点是与心脏自主节律不能同步，当心脏出现自身搏动时（即使是暂时的）这种频率固定的刺激脉冲，对心脏来说就成为多余的额外刺激，产生心脏自身节律和起搏节律之间发生干扰，形成“竞争心律”导致心律紊乱。有时起搏的额外刺激落入自身心动周期的“易损期”而诱发室性心动过速或心室纤颤危及生命，因此它的临床应用范围就受到限制。

这种起搏器的频率及刺激强度有可调式与不可调式两种，前者便于对不同病人选择不同起搏频率及刺激强度。

我们试制的GD—4B可调频率型心脏起搏器，采用互补脉冲电路，频率可在50—130次/分之间根据需要进行调整，脉冲宽度为0.6~1.0毫秒，脉冲输出幅度1~8.5伏特范

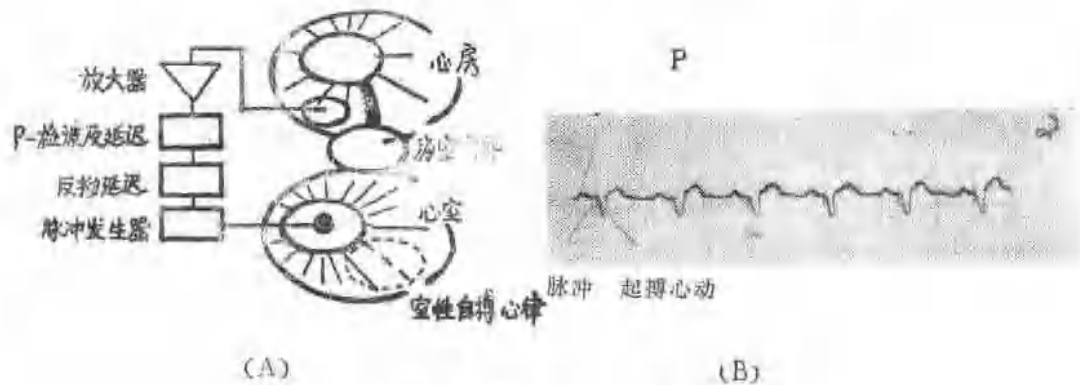
围内可调。起搏频率70次/分，脉冲幅度5伏、负载为500欧姆时平均功耗为18微安，用6F22型9伏层迭式电池可用一年左右。其电原理图见附图1。

目前虽然已有各种同步型起搏器，固定频率起搏器由于故障较少、造价较低可减少患者经济负担，而现今带起搏器患者中永久性房室传导阻滞仍占多数，用固定频率起搏器即可解决问题，因此尚不能予以偏废。

(二) 心房同步型起搏器

它的作用原理是将心房活动时所产生的生物电（P波），经心房电极传到放大器上，经过检波，再延迟一定时间（一般为0.12秒），然后触发脉冲发生器，使后者向心室（通过电极）发出刺激脉冲，所以使心室活动受心房电激动的控制。对房室传导阻滞患者，该起搏器相当于一条人工造成的房室传导通路，能使心室收缩与正常的心房活动同步化，保持了心房功能，合乎正常人体生理要求。

此种起搏器须在心房安置一个电极，用来“感知”心房活动的生物电，心室放两个电极，用以传递脉冲发生器的电刺激脉冲。它的缺点是线路复杂，稳定性差，易受外界干扰，心脏上放置电极太多，耗电量大，还有一个极大的缺点是，它对生理性及病理性（如房颤、房扑、房性心动过速等）心房活动，均有反应，这些异常的心房电激动都被其“感知”而使脉冲发生器向心室发出电刺激脉冲，引起室性快速心率。



图二 心房同步型起搏

- A. 完全性房室传导阻滞时应用心房同步型起搏器使心房与心室搏动相连接
 B. P为窦性心律，每个P波均被起搏器经心房电极感知，感知后经放大、检波并延迟一定时间（相当于正常P—R间期）后起搏器发放脉冲，经心室电极刺激心室，引起心室起搏。

为了避免这一缺点，有人在线路设计上，增加了一个乏兴奋期，即在探测到一个P后的相当长一段时间里，对紧接着出现的第2个P波不发生反应，造成人工性房室传导阻滞，限定起搏最高频率在150次/分以下，从而避免了房性心动过速，心房扑动或纤颤时

所致的危险的室性快速心率。

心房同步型起搏器虽合乎正常心脏的传导顺序，但有关心房电极和起搏器电路的稳定性方面尚待进一步改进。

总之这种起搏器目前还不够成熟，长期使用不理想。

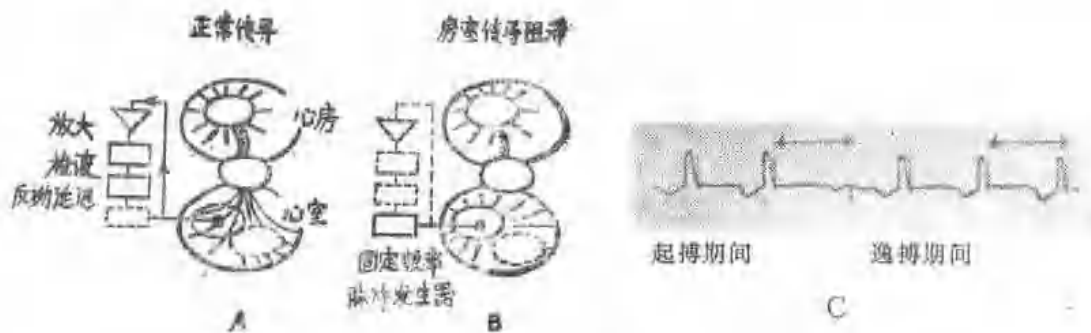
(三) 心室同步型起搏器

又可分为两种，一种是R波抑制型，另一种是R波触发型。实际上R波抑制型起搏器是真正按需型起搏器。以上两种起搏器它们所产生的刺激脉冲，均可因心脏出现自身节律而自动改变。

1. R波抑制型起搏器：其作用原理是正常频率之心室激动可以抑制脉冲发生器产生脉冲，而只有在R-R间期超过预定之时间后才发出一定频率之脉冲，形成起搏心律。也就是说，当心跳次数正常时，起搏器被自身心律时的生物电（R波）抑制，不发出脉冲，而当心跳慢到一定程度时，脉冲发生器才向心室发出固定频率的脉冲，使心室起搏，所以才是按需的。这种使脉冲发生器发出脉冲的最低心跳次数，叫按需频率，起搏频率一般都调至 70 ± 2 次/分。

按需起搏器对自主心律的R波敏感度一般为2毫伏左右，因此电极的位置非常重要，它必须放置在能够产生足够幅度的QRS波群的心室部位上，这样起搏器才能“感知”自身心律而发生脉冲抑制。有时大的P波或T波以及外来电干扰也可以错误地被“感知”使脉冲发生器抑制。所以对滤波感受器的设计方面要求更加灵敏和完善，要能正确区分R波、P波或T波。（见图三）

当房室传导阻滞是间歇性的，而有由窦房结下传的激动使心室除极，或出现异位节奏点使心室除极时，使脉冲发生器抑制的R波出现到下一个起搏脉冲出现的这段时间，叫做“逸搏间期”。我们试制的这类型起搏器，逸搏间期稍大于起搏间期，有人主张逸搏间期要大于起搏间期约15%。



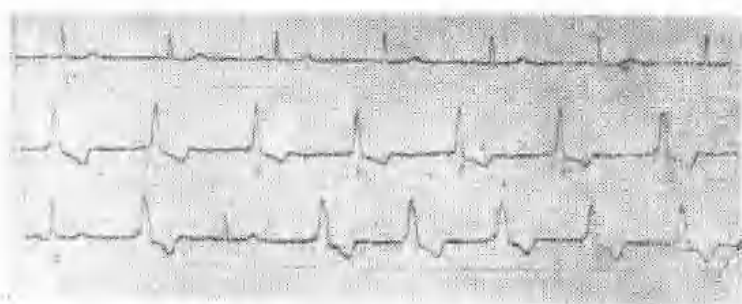
图三 R波抑制型起搏

(A) 和 (B) R波抑制型按需起搏原理示意图

(C) 起搏间期和逸搏间期

为了防止脉冲发生器被脉冲电起搏后的QRS波或T波所抑制，或防止脉冲发生器被异位节奏点而来的R波第二次抑止，在线路设计中要求在起搏脉冲发出后的一段时间内，起搏器对任何信号均无反应，这段时间称为起搏器的“不应期”（反拗期），一般为150—300毫秒。

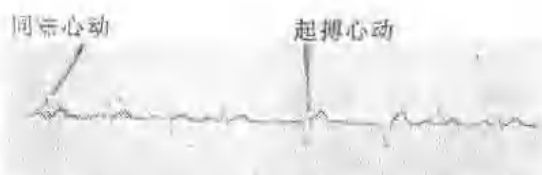
此类起搏器适用于间歇性房室传导阻滞、带用起搏器后心脏有可能恢复正常传导的病人（有1/3的三度房室传导阻滞病人，用起搏器后可恢复窦性心律），如急性心肌梗塞，病窦综合症等。R波抑制型起搏按需心电图，见图四。



图四 R波抑制型起搏心电图

- 上：自身窦律（56次/分）快于起搏器频率（56次/分）时，脉冲全部抑制（仅第一个QRS起始有一融合脉冲）
- 中：自身窦律与起搏频率（60次/分）相近形成融合波（F）
- 下：自身窦律慢于起搏频率时，则以固定频率发放脉冲起搏（后半段）

2. R波触发型起搏器：其作用原理是脉冲发生器可被自身心律之R波即刻触发，而使脉冲提前释放，这样起搏刺激落在QRS波群上，正好在心肌的绝对不应期而成为无效刺激，不引起心室激动。若无自身搏动或自身激动太慢，则起搏器以固定频率进行非同步起搏，若自主心律较快，则起搏器每次的刺激脉冲均被提前释放而产生与自身心律同步。



图五、R波触发型起搏心电图（示意图）

图五示，R波触发型起搏心电图，前4个心动为窦性心动，其R波被起搏器感知后脉冲提前发放，脉冲与R波同步，落于QRS波上，构成四个同步心动（其心率为75次/分）。此后由于窦性停搏时间长于选定的起搏频率间期1.0秒（本例选定起搏频率为60次/分），仍无自身心动，起搏器即以每秒1次脉冲刺激心室起搏，构成两个起搏心动（第6、7个QRS波）。其后又因自身窦性心动再度出现，最后两个R波又被起搏器感

知，脉冲提前发放，重新形成同步心动（第7、8个QRS波）。

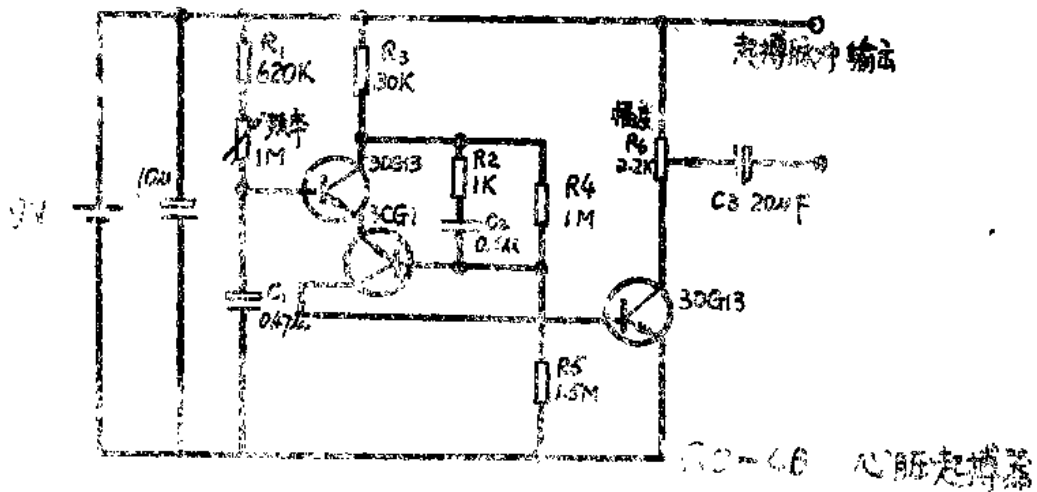
由于内在的及外来刺激都能增加起搏器的同步脉冲频率，为了防止心脏遭受过频之刺激，此类起搏器设计了一个比R波抑制型更为长的反拗期，一般为0.4—0.5秒，该起搏器线路亦复杂，耗电量比R波抑制型的大，应用不普遍。

(四) 房室顺序刺激型起搏器

目前尚在实验阶段，有两组电极分别放置在心房及心室，以固定频率或按需交替刺激心房和心室，使心房和心室活动接近生理顺序。适用于窦房功能衰竭伴有或不伴有房室传导阻滞者；当心动过缓房室传导功能正常时，心室刺激脉冲可为自身R波抑制，单纯起搏心房；当心动过缓伴有房室传导阻滞时可连续顺序起搏心房与心室。

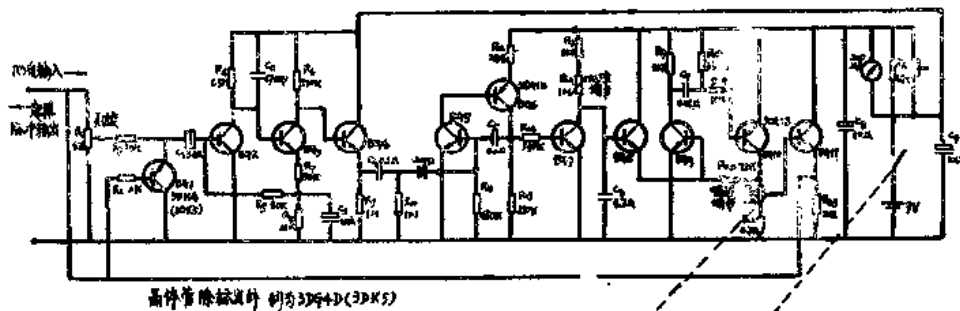
目前临床应用最为普遍的是固定频率及R波抑制型按需起搏器。我们在院党委领导下，坚持“自力更生”的方针和科研、生产、临床使用三结合，在504所、895厂、西工大三系等有关单位支持协作下，先后试制过AX-3型、AX-4型、AXXQ-1型R波抑制型按需起搏器，1974年以来已成功地应用于临床，起搏及抑制、按需性能稳定良好，其电原理图和技术指标，见附图2、附图3。

附图1、2、3及附图说明



附图1 GD-4B固定频率型心脏起搏器

技术指标：频率 50—150次/分 脉冲宽度 0.6—0.8MS 脉冲幅度 1—8.5伏
功耗 18微安（70次/分，脉冲幅度5伏负载500欧姆时）

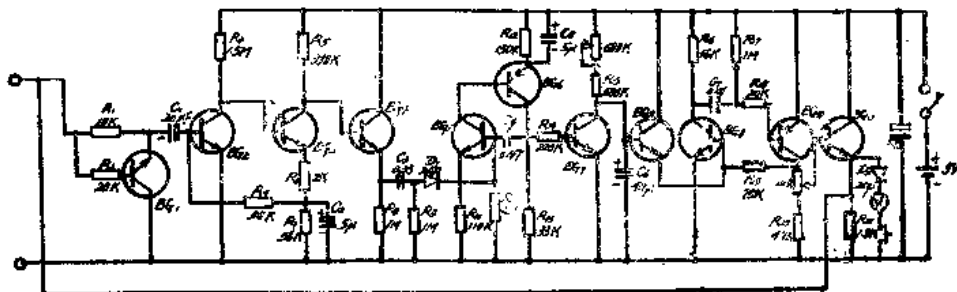


高件管除标注外 均为3DQ4D(3DK5)

AX-3 心脏起搏器电路原理图

附图 2 R波抑制型按需心脏起搏器

技术指标: 频率	50—100次/分连续可调	反拗期	180MS
脉冲宽度	0.8MS	功耗	抑制状态 ≤ 35 微安,起搏状态 ≤ 55 微安(70次/分,脉冲幅度4伏负载500欧姆时)
脉冲幅度	0.6—8伏连续可调	放大器频带	15—90赫兹
灵敏度	不低于2.5毫伏(脉冲宽度为40MS的三角波)		



除BG₁为3DK4, BG₆, BG₁₀为3CG4外 其它均为3DG6

AX-4型按需心脏起搏器线路图

附图 3

(付文 黄治焯整理)

四、安置起搏器的方法

依据起搏器与电极导线是否埋入体内分为: ①体外佩带式: 起搏器佩带于体外, 电极植于体内, 经过导线将电极联接于体外起搏器起搏。②体内埋藏式: 将电极导线及起搏器均埋藏于体内, 电极植于心脏, 起搏器埋于胸部或腹部皮下肌层。③感应式: 系将电极、导线、线圈埋于体内, 于体外佩带一感应式起搏器。目前国内体外佩带式起搏器