



“十一五”国家重点图书出版规划

Chinese Electrocardio-Informatics Encyclopedia

中国心电信息学 图解集成

下册



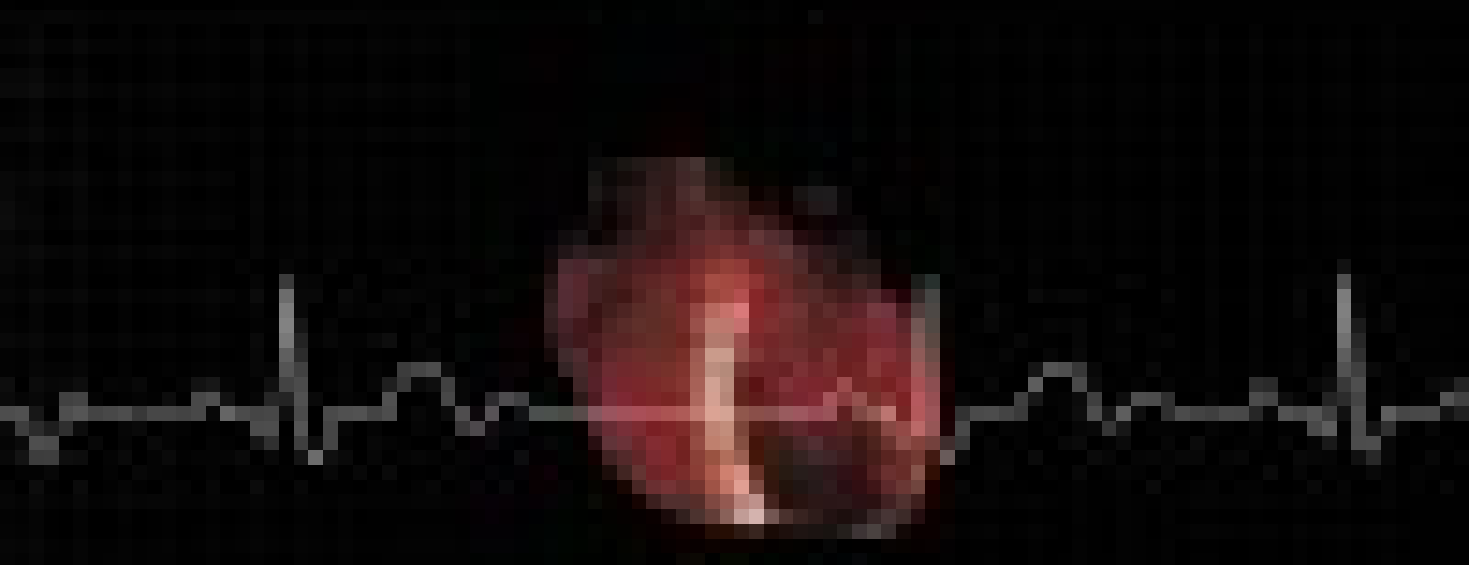
主审 陈灏珠

主编 张开滋 肖传实 郭继鸿 王红宇

湖南科学技术出版社

Chinese
Electrocardio-Informatics
Encyclopedia

中国心电信息学 图解集成



中国心电信息学
图解集成



“十一五”国家重点图书出版规划

Chinese Electrocardio-Informatics Encyclopedia

中国心电信息学 图解集成

下册

主 审

陈灏珠

主 编

张开滋 肖传实 郭继鸿 王红宇

副主编

(排名不分先后)

邢福泰 王 玮 屈百鸣 钟杭美 慈书平 曲秀芬
方丕华 李方洁 杨 波 李德友 孟庆华 柳 茵
刘晓媛 罗昭林 张建义 鲁 端 顾菊康 吴永全

学术秘书

张秀芝 谷志华 曲晓燕 李俊伟 汤亚明

湖南科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国心电信息学图解集成 / 陈灏珠主审, 张开滋 肖传实
郭继鸿 王红宇主编. -- 长沙: 湖南科学技术出版社, 2010.5

ISBN 978-7-5357-6158-3

(“十一五”国家重点图书出版规划)

I. ①中… II. ①陈…②张…③肖…④郭…⑤王… III. ①心电图
—图谱 IV. ①R540.4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 060908 号

“十一五”国家重点图书出版规划
中国心电信息学图解集成

主 审: 陈灏珠

主 编: 张开滋 肖传实 郭继鸿 王红宇

责任编辑: 李 忠

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-4375808

印 刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本社联系)

厂 址: 长沙市青园路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2010 年 5 月第 1 版第 1 次

开 本: 889mm×1194mm 1/16

印 张: 179.5

插 页: 12

字 数: 5581800

书 号: ISBN 978-7-5357-6158-3

共两册套价: 598.00 元

(版权所有·翻印必究)

编委名单

(按章顺序排列)

张开滋	教授	大连医科大学教学医院	惠杰	教授	苏州大学附属第一医院
肖传实	教授	山西医科大学第二临床医学院	杨向军	教授	苏州大学附属第一医院
王红宇	教授	山西医科大学第二临床医学院	魏太星	教授	郑州大学第一附属医院
郭继鸿	教授	北京大学人民医院	杨国杰	教授	郑州大学第一附属医院
张海澄	教授	北京大学人民医院	刘晓媛	教授	河北医科大学附属秦皇岛第一医院
李翠兰	副教授	北京大学人民医院	柳茵	教授	青海大学附属医院
方丕华	教授	中国协和医科大学北京阜外医院	王福军	主任医师	吉首大学附属第一医院
吴永全	教授	首都医科大学北京友谊医院	小泽友纪雄	教授	日本大学医学部
李方洁	教授	中国中医研究院望京医院	屈百鸣	教授	浙江省人民医院
赵元淮	教授	中国航天医学工程研究所	李忠杰	教授	浙江省人民医院
邢福泰	教授	大同市中心血管研究所	刘蓉	教授	昆明医学院第一附属医院
支龙	主任医师	晋中市第三人民医院	山璐	副教授	昆明医学院第一附属医院
黄永麟	教授	哈尔滨医科大学第一临床医学院	王玮	主任医师	昆明医学院教学第一医院
曲秀芬	教授	哈尔滨医科大学第一临床医学院	张建义	教授	桂林医学院附属医院
赵进军	教授	哈尔滨医科大学第一临床医学院	刘悦香	教授	滨州医学院附属医院
赵继义	博士	哈尔滨医科大学第一临床医学院	刘仁光	教授	辽宁医学院附属第一医院
林治湖	教授	大连医科大学附属第一医院	张英杰	教授	辽宁医学院附属第一医院
杨波	教授	武汉大学人民医院	陈元禄	教授	泰达国际心血管病医院
陈芳	副教授	武汉大学人民医院	赵峰	教授	中卫瑞德医疗科技发展中心
吴杰	教授	华中科技大学同济医学院附属同济医院	尹炳生	教授	第一军医大学心电中心
鲁端	教授	浙江大学医学院附属邵逸夫医院	黄岚	教授	第三军医大学新桥医院
孟庆华	主任医师	中南大学湘雅医院附属海口医院	钟杭美	主任技师	第三军医大学新桥医院
李中健	主任医师	郑州大学第二附属医院	罗昭林	副主任技师	第三军医大学新桥医院
顾菊康	教授	上海交通大学附属第一人民医院	赵晓月	主任医师	解放军第四五八医院
刘豫阳	教授	复旦大学医学院附属儿童医院	慈书平	主任医师	解放军第三五九医院
盛锋	教授	复旦大学医学院附属儿童医院	段扬	副主任医师	解放军三一六医院
田宏	副教授	复旦大学医学院附属儿童医院	李德友	副主任医师	解放军六一七八五部队医院

编写者名单

(按章顺序排列)

刘子文	潘运萍	邢适颖	刘春燕	刘莉	李丽	马涛	王永	刘世军	张年萍	杨晓静
李占海	曹化东	刘世芳	冯军霞	董京	曹丽华	邸捷	李多	郭皓	许智韬	周旭
权太东	邓鹤秋	高伟栋	王慧	洪银维	方宏	张文君	曹东芳	李晓枫	荆晓丽	李宝玉
张羽中	刘海祥	杜云蕙	管洪	王建勇	王小寅	闻颖梅	刘芳	李晶洁	曹春歌	刘世芳
郭小玉	乔益玲	戴跃龙	王静	郭娜	李育民	汪红霞	白继康	郭任维	刘炜	许智韬
周旭	马娟	边亚和	刘志群	马志敏	赵树梅	孙涛	方宏全	杨颖	谢文丽	刘文玲
陈娟	王芳	岳莉英	陈晓	景永明	郭佳	李俊伟				

第三篇

派生心电信息图

Part Three

Derived Informatics of

Electrocardiogram

第一节 经食管心脏起搏心电图特点

一、起源与发展

1908年Furthner第一次记录到一位发生了急性梗死的患者有ST段压低的心电图，当时却对这种新发现的ST段压低这一个重大发现未能做出解释。1915年Kearlfield首次记录到自发性心绞痛患者心脏发作时4个标准导联上有ST段压低。1924年Felt和Selig发现运动可诱发心绞痛，同时心电图上可出现ST段压低以及T波改变，认为这是心肌供血减少所致，而且还发现心绞痛缓解后和服用硝酸酯类药物后，心电图能恢复正常。

1923年，Master设计了心脏包虫负荷试验，他对心绞痛患者的试验进行了创造性的描述，即按逐渐增加运动负荷使患者的呼吸或脉搏达到评价心肌缺血联系起来，为后来日益完善的心电图运动试验打下了坚实的基础。1934年，他受哈佛医学院聘了3~5名医生，后来选用了Master II式手（1.5英寸×2.5英寸）脚踏运动试验（即Master脚踏板），运动试验的终点是患者出现胸痛症状，并强调运动停止后立即记录心电图的重要性，并认为服用硝酸酯类药物进行运动试验可评价患者的运动耐力。

1950年，Ward等认为运动负荷大小不足固定，故健康患者耐力进行调整，负荷调整一阶性半程运动试验是必要的，其结果性通过了Master试验，Ward等用负荷试验揭示亚临床性心肌缺血，其试验的意义，迄今仍具有实际意义。

第十三章	经食管心脏起搏心电图	(1369)
第十四章	食管法心脏电生理检查	(1414)
第十五章	心脏电生理检查	(1486)
第十六章	心腔内电图	(1533)
第十七章	信号平均心电图	(1569)
第十八章	频谱心电图	(1599)
第十九章	高频心电图	(1656)

第三篇 派生心电图信息图

Part Three Derived Information of Electrocardiogram

心电图是诊断心脏疾病的重要工具，通过分析心电图的波形、节律、传导速度等信息，可以了解心脏的电生理活动。本部分将介绍心电图的派生信息，包括心率、PR间期、QRS波群、ST段、T波等参数的测量方法和临床意义。

一、心率 (Heart Rate)

心率是指每分钟心脏跳动的次数。正常心率为60-100次/分。心率过快称为心动过速，心率过慢称为心动过缓。

二、PR间期 (PR Interval)

PR间期是指从P波开始到QRS波群开始的时间间隔。正常PR间期为0.12-0.20秒。PR间期延长可能提示房室传导阻滞。

三、QRS波群 (QRS Complex)

QRS波群代表心室除极的电信号。正常QRS波群在0.08-0.12秒之间。QRS波群的形态和振幅可以反映心室的电生理特性。

四、ST段 (ST Segment)

ST段是指从QRS波群结束到T波开始的时间间隔。正常ST段在0.05-0.10秒之间。ST段抬高或压低可能提示心肌梗死或心肌缺血。

五、T波 (T Wave)

T波代表心室复极的电信号。正常T波在0.05-0.10秒之间。T波异常可能提示心肌缺血、电解质紊乱等。

心电图参数	正常范围	临床意义
心率 (Heart Rate)	60-100次/分	心动过速、心动过缓
PR间期 (PR Interval)	0.12-0.20秒	房室传导阻滞
QRS波群 (QRS Complex)	0.08-0.12秒	心室肥大、束支传导阻滞
ST段 (ST Segment)	0.05-0.10秒	心肌梗死、心肌缺血
T波 (T Wave)	0.05-0.10秒	心肌缺血、电解质紊乱

第十三章 经食管心脏起搏心电图

心脏起搏负荷试验 (heart pacing loading test, HPLT) 旧称经食管心脏调搏负荷试验, 已作为临床冠心病辅助诊断的重要手段之一。心脏起搏负荷试验通过起搏心脏, 提高受检者的心率, 增加其心肌耗氧量, 使心肌暂时性出现供氧与需氧的失衡, 从而出现心肌缺血的临床表现及心电图改变, 辅助冠心病、心肌缺血的诊断。

心脏起搏负荷试验包括经食管心脏起搏 (transesophageal heart pacing, TEHP) 和经静脉心脏起搏 (transvenous heart pacing, TVHP)。前者包括经食管心房起搏 (transesophageal atrial pacing, TEAP) 及经食管心室起搏 (transesophageal ventricular pacing, TEVP), 由于经食管心房起搏方便、可靠, 所以临床上主要采用经食管心房起搏负荷试验。经静脉心脏起搏为创伤性检查, 包括经静脉心房及心室起搏, 临床上主要在心脏介入手术中应用, 很少单独应用, 费用相对昂贵。

第一节 经食管心脏起搏心电图特点

一、溯源与发展

1908 年 Einthoven 第一次记录到一位登了数层楼的患者有 ST 段压低的心电图, 当时却对运动诱发 ST 段压低这一个重大发现未能做出解释。1918 年 Bousfield 首次记录到自发性心绞痛患者的症状发作时 3 个标准导联上有 ST 段压低。1928 年 Feil 和 Sigal 发现运动可诱发心绞痛, 同时心电图上可出现 ST 段压低以及 T 波改变, 认为这是心脏供血减少所致, 而且还发现心绞痛缓解后和服用硝酸甘油后心电图能恢复正常。

1929 年, Master 提出了心脏运动负荷试验, 他对心脏运动负荷试验进行了创造性的阐述, 即将运动负荷试验方法获得的原始观察记录和评价心肌缺血联系起来, 为后来日臻完善的心电图运动试验打下了十分坚实的基础。1938 年, 他令受检者快速登 3~6 层楼梯, 后来选用了 Master 9 英寸 (1 英寸 = 2.54 cm) 阶梯进行试验 (即 Master 二阶梯), 运动试验的终点站患者出现胸痛症状, 并强调运动停止后立即记录心电图的重要性, 并认为服用硝酸甘油后进行运动试验可评价患者的运动耐力。

1950 年, Wood 等认为运动负荷的大小不应固定, 应根据患者能力进行调整, 负荷越重, 阳性率越高。提示极量运动是必要的, 其敏感性超过了 Master 试验。Wood 等用负荷试验揭示隐匿性心肌缺血, 评估治疗效果的观点, 迄今仍具有实际意义。

1971 年 Bruce 对美国纽约心脏病协会分类 I~IV 级心功能的心脏病进行分组, 并建立了试验方案。活动平板和踏车运动负荷试验便应运而生。目前世界各地心脏运动负荷试验基本上采用活动平板或踏车运动负荷试验, Master 二阶梯则较少有人问津。

1967 年 Sowton 首先用人工心脏起搏法, 他将心脏起搏和运动负荷试验结合起来, 提高受检者心率, 诱发心肌缺血, 从而诊断冠心病。但由于当时采用心导管技术起搏, 有创伤, 未能得到普及。1984 年 Chapman 又成功地将上述方法进一步简化, 采用经食管心房起搏进行心脏负荷试验, 为无运动能力的患者提供了一种负荷试验方法, 这种方法也用于超声心动图、放射性核素显像。这种仅通过提高心率作为负荷试验的方法, 一般认为不如运动负荷试验符合生理学的要求。

1979年,国内学者、苏州大学附属第一医院(原苏州医学院附属第一医院)蒋文平教授首先进行经食管心房起搏测定窦房结功能,成为一种无创伤性的心脏电生理检查手段,同时也将该方法应用于冠心病的诊断。由于经食管心脏起搏为非创伤性检查,具有操作简便、无须X线透视、安全可靠等优点,因而很快得以迅速发展,已普及至一些基层医院,被广大临床医师所接受,成为心血管疾病一项重要的诊治技术。

二、心房起搏负荷试验检测方法

(一) 经食管心房起搏原理与机制

1. 食管与心脏的解剖关系:从解剖学上,心脏位于纵隔内,食管的前面,与食管下段的前壁紧邻,两者之间仅有心包相隔。食管是前后扁窄的长管状器官,上端经咽部与口腔、鼻腔相通,其胸段与心脏相邻,食管前壁又与左房的后内侧紧贴在一起,故左房与食管关系最为密切。在X线透视下进行食管吞钡检查时,可发现增大的左房会对食管中下端形成不同程度的压迹,通过心脏造影发现左房与食管关系最为密切,其距离仅为0.5~1.5 cm,而且经食管心脏超声心动图检查可以清楚看到左房后壁紧邻食管壁,并显示出食管壁、左房后壁、左房心腔、左房前壁组织的各层次,在电生理检查进行心房标测时发现左房中外侧记录到的电激动波与食管内相应水平记录到的P波最接近,说明食管内记录到高大的P波为心房激动所形成。由于食管与心脏的特殊解剖关系,为食管心脏起搏提供了解剖学基础,可以利用放置在食管内相当于左房水平的电极间接进行心脏起搏。

2. 食管心电图与食管起搏负荷试验的概念:通过鼻腔或口腔将电极导管置于食管内,可较好地记录到心脏电活动,即食管心电图(图13-1、图13-2)。依据不同的食管心电图的形态可判断食管电极和左房的位置关系;同时也通过食管内的电极导管,应用心脏刺激仪发放电脉冲,经食管及周围组织间接刺激心脏。临床上常用单极食管导联记录食管心电图(EU),此外还可记录双极、滤波双极食管导联心电图(图13-3)。

(1) 心房上部区域:电极位于食管内相当于左房上部区域时,心房激动P向量背离电极,P波以负向波为主,QRS波群呈Qr型。当电极逐渐向下移行时,P波负向波逐渐减少,正向波逐渐增大。

(2) 心房中部区域:电极位于食管内相当于左房中部区域时,P向量先面对电极,然后背离电极,形成尖锐的正负双向P波。QRS波群形态变化不大。

(3) 心房下部区域:电极位于食管内相等于左房下部或房室沟区域时,P向量全部面对电极,形成高大尖锐的正向P波。负向波很小或消失,QRS波群呈QR型或qR型。

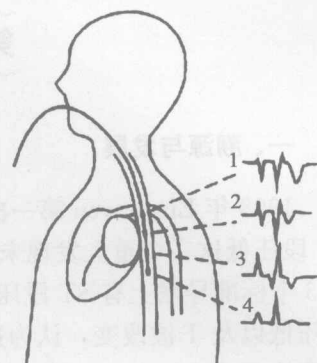


图 13-1 食管内记录心电图

1. 心房上部区域; 2. 心房中部区域; 3. 心房下部区域; 4. 心室上部区域

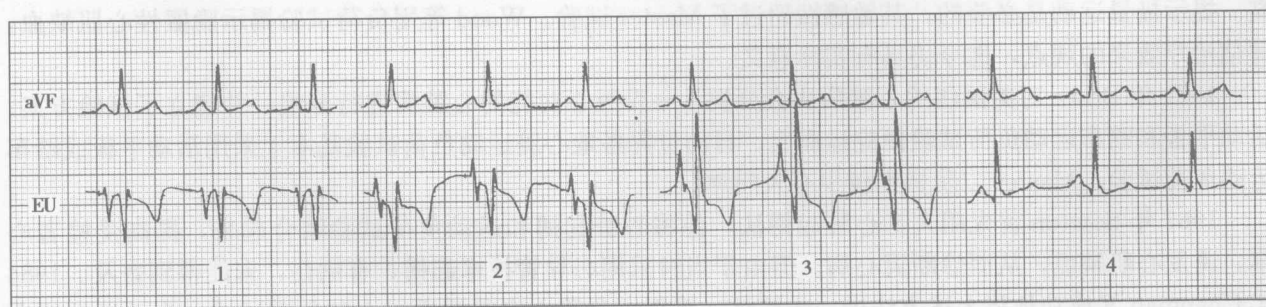


图 13-2 食管不同部位的心电图和单极食管导联心电图

1. 心房上部区域; 2. 心房中部区域; 3. 心房下部区域; 4. 心室上部区域

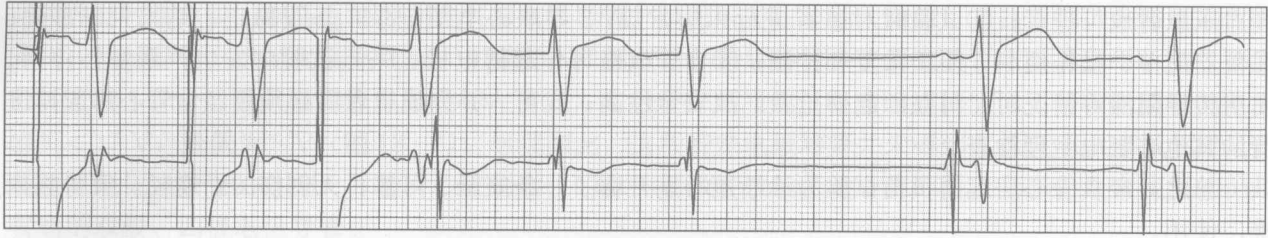


图 13-3 V₁ 导联心电图和滤波双极食管导联心电图

图示上条为 V₁ 导联心电图；下条为滤波双极食管导联心电图

(4) 心室上部区域：电极位于相当左室上部区域。P 波正向圆钝，振幅明显减小，QRS 波群呈 qR 型或 R 型。

经食管心房起搏时常根据 P 波形态进行导管电极定位。以 P 波呈正负双向或高大直立时为最佳定位点，往往在该处以最低的起搏阈值即可起搏心房。

3. 经食管心房起搏负荷试验的机制：通过经食管心房起搏技术，采用 S₁S₁ 分级递增刺激法起搏，逐渐加快心率，逐级增加心脏负荷，增加心肌耗氧量，同时由于心脏舒张期缩短，冠状动脉供血进一步减少，造成心肌需氧与供氧失衡，诱发心肌缺血。如有较明显的冠状动脉狭窄，负荷达到一定量时，即不能完全代偿，心肌供氧与需氧失衡的矛盾加剧，表现为心肌缺血、心绞痛、心肌舒缩功能异常，即刻描记心电图可显示 ST-T 缺血型改变（图 13-4），即达到与运动负荷试验相类似的目的，可作为冠心病的辅助诊断。

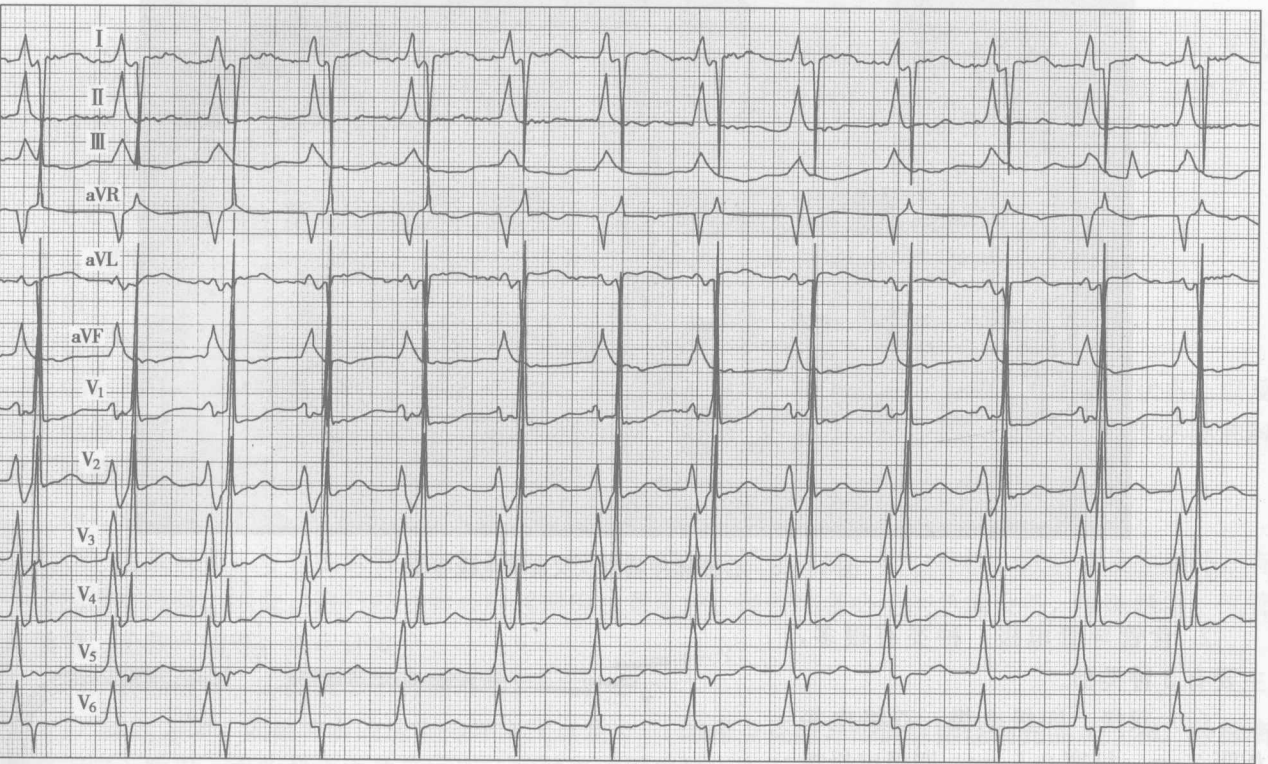


图 13-4 经食管心房起搏负荷试验

临床上通常采用“心率×收缩压”（即二重乘积）作为估计心肌耗氧的指标，多数情况下劳累（运动）诱发的心绞痛常在同一“心率×收缩压”的水平上发生，经食管心房起搏的心脏负荷试验，只有心率负荷因素参与，而血压等其他因素并不参与，因此不增加患者的全身性负荷，故其阳性率较低，不如活动平板运动负荷试验。

4. 经食管心房起搏负荷试验的优点：①不受运动试验的限制，对年迈、体弱、肥胖、生理缺陷或

高血压患者也可进行；②试验时对患者进行床边常规 12 导联心电图记录，基线稳定，结果判断准确；③仪器简单、操作便利，便于重复和控制；④食管电极可作起搏电极，一旦试验中发生严重窦性停搏、窦房传导阻滞等情况时，可立即起搏抢救，故安全性高；⑤可一并完成患者所必须用经食管心房起搏进行的其他心脏电生理检查。

总之，经食管心房起搏负荷试验为诊断冠心病开辟了一条安全、可靠、无创伤的新途径。值得临床推广使用。

(二) 仪器设备

1. 心脏程控刺激仪：其输出脉宽为 2~10 ms，电压 0~40 V，连续可调，感知被检查者的心电信号 [P 波和 (或) R 波]，感知灵敏度 0.2~10 mV，连续可调，并有独立电源供电。应用于心脏负荷试验时，选用定时非程控基础脉冲刺激 (S_1S_1)。

国内最早由蒋文平教授与上海复旦大学方祖祥教授等共同研制心脏程控刺激仪，并由专业厂家投入生产。目前，国内应用较多的为苏州东方电子仪器厂生产的 DF-5A 型心脏电生理刺激仪 (图 13-5)。国外心脏程序刺激仪有 Medtronic (美国产)、三荣 3F51 (日本产) 等，其功能相似，但价格相对较高。

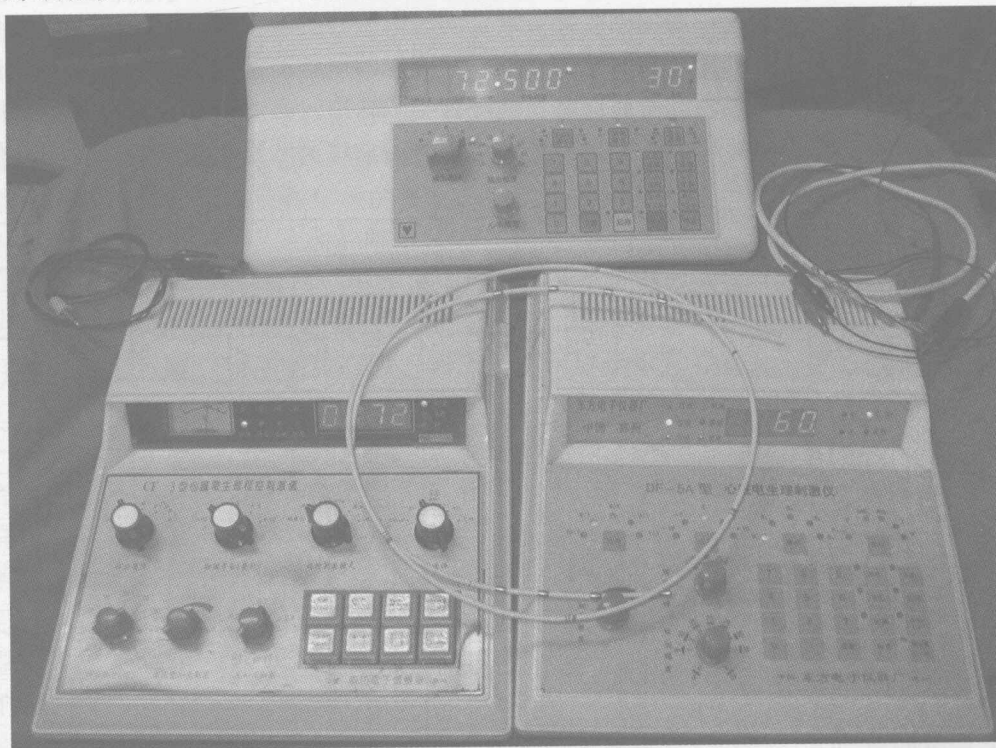


图 13-5 心脏脉冲刺激仪及食管电极导管

2. 食管导管电极：种类有很多，主要有 3 种类型。

(1) 双极、四极电极：双极电极相距 3 cm，极宽 0.5 cm。四极电极相距 3 cm、2 cm 和 1.5 cm。

(2) 膨胀电极：将电极导管的电极做成球形，膨胀的电极与心脏后壁距离缩短，电极表面积也可由普通导管的 20~40 mm² 增至 100 mm² 左右，起搏阈值可降至 6~12 V (图 13-6)。

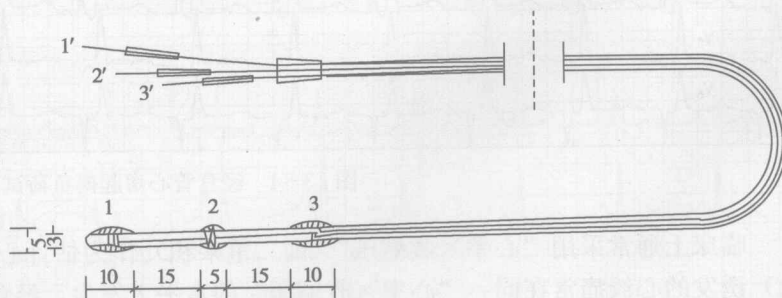


图 13-6 膨胀电极

(3) 气囊电极：用导电橡胶制成气囊电极导管，消毒后经口腔插入食管，直达胃部，先将远端气囊充气。回抽导管，远端气囊充气后卡于贲门，作固定用，然后将另一气囊充气置于左房水平，充气膨胀后，近端4~8 cm处气囊膨胀电极位于左房或左室后壁作刺激用，心房起搏阈值可 $<10\text{ V}$ ，心室起搏阈值可 $<17\text{ V}$ ，最低为 6 V （图13-7）。尽管如此，这些特殊电极导管并未得到广泛应用。选择电极只要能清楚地记录食管心电图，并能将心脏刺激仪的脉冲刺激有效地带动心脏即可，临床上最常使用的仍是普通的双极、四极电极导管。

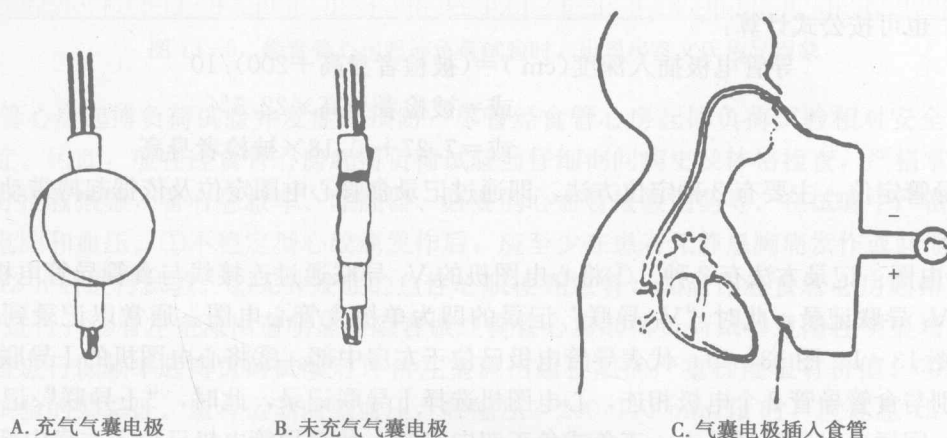


图 13-7 气囊电极

3. 心电图记录仪：基本要求为记录单道心电图。应用于心脏负荷试验时，最好采用带有心电示波的12导联同步心电图机，或多道生理记录仪，以便操作时可以连续监护心电图。如采用带有存储或记忆功能的心电图机，可以捕捉短暂、有意义的心电图，这有一定的实用价值，但提高了检查成本。

4. 心脏除颤器。

(三) 试验的操作技术

1. 准备工作：为能顺利进行食管心房起搏，术前应做必要的准备工作，包括以下方面。

(1) 试验前3天停服影响心脏供血与节律的药物。

(2) 描记12导联心电图以备对照，并测静息卧位血压。

(3) 首先确认有无食管心房起搏的适应证，并了解被检者有无基础心脏疾病及其心功能状态，以及水、电解质有无失衡等。对严重心功能不全、全身衰竭等患者应视为禁忌证。应向被检者作必要的解释，消除其紧张情绪，以求得被检者合作。

(4) 避免饱餐后进行，术前排便。

(5) 急救设备：尽管经食管心房起搏是一种相对安全的检查方法，但也有极少数病例发生意外，有一定的潜在危险。因此，进行经食管心房起搏应注意监护。尚需准备必要的急救设备，如除颤器、气管内插管、抢救药物等，以保证安全。

(6) 药品准备：主要从2个方面准备。

1) 诊断方面：如被检者的房室传导文氏点及2:1阻滞点提前，需静脉推注阿托品或（和）静脉滴注异丙肾上腺素，来改善房室传导，以达到极量或亚极量心率。

2) 急救治疗：即心肺复苏常用的急救药品。

2. 置入食管电极导管：

(1) 电极准备：食管电极导管应用环氧乙烷消毒或用75%乙醇浸泡0.5 h，然后用0.9%氯化钠溶液冲洗。术前应确认电极通、断状态正常；电极间是否有短路。

(2) 电极置入：用消毒纱布将已消毒的食管导管电极头部2~3 cm处，作约150°的弯曲，并涂少许消毒液状石蜡。通常采用经鼻腔插管（丸状电极和气囊电极）经口将导管弯头向下，从被检者一侧鼻孔

轻轻插入,插入后略抬高导管,以利导管头部在鼻咽部后壁改变方向。进入8~9 cm后如有抵抗感,表明其头部已达咽喉部,此时应将食管导管略退出1~2 cm,嘱被检者作吞咽动作的同时,术者顺势将导管送入食管。如经努力仍不成功,则可以让被检者口含一口水,然后随其大口咽水时,再顺势将导管送入食管,注意切莫强行送入。对少数过分敏感,恶心不止者,可用1%丁卡因(地卡因)喷洒咽喉部,局部麻醉后,再行导管插入,可减轻被检查者的不适。

经食管心房起搏其食管导管电极插入的深度为自鼻孔到导管顶部,一般为36~40 cm。因被检者身高而有所不同,也可按公式计算:

$$\begin{aligned}\text{食管导管电极插入深度(cm)} &= (\text{被检者身高} + 200) / 10 \\ &\text{或} = \text{被检者身高} \times 22.5\% \\ &\text{或} = 7.27 + 0.18 \times \text{被检者身高}\end{aligned}$$

(3) 电极导管定位:主要有2种定位方法,即通过记录食管心电图定位及依据起搏带动左房最低阈值定位。

1) 食管心电图:记录方法有2种。①将心电图机的 V_1 导联通过连接线与食管导管电极远端连接,心电图机选择 V_1 导联记录,此时“ V_1 导联”记录的即为单极食管心电图。通常以记录到最大、正负双向的P波(图13-1、图13-2),代表导管电极已位于左房中部。②将心电图机的I导联(即红、黄线)导联线分别与食管导管2个电极相连,心电图机选择I导联记录,此时,“I导联”记录的即为双极食管心电图。同样也以记录到最大、正负或负正双向P波,代表导管电极已位于左房中部。

2) 起搏带动左房最低阈值:食管导管电极与左房位置越近,其起搏阈值越低。通过调整导管深浅,测定到最低起搏阈值,即为最佳位置。方法:在导管电极插入食管预计的深度,或在食管心电图初步定位后,将导管电极通过连接线与心脏刺激仪输出相连,设置 S_1S_1 略快于心房频率,输出电压逐渐调至20 V,观察是否完全起搏心房。如不能带动,可重新调整导管位置或增加输出电压;如已完全带动心房,则降低输出电压,至完全带动心房的最低电压,再将导管插进或退出1~2 cm;如不能完全带动心房,则将导管向相反方向移动,如此反复多次,直至完全带动心房的最低电压(即阈值),即为经食管心房起搏食管导管电极的最佳位置。

3. 刺激阈值的调节:刺激完全起搏心房的最低电压值,称起搏阈值。阈值的调节方法见上所述。降低起搏电压(或电流)是减轻患者不适的关键。通过改变食管电极导管的连接以及电极导管的外形、结构、工艺等,可降低起搏阈值、减轻患者的不适,同时提高经食管心脏(室)起搏的成功率。如选用四极食管电极导管,导管送入食管后,在导管尾端任选一个与心脏位置最近的电极作为刺激电极,其余的3个电极并联作为无关电极,这样可增加无关电极的面积,可使输出电压降低2~6 V。

4. 经食管心房起搏负荷试验的刺激方法:①非程序刺激法(nonprogrammed stimulation)或基础刺激(S_1S_1),预置 S_1S_1 间期, S_1 由R波触发,自动延迟至心脏舒张晚期(不应期后)发放,确保每个 S_1 刺激能有效夺获心房。②分级递增刺激法(incremental pacing),以高于自身频率10~20 bpm开始起搏,预置定时发放脉冲,定时3 min,间隔1~2 min,刺激频率每级递增10~20 bpm,直至达到按年龄预计的目标心率,又称靶心率(target heart rate)。即为极量运动试验的85%~90%,临床上多以心率为标准,当运动心率达到最高心率的85%~90%时为次极量运动,此时的心率称目标心率。临床上上次极量运动试验的目标心率一般按190-年龄(或195-年龄)推算得出。

对病态窦房结综合征有晕厥史者,如窦房结恢复时间过长应及时起搏;应注意刺激频率,避免应用高频(>200 bpm)猝发刺激,以免诱发心房颤动;经食管心室起搏更应注意刺激频率及方法,以免诱发严重的室性心律失常。

如因出现房室文氏传导现象,导致起搏频率不能如数下传心室(图13-8),心室率不能超过130 bpm时,可静脉推注阿托品1 mg,改善房室传导后可达到预期心室率。

除记录卧位常规12导联心电图外,应测量起搏负荷试验前的血压,在起搏过程中每2 min测量1次血压。当收缩压下降>20 mmHg或心率减慢时,应终止起搏。

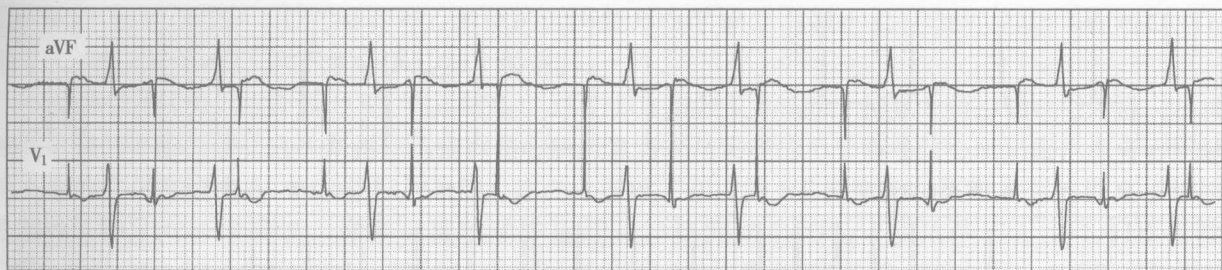


图 13-8 经食管心房起搏负荷试验时, 出现房室文氏传导现象

5. 经食管心房起搏负荷试验并发症的预防: 尽管经食管心房起搏负荷试验相对安全, 但也可出现一定的并发症。因此, 应在经食管心房起搏负荷试验前仔细询问病史及体格检查, 严格掌握适应证、禁忌证。准备好抢救措施, 备有急救车、除颤器、必要的心血管抢救用药等。在试验中严密观察患者的症状, 监测心电图和血压。①不稳定型心绞痛发作后, 应至少在患者无静息胸痛发作或其他缺血证据或心力衰竭 48~72 h 后进行试验。②无并发症的急性心肌梗死患者, 如需作经食管心房起搏负荷试验也应在 5~7 天后进行。③有左室流出道明显梗阻者做经食管心房起搏负荷试验危险性明显增加, 有选择地让适合的患者进行低频率起搏负荷试验对评价左室流出道梗阻的严重程度很有价值。④未控制的高血压, 是负荷试验的禁忌证。患者运动前测血压, 收缩压 $>200/110$ mmHg 时, 应休息 15~20 min 后再次检测血压, 如血压仍高, 则应推迟负荷试验, 直至血压良好控制。

6. 经食管心房起搏负荷试验终止指征:

(1) 绝对指征: ①心绞痛发作, 急性心肌梗死; ②ST 段压低 ≥ 0.2 mV; ③达到目标心率; ④提高运动负荷量时血压下降 >20 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa, 收缩压低于基础水平) 或心率减慢; ⑤中枢神经系统症状, 如共济失调、头晕、晕厥前兆; ⑥严重心律失常 (多形、复杂性室性期前收缩, 室性心动过速, 心室扑动、心室颤动); ⑦周围循环不良表现, 如口唇及指甲发绀, 皮肤苍白、湿冷; ⑧心电图监护与血压监测困难; ⑨起搏设备故障; ⑩患者要求终止运动。

(2) 相对指征: ①ST 段与 QRS 波群改变 (如 ST 段显著压低, J 点显著压低或心电图轴偏移); ②胸痛加重; ③增加负荷而血压不上升; ④显著高血压 (收缩压 >220 mmHg、舒张压 >95 mmHg); ⑤疲劳、气促、喘息; ⑥不严重的心律失常 (室上性心动过速, 室性期前收缩); ⑦出现不能区分束支传导阻滞与室性心动过速的心电图图形。

(四) 负荷试验阳性标准判断

1. 出现以下 1 项者为阳性: ①以 R 波为主的导联中 ST 段水平型或下斜型压低 ≥ 0.1 mV, 或 ST 段与 R 波顶点垂线的交角 $>90^\circ$ 持续 0.08 s, J 点后 0.08 s 出现缺血性水平型或下斜型 ST 段压低 ≥ 0.05 mV, 并维持 2 min 者 (图 13-9、图 13-10); 如原有 ST 段压低者应在原基础上再压低 >0.05 mV, 并维持 2 min。经食管心房调搏停止后, 最前 3 个或 3 个以上波形中出现缺血型 ST 段压低 0.1 mV。②典型的心绞痛发作。③严重心律失常如频繁发作室性心动过速及心室颤动、多源性室性期前收缩等, 还应结合有无 ST 段改变及当时的症状来判定。④收缩压下降 ≥ 20 mmHg。

2. 出现以下 1 项者为可疑阳性: ①心电图 ST 段改变未达到阳性标准, 但 ≥ 0.05 mV; ②心电图阳性改变未达到 2 min; ③心电图出现 T 波低平、倒置, 心律失常等改变。

3. 提示多支冠状动脉病变的指标: ①症状限制性负荷试验运动耐量 <6 代谢当量 (metabolic equivalent, MET); ②负荷试验高峰时收缩压不能达到 ≥ 120 mmHg, 或收缩压下降 ≥ 10 mmHg 或低于静息水平; ③ST 段压低 ≥ 0.2 mV; ④下斜型 ST 段压低; ⑤出现 ST 段压低尤其是负荷试验前 3 min 出现者; ⑥ST 段压低在恢复期持续 5 min 以上; ⑦ST 段压低导联超过 5 个; ⑧ST 段压低出现于运动负荷 <6 METs 时; ⑨除 aVR 导联外出现负荷试验诱发的 ST 段抬高, 或试验过程中出现心绞痛; ⑩出现持续或有症状的室性心动过速。

已有部分研究表明: 运动负荷试验或药物负荷试验诱发心肌缺血时 Q-T 离散度 (Q-Td) 显著增

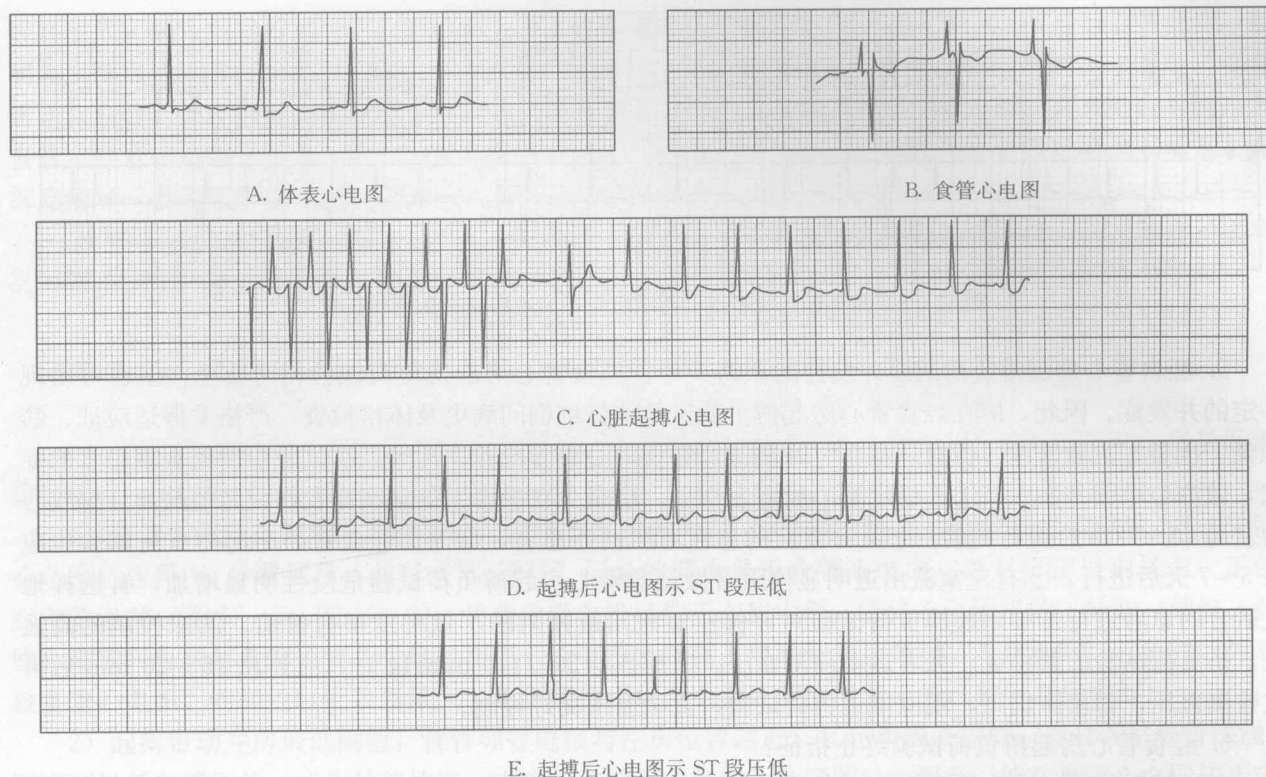


图 13-9 经食管心房起搏负荷试验阳性

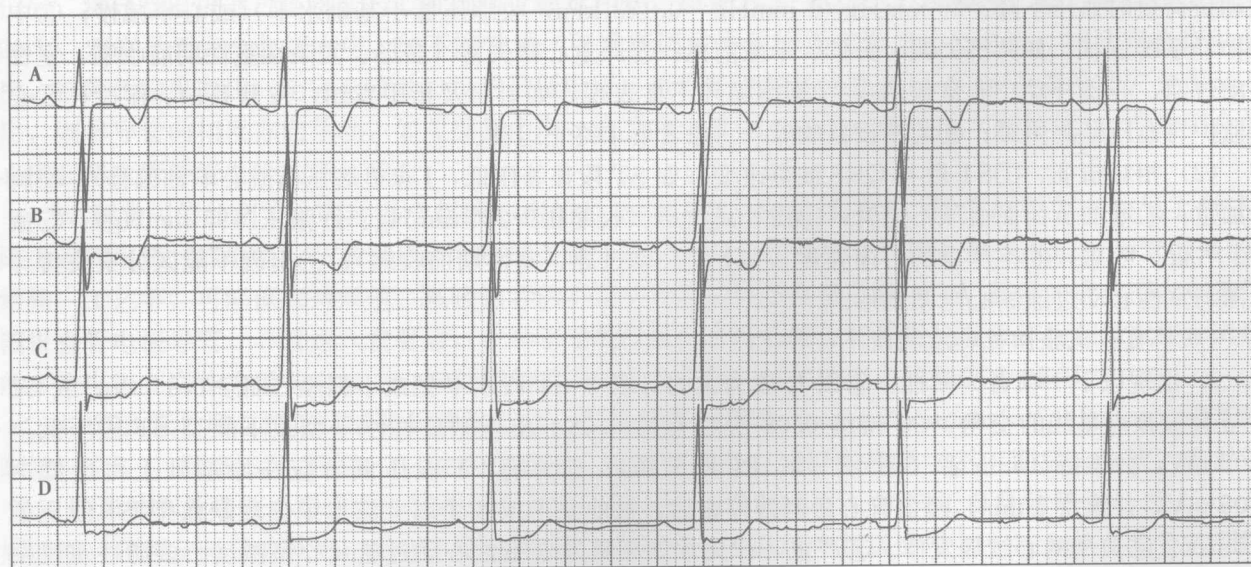


图 13-10 经食管心房起搏负荷试验阳性

A. T 波倒置; B. ST 段与 R 波顶点垂线的交角 $> 90^\circ$, 即 ST 段下斜型压低 $> 0.1 \text{ mV}$; C、D. ST 段水平型压低 $> 0.1 \text{ mV}$

加, 用 Q-Td、Q-Tcd、SQ-Tcd 三项指标, 可以进一步提高对冠心病诊断的敏感性、特异性和准确性。Q-Td 是指心电图各导联间 Q-T 变异程度, 心电图各导联间 Q-Td、Q-Tcd 变异 (离散度)、SQ-Tcd (Q-Tcd/HR 斜率) 增加, 反映各部分心肌复极不均匀性。这种区域性的不均匀复极, 极易产生折返, 代表心室电不稳定性。心肌缺血时, 心肌氧供不足, 或心肌耗氧增加等造成氧供需矛盾, 心肌缺氧, 钾、钠离子泵功能受抑制, 动作电位三相钾外流受阻, 三相复极延长, Q-T 间期延长。而缺血区与非缺血区的不应期和动作电位时程差异增大, 心肌各部复极不一程度加剧, 导致 Q-Td、Q-Tcd、SQ-Tcd 的延长。Q-Td 定义为 12 导联心电图最大 Q-T 间期值与最小 Q-T 间期值之差, 按 Bezzet 公式, Q-

$Td=Q-T$ 间期/ $R-R^{1/2}$, $Q-Tcd$ 指经心率校正后的最大 $Q-T$ 间期与最小 $Q-T$ 间期之差 (最大 $Q-Tc$ 与最小 $Q-Tc$ 之差), $SQ-Tcd$ 为 $Q-Tcd/HR$ 斜率。

有些学者认为:结合最大 ST/HR 斜率、 $\Delta ST/HR$ 指数及 Bending 指数 3 项指标,可以进一步提高对冠心病的诊断。建立这些新指标的依据是心肌对氧需求与供应的不平衡导致心肌缺血,患者心肌缺血与心率的变化密切相关。3 项指标均采用心率变化调整了相应的 ST 段变化,从而显著地提高了诊断的敏感性、特异性和准确性,许多平板或踏车运动试验研究结果均已证实这一点。 $\Delta ST/HR$ 指数 = $(ST_{peak}-ST_{rest})/(HR_{peak}-HR_{rest})$ 。Bending 指数 = 最大 ST/HR 斜率 - 最大 $\Delta ST/HR$ 指数。

(五) 经食管心房起搏负荷试验的适应证

1. 有缺血性心脏病症状 (如心绞痛、心律失常),而一般检查及静态心电图不能确诊者;因年老体弱多病、慢性肺部疾病或肢体残疾不能做踏车或平板运动试验者。
2. 判断缺血性心脏病患者劳动能力的丧失程度。
3. 评价临床治疗冠心病的疗效,及治疗前后进行对比。
4. 心房起搏心脏负荷试验有助于诱发心律失常,以及对这些心律失常治疗效果的评价,并进行药物筛选。

(六) 经食管心房调搏负荷试验的禁忌证

1. 绝对禁忌证:①急性心肌梗死或近期静态心电图有变化;②不稳定型心绞痛;③心律失常 (持久性心房颤动、室性心动过速、完全性房室传导阻滞等);④严重主动脉狭窄,急性或严重心力衰竭尚未控制者,各类型休克及其他危重急症;⑤严重高血压 (收缩压 >200 mmHg、舒张压 >110 mmHg);⑥急性心包炎、心内膜炎;⑦急性或严重非心脏性疾病,肺动脉栓塞;⑧食管炎、食管失弛缓症、食管癌以及食管静脉曲张等;⑨严重运动障碍;⑩妊娠期。
2. 相对禁忌证:①症状明显的非心脏疾病,轻、中度呼吸系统疾病,以及全身性疾病影响呼吸功能;②明显的运动障碍、精神失常、不合作者;③高龄或 (和) 伴体弱多病者,严重贫血、高热及女性月经期;④中度高血压,肺动脉高压;⑤中度心脏扩大及心功能不全者,其他严重心脏病 (中度心脏瓣膜疾病、心肌病等);⑥窦性心动过速 >120 bpm,快速性心律失常 (频发、多源性或成串的室性期前收缩、室上性心动过速),明显的缓慢性心律失常;⑦左冠状动脉主干病变或同等程度冠状动脉病变;⑧各种用于心脏的药物发生作用或中毒 (如地高辛、奎尼丁等中毒),使用非心脏性药物过量 (如止痛药、镇静药、麻醉药和乙醇等);⑨电解质紊乱 (如高钾血症、低钾血症等);⑩固定频率的心脏起搏器植入后。

(七) 注意事项及并发症

经食管心脏起搏负荷试验虽然是一种相对安全的检查方法,但若不加以注意,也会出现一些并发症甚至是严重的并发症。常见并发症包括 2 个方面。

1. 与操作有关的并发症:①刺激咽喉部引起恶心、呕吐,有时甚至造成误吸;②导管误入气管。因此,一般要求插管前在咽喉部喷洒丁卡因等局部麻醉药,以减少插管时的不适反应。在插管过程中应注意患者的反应,若出现顽固性呛咳,应怀疑导管误入气管。如插管过程中患者无特殊反应,但前送和回撤导管时均有阻力感,可能是导管在口腔或食管内打圈,应缓慢拔出导管后,重新插入。
2. 与电刺激有关的并发症:①由于食管内起搏所需电压较高,此种强刺激常易引起食管内或胸骨下段灼热、灼痛、紧缩感,甚至膈肌随着刺激跳动。因此,在保证食管内有效起搏的前提下,应尽可能降低起搏电压,以减轻不适感,通常起搏电压比起搏阈值高 $2\sim3$ V。一般起搏电压在 25 V 以下时,患者多能耐受。如起搏阈值较高,应调整电极的位置,并可让患者吞服盐水,以尽量降低刺激阈值。②电刺激的另一个较常见并发症是心房颤动,因刺激心房时有可能落在心房易损期,从而诱发心房颤动。通常,心房颤动持续时间短暂,且心室率不快,常在数分钟或数小时内自行转复为窦性心律,一般无须特殊处理。③部分患者出现二度房室传导阻滞,使心室率无法达到目标心率,从而降低心房调搏负荷试验的阳性率,影响结果分析。

3. 其他：偶有室性心律失常发作，应备急救药品及抢救器械。地线保证接地良好，如有漏电可发生严重事件等。

三、经静脉心房（室）起搏心电图

利用心导管技术进行心房起搏负荷试验的方法与经食管心房起搏负荷试验相同。经皮穿刺静脉，如锁骨下静脉、股静脉等途径置入电极导管，至右房上部。给被试者予以快速心房起搏，以诱发心肌缺血，从而了解受试者的症状与冠状动脉狭窄之间的关系，并能精确地评价受试者的冠状动脉储备情况。采用分级递增刺激法，以高于自身频率 10~20 bpm 开始起搏，预置定时发放脉冲，定时 3 min/次，间隔 1~2 min，刺激频率每级递增 10~20 bpm，直至达到按年龄预计的目标心率。如因出现房室传导文氏现象，导致起搏频率不能如数下传心室，心室率不能超过 130 bpm 时，可静脉注射阿托品 1 mg，以求加速房室传导而达到预期心室率。也可以将电极导管，送至右室心尖部，即经静脉心室起搏负荷试验，但应注意刺激频率及方法，以免诱发严重的室性心律失常。近年来，冠心病的介入治疗已广泛开展，但对一些临界病变的介入治疗难以确定，如在冠心病的介入术中，应用经静脉心房起搏负荷试验，可使某些临界病变的介入治疗更具目的性。

四、评价与展望

1. 经食管心房起搏负荷试验的仪器简单、操作便利，可在被检者床边进行。试验不受体位变换、过度换气等因素对心电图基线的影响，心电图图形清晰度高，ST 段测量精确，提高了心肌缺血性 ST-T 改变的程度以及持续时间判断的准确性。负荷量固定，重复性良好。

2. 与运动试验相比，本试验仅提高心率，不增高血压，对血流动力学的影响较小，无交感神经兴奋以及骨骼肌血管扩张的参与，心率的增快可以人为控制，达到目标心率者多。一旦停止刺激，则心率减慢，心肌缺血恢复时间短，危险性较小，安全性高，可用于那些不能进行运动试验的患者。

3. 因经食管心房起搏负荷试验不能对心脏施加全面的负荷，故阳性率较低。部分患者当调搏频率 >140 bpm 时，可出现房室传导阻滞，并不能增快心室率，造成部分病例假阴性。

4. 在经食管心房起搏负荷试验中，一旦发生严重窦性停搏、窦房传导阻滞等情况时，可立即起搏抢救，故安全性高。如有必要还可同时完成经食管心脏电生理检查。

5. 肺源性心脏病伴发冠心病诊断较难，且肺源性心脏病患者因长期缺氧，对疼痛的敏感性低，伴发冠心病时心绞痛症状少，故常漏诊。据报道国外肺源性心脏病伴发冠心病误诊率达 8%~38%，漏诊率为 12%~26%。因为两者合并存在时症状互相掩盖，故不能套用肺源性心脏病或冠心病的诊断标准，应结合临床综合判断。用经食管心房起搏负荷试验时，心电图有动态的缺血性改变，指标明确，阳性率为 55.8%，可以明显提高临床诊断率。且肺源性心脏病患者多为 >60 岁的老年人，不宜行活动平板运动试验。冠状动脉造影为创伤性检查，且价格昂贵，患者亦不易接受。所以经食管心房起搏负荷试验安全性高，可靠性强，明显提高了肺源性心脏病伴发冠心病的诊断率，值得临床推广。

6. 可根据起搏频率并结合心电图定位，初步评估冠状动脉病变程度。如较低频率即可诱发心肌缺血，则反映冠状动脉病变程度呈中、重度狭窄，有双支或三支病变。

7. 文献中报道该试验检测冠心病的敏感性为 64%~85%，特异性为 72%~88%。对临床怀疑 X 综合征的患者，当冠状动脉造影未发现有意义的冠状动脉病变，麦角新碱激发试验也未能引起冠状动脉痉挛时，可进行心房起搏负荷试验，同时测定冠状静脉窦中的乳酸含量，将有助于对小冠状动脉舒张功能障碍的诊断。

8. 本法如与双嘧达莫或间羟胺试验结合应用，易于标准化，不增加全身负荷，能提高心脏负荷试验的阳性率，提高敏感性与特异性。在双嘧达莫诱发心肌缺血的基础上，进一步采用经食管心房起搏负荷试验可以增加心肌血液需求量。两者作用相加，可导致冠状动脉血液供求矛盾进一步增加，从而引出阳性结果。