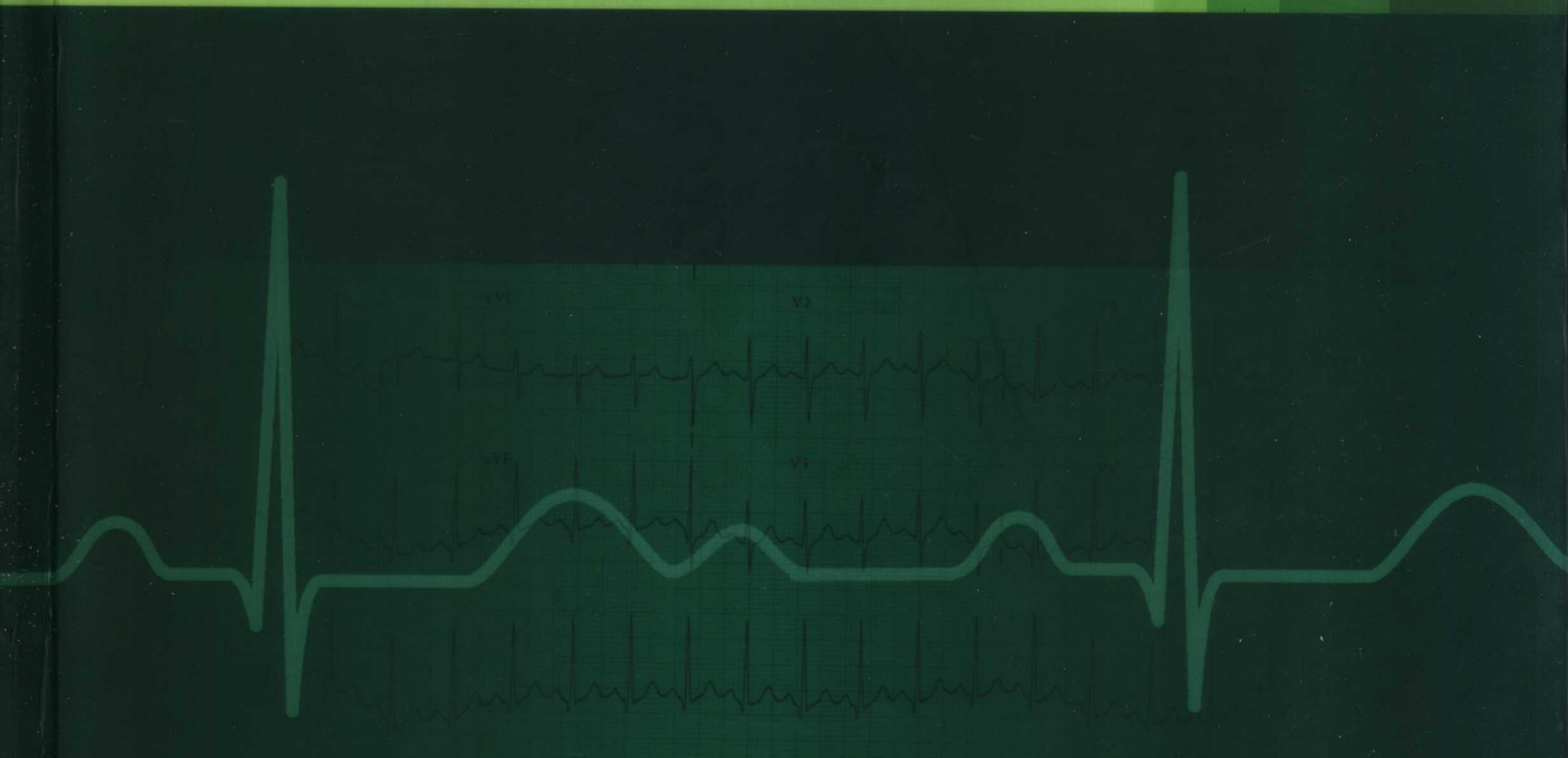




实用心电监测

HIYONG XINDIAN JIANCE

主编 张开滋 王红宇 肖传实 钟杭美 孟庆华

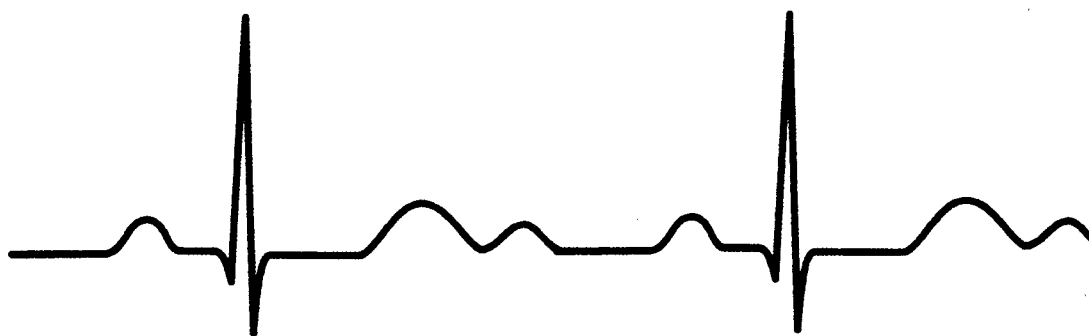


 科学技术文献出版社

实用心电监测

HIYONG XINDIAN JIANCE

主编 张开滋 王红宇 肖传实 钟杭美 孟庆华



科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北京

图书在版编目(CIP)数据

实用心电监测/张开滋等主编. -北京:科学技术文献出版社, 2007. 3

ISBN 978-7-5023-5458-9

I. 实… II. 张… III. 心电图 IV. R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 125460 号

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图书编务部电话 (010)51501739

图书发行部电话 (010)51501720, (010)68514035(传真)

邮 购 部 电 话 (010)51501729

网 址 <http://www.stdph.com>

E-mail: stdph@istic.ac.cn

策 划 编 辑 刘新荣

责 任 编 辑 刘新荣

责 任 校 对 赵文珍

责 任 出 版 王杰馨

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 富华印刷包装有限公司

版 (印) 次 2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本 889×1194 16 开

字 数 915 千

印 张 31.5

印 数 1~4000 册

定 价 75.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

主编简介



张开强 主任医师、教授。1962年毕业于哈尔滨医科大学医疗系。从医40余年，在医疗、教学与科研实践中，积累了坚实的理论基础和丰富的临床经验，擅长心血管疾病的诊治。现任中国心电信息学分会名誉主任委员、中国心电学学会常务委员、中华医学会辽宁省遗传学会常务委员等10余个学会及杂志职务。在国内外发表论文180余篇；主编及参编专著29部，代表作有《临床心电信息学》、《心血管遗传病学》等。获市、省级科技进步奖7项；享受政府特殊津贴。



王红宇 教授、硕士生导师。1986年毕业于北京医科大学医学系。现任山西医科大学第二医院远程心电监护中心主任；中国心电信息学分会常委兼秘书长、山西省心电学会主任委员等。发表学术论文50余篇；主译《心电分析指南》、主编《心电系列检查方法与诊断标准》等著作10部，获市、省级科技进步奖6项。

主 编 简 介



肖传实 教授、博士生导师。1982年毕业于山西医科大学医疗系。现任山西医科大学第二医院院长，中国心电信息学分会主任委员；是山西省跨世纪青年学科带头人，在医、教、研方面作出了突出贡献，荣获“全国优秀管理院长”。发表导向性论文60余篇，主编《临床动态心电图学》等著作多部。



钟杭美 主任技师。毕业于第三军医大学医学系。现供职第三军医大学附属新桥医院全军心血管中心心电图室；任中国心电信息学分会副主任委员。发表论文几十篇，主编《简明动态心电图图解》等著作5部。获军队医疗成果奖1项、科技进步奖3项。



孟庆华 主任医师。1983年毕业于吉林医学院医学专业。现任中南大学湘雅医学院附属海口医院急救中心副主任、中国心电信息学分会常委。发表论文几十篇，主编及参编专著10部，获市、省级科技进步奖5项，并荣获“全国卫生系统先进工作者”称号等多项荣誉。

编委会名单

主 编 张开滋 王红宇 肖传实 钟杭美 孟庆华

副主编 邢福泰 牛建华 刘晓媛 刘 蓉 罗昭林 李成文 李宝玉

编 委 (以姓氏笔画为序)

王红宇	山西医科大学第二医院	教授
牛建华	山西省临汾市医院	副主任医师
刘 蓉	昆明医学院附属第一医院	副教授
刘悦香	山东滨州医学院附属医院	副教授
刘晓媛	河北医科大学附属秦皇岛人民医院	主任医师
邢福泰	山西省大同市第四人民医院	主任医师
肖传实	山西医科大学第二医院	教授
宋明云	山东滨州医学院附属医院	教授
李成文	北京市门头沟区医院	主任医师
李宝玉	山东滨州医学院附属医院	主治医师
张开滋	山西医科大学第二医院	教授
孟庆华	中南大学湘雅医学院附属海口医院	主任医师
罗昭林	第三军医大学附属新桥医院	副主任技师
钟杭美	第三军医大学附属新桥医院	主任技师

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 永	支 龙	白继庚	刘 莉	刘世军	刘改珍
刘春燕	宋 洁	宋雅玲	张文芝	李 丽	李 琦
李克红	李宝平	李育民	李俊伟	汪红霞	邱 捷
杨晓静	姜 萍	贺礼艳	郝晓梅	郭 佳	崔冬霞
曹丽华	董 京				

前言

心电监测已从狭义监测心电图扩展到包括静态心电图、动态心电图、监测心电图、远程电话传输心电图在内的广义监测心电学。它在监测病情变化、判定疗效、决定入院或出院方面,起到了无法替代的作用,已成为心电信息学、心血管病领域中最为活跃的亮点。

科学技术文献出版社以敏锐的洞察力、远见的学识、迅捷地策划了这一选题,并盛邀我担当主编。这是国内首部全面、系统、完整地介绍“心电监测”图书,编写意图正与中国心电信息学分会的宗旨相符,故不揣其陋,慷慨接受。

鉴此,中国心电信息学分会进行统筹策划,举学会团队之力,组成实力型编委会。编委中既有长年从事心血管和心电学的专家,又有在临床第一线挑重担的当代俊彦,这为本书赋予了新意;为了贯彻面向临床、突出实用的宗旨,故本书取名为《实用心电监测》。

本书共分四章:第一章监测心电学总论,分别阐述心脏的传导系统及功能、心肌细胞的电生理特性、心电图的形成与命名、监测心电学的分类及内容等基础理论,具有提纲挈领的作用;第二章监测心电学的监测方法;第三章监测心电学的临床应用;第四章监测心电学的图例分析,对精选的近300幅图例详加解析,图文映照、珠联璧合、直观易懂,有利于读者接受和领会,以期达到举一反三、事半功倍之效。

在编著过程中,作者参阅了国内外大量文献,结合自己的实践经验,以传承、拓新、充实、提高为原则,多层面、广角度、新视野、全方位地展现近年来出现的新理论、新观点、新技术、新成果,力求结构完整、内容翔实、条理清晰、文图并茂。因此,本书具有科学性、先进性、指导性、可读性、实用性,力求成为一部学术价值高的参考书、实用性强的工具书、临床诊断工作的案头书。

在本书成印之际,由衷感谢师长的提携、同道的帮助、读者的期盼。值得指出的是启用了学会的四位年轻学者:中国心电信息学分会主任委员、山西医科大学第二医院院长肖传实教授,中国心电信息学分会常务委员兼秘书长、山西医科大学第二医院王红宇教授,中国心电信息学分会副主任委员、第三军医大学附属新桥医院钟杭美主任技师,中国心电信息学分会常务委员、中南大学湘雅医学院附属海口医院孟庆华主任医师与我共同担任主编。他们是心血管病学和心电学领域的后起之秀,务实拼搏、文采飞扬、充满激情、洋溢活力。尤其是王红宇教授,除亲自撰写大量书稿外,还对全书进行汇总、统稿;本人除了执笔撰写分工的章节外,对全书字斟句酌地进行审读、润色、定稿,并进行样稿的校审。

本书是以飧临床之需的应急之作,如同道能从中获益,则是我们的至幸和编写的初衷。

由于这是首次尝试的编写方式,加之才疏学浅,错漏之处在所难免,敬请同道赐教、指正。

中国心电信息学分会 名誉主任委员
临床医学系列丛书编辑委员会 总 编 辑

张开浩

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

这是一部论述广义心电监测的专著,包括静态心电图、动态心电图、床旁监测心电图、远程电话传输心电图的监测。全书共分四章:第一章监测心电学总论,分别阐述心脏传导系统、心肌细胞的电生理特性、心电图的形成与命名、监测心电学的分类及内容等基础理论;第二章监测心电学的监测方法;第三章监测心电学的临床应用;第四章监测心电学的图例分析,对精选的近 300 幅图例详加解析,图文对照,以期达到直观易懂、按图索骥的目的。

本书可供临床医师、心电学工作者、CCU 和 ICU 医护人员,以及医学院校师生使用。

科学技术文献出版社

向广大读者致意

科学技术文献出版社是国家科学技术部系统唯一一家中央级综合性科技出版机构,我们所有的努力都是为了
使您增长知识和才干。

目 录

第一章 监测心电学总论	1
第一节 心脏的传导系统及功能	1
第二节 心肌细胞的电生理特性	4
第三节 心电图的形成与命名	5
第四节 监测心电学的分类及内容	10
第二章 监测心电学的监测方法	13
第一节 静态心电图的监测方法	13
第二节 动态心电图的监测方法	49
第三节 床旁监测心电图的监测方法	53
第四节 远程电话传输心电图的监测方法	57
第三章 监测心电学的临床应用	63
第一节 静态心电图的临床应用	63
第二节 动态心电图的临床应用	109
第三节 床旁监测心电图的临床应用	118
第四节 远程电话传输心电图的临床应用	138
第四章 监测心电学的图例分析	149
第一节 静态心电图的图例分析	149
第二节 动态心电图的图例分析	299
第三节 床旁监测心电图的图例分析	358
第四节 远程电话传输心电图的图例分析	424
参考文献	490

第一章 监测心电学总论

心电图的问世已有百年历史,这个古老而年轻的检查技术,有一套较完整的理论基础和有丰富的实践经验,在医疗实践中发挥着重要的作用,具有不可取代的地位。

随着科学技术的发展,心电图的监测仪器不断更新,使心电检查从各个方面满足了临床需要。心电监测是针对一些急诊、原因未明与病情危重的患者实施持续不断的心电监测。自从开设冠心病监测病房(CCU)和重症监测病房(ICU)以来,监测技术发展很快,已成为挽救危重患者的重要监测与治疗手段。心电监测主要依靠复杂的电子设备进行监测,记忆并记录某些心律失常、心率变化及心肌缺血等,并设立了报警系统。随着监测内容的日趋完善,除了对

急性心肌梗死、急性心肌缺血、不稳定型心绞痛进行监测外,还可以在麻醉与手术中、手术后监测出现的各种严重心律失常事件。目前心电监测遍布至医疗单位开设的CCU、ICU病房中,以及急诊室、手术室、麻醉室、导管室中,由于心电图监测的不断改进与完善,明显提高了冠心病和严重心律失常等的疗效,改善了预后,使患者的死亡率大为下降。在心电监测方面,现有的技术已完成从静态到动态监测、从床旁到远程监测、从院内到院外监测、从几分钟到几天甚至几百天的监测。本书主要介绍临床常用的广义监测心电学:静态心电图、动态心电图、床旁监测心电图、远程电话传输心电图的检查方法、临床应用和实用图例分析。

第一节 心脏的传导系统及功能

监测心电学的基础是心电图学,对心电图分析和解释的深度与心电学基础理论密切相关。首先应该掌握心脏解剖、病理生理这些最重要的内容,而心脏传导系统是最基础的知识。所有心律失常(异常传导、异位起搏)都与一个以上心脏传导结构有关。区分心律失常种类常与心脏传导系统特殊部位关系密切。

心脏传导系统由特化的心肌组织构成,包括窦房结、结间束、房室结、右束支、左束支和浦肯野纤维,其主要功能是传导而不是收缩。心电图提供了关于心脏传导系统如何发挥作用的信息。

一、心脏电生理学的解剖生理

1. 窦房结

窦房结是一小段特化了的心肌,集中在一个区域,位于右心房心外膜下,近上腔静脉开口处。人类的窦房结长10~20 mm,宽约5 mm,厚1.5~2 mm。其固有冲动频率在心脏结构中最快,成人窦房结固有频率为60~100 bpm(次/min,下同)。窦房结频率受机体某些激素影响,并显著地受到自主神经支配。其功能是发放冲动使心脏其余部分除极并产生收缩。窦房结多数情况是一个可靠且有规律的起搏点。当异常起搏频率超过窦房结固有频率时,窦房结将受

干扰,产生节律重整,或者干扰性房室脱节。

2. 结间束

有些学者否认结间束是心脏传导系统一个独立成分,但已有足够证据表明至少有三支结间束。它们是:①前结间束;②中结间束;③后结间束。结间束功能是将窦房结冲动沿右心房传至房室结。随结间束传导冲动,右心房收缩,将血液经三尖瓣排到右心室。从前结间束又分出一分支房间束(又称 Bachman 束),可将窦房结冲动传至左心房,引起左心房心肌收缩。左心房收缩,将血液经二尖瓣排到左心室。心房固有频率接近于窦房结,通常在 60 bpm 左右。心房的所有心肌组织都可以自发除极,产生冲动。当窦房结不能激动或者频率降低时,心房冲动可作为潜在起搏点发挥作用。受到特殊因素的刺激,心房常变得易于激动,可以产生快速房性心率取代窦房结的起搏功能。

3. 房室交接区

房室交接区是心肌特化组织中相对粗大的束支,集中在一个区域,位于右心房近房间隔较低部位。人类的房室结长 5~8 mm,宽 2~4 mm,厚 0.5~2 mm。房室交接区按照电生理特性分为房结区、结区和结希区。

房室交接区借结间束与窦房结相连并接受来自窦房结冲动。房室结内部结构特殊,是心脏传导系统中独一无二的结构。它的内部含有两个通道,其内在传导及复原速度与与众不同。① β 通道传导速度最快,通常是冲动传导通路。② α 通道传导速度较慢,而其复原速度较 β 通道快,冲动通常被此通道阻断。当 β 通道受损时, α 通道将作为后备军传导冲动至心室,但传导速度较慢。

房室交接区有两大主要功能。第一个功能是延缓由窦房结和心房传来的冲动(通常 0.08~0.12 s)。这一延搁作用保证心房收缩及排空完全,心室充盈充分。心室被动充盈血占全部心室充盈部分的 80%~90%。心房借后坐力完成心室充盈。大多数正常人心脏不会丧失心房后坐力所完成的 10%~20% 心室充盈作用。而当个体患有心脏疾病或损伤致心输出量减少时,由于血压突然下降或心率加快,心房后坐力的作用显得特别重要。

房室交接区的第二个重要功能是阻止异位起搏向心房或心室传导。由于心房肌肉小巧及一些特殊结构,心房可以每分钟收缩 400 次以上。而心室肌肉

较粗大,加之心室肌肉特殊排列,最多每分钟收缩 250 次。由于房室结细胞特殊结构,它可阻止过多心房冲动传至心室。

结区是心脏惟一不产生冲动的部位。当窦房结或心房不能产生冲动时,房结区和结希区充当后备起搏点。作为后备起搏点,房室连接产生规则冲动,频率较窦房结低。房室交接区频率多在 40~60 bpm。在发放冲动方面,房结区和结希区不如窦房结可靠,它往往在没有警告情况下停止发放冲动。

4. 希氏束

希氏束(His 束)又称房室束,与结希区相连。它位于右心室左上角和室间隔顶部,由特化的心肌组织并列组成。人类的希氏束长为 10~15 mm,宽约 3 mm,其主要功能是快速将冲动从房室交接区传至心室的下级传导系统。

5. 右束支

右束支是希氏束主要分叉或分支之一。它由平行排列的特化心肌细胞组成,沿室间隔右侧自上而下分布,可将去极化冲动传至右心室。与左束支相比,右束支相对细长,而且通常其复极时间较长。当心脏以正常心率工作时,其复极时间的轻微变化不会造成心电图明显变化。

6. 左束支

左束支是希氏束第二个主要分支。它除了较右束支短粗以外,结构上与右束支相似。左束支实际包括三个独立部分,左束支主干是自希氏束分叉而来的。其主干很短而且很快分为两支,它位于室间隔顶部,将冲动传至左心室。左前分支是主干的分支,沿室间隔左侧横穿左心室上部,此分支终止于左心室前、上部乳头肌,仅有一条动脉供血。其功能是将来自左束支主干的冲动传至左室上部心肌。左后分支来自左束支主干,沿左侧室间隔下传,交叉至左心室下部,终止于左心室前、右乳头肌。这个分支有双重血供,将来自左束支的冲动传入左心室下部。左后分支较左前分支长、粗。根据 Demoulin 和 Kulbertus 研究,还有第三分支,直接由左束支右主干分出,也可从左前及/或左后分支分出,分布于左心室间隔的中下部,得名为中隔分支,其功能是下传至左心室的激动,首先激动上述三处的心内膜下心肌。

7. 浦肯野纤维

由于右束支和左束支进一步分叉成为越来越细的纤维,深入各自心室,构成互相交织的网状结构,

主要分布于左、右心室的心内膜下心室肌,称为浦肯野纤维(Purkinje fiber)。浦肯野纤维将来自束支的电冲动快速传达到心脏单条肌肉纤维。浦肯野纤维主要功能是传导心脏激动,传导速度快达 4 000 mm/s,成为高效心室传导系统的最后部分。一旦冲动传出,便很快沿心室传导系统传导,心室快速收缩。如果高位起搏点失去功能,浦肯野系统的任一部分及心室本身任一部分,都可以充当起搏后备点。浦肯野纤维成为心室起搏点,比高位的起搏点起搏规律性差且不可靠,其频率明显减少,通常在 20 ~ 40 bpm。这些低位起搏点也会引起心室收缩异常,从而进一步减少心输出量。浦肯野纤维和心室潜在的起搏点通常不能产生足够系统循环需要的血液供应,以保证脑和其他重要脏器的灌注。

心脏传导系统保证了心脏的心房和心室发挥泵功能。心脏传导组织恢复速度或不不应期长,不仅有效地防止了心肌强直,而且在两次收缩期间有一较长间歇,保证了心肌组织复原和心腔充盈。

二、心肌电活动的原理

心电活动来源于心肌细胞膜的除极-复极活动。由于心肌细胞膜内外钠、钾、钙等离子浓度不同,细胞膜具有生物活性,它的主动运转功能保持细胞膜内外的浓度差,它的离子通道控制各离子的通透性。钾离子浓度差的渗透力与电位差的拒斥力达到平衡时,是细胞膜的静止膜电位。快反应纤维(除了窦房结和房室结的结细胞外,其他各种心肌细胞都是快反应纤维)的静止膜电位约 -90 mV ,细胞膜的除极-复极活动成为心电周期,一个心电周期中细胞膜电位的动态曲线,称为动作电位曲线。它分为 0, 1, 2, 3, 4 五个时相。

(1) 0 相 是除极过程,当膜电位达到阈电位水平时,快钠通道被激活,大量钠离子从快钠通道快速内流,形成快钠电流(I_{Na}),膜电位迅速上移,可达 $+20 \sim +30\text{ mV}$,成为超射现象,历时 1 ~ 2 ms。

(2) 1 相 是早期快速复极过程,由钾外流(I_{K1})形成,历时约 10 ms,电位曲线呈一尖峰状。

(3) 2 相 是复极的平台期,由慢钙内流(I_{Ca})和缓慢钾外流(I_{K})平衡形成,膜电位保持在 0 mV 电位附近,历时约 100 ms。

(4) 3 相 是晚期快速复极过程,由钾外流(I_{K1})形成,电位曲线下降较快,降至静止膜电位(或最大

舒张期电位)水平,历时 100 ~ 500 ms。动作电位曲线从 0 相除极开始至 3 相复极完成,称为动作电位时间(action potential duration, APD)。

(5) 4 相 是复极过程,完成后膜电位恢复到基线。没有自律性的细胞,4 相膜电位是平坦的。具有自律性的细胞,此时有 4 相自动除极,由起搏电流(I_f)形成。细胞膜的主动运转功能由钠-钾交换泵、钠-钙交换、钙泵等机制实现,调整细胞内外的离子浓度。

慢反应纤维(窦房结和房室结的结细胞是慢反应纤维)的内向离子流主要是钙电流,其舒张期电位 -60 mV , 0 相上升速度慢,无超射,无明确的 1、2、3 各相分界,4 相自动除极斜率大,由钙电流形成(图 1-1-1,图 1-1-2,表 1-1-1)。

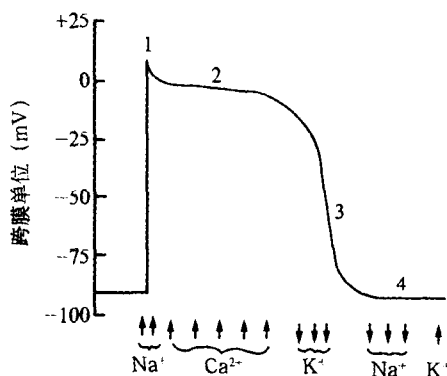


图1-1-1 心室肌细胞动作电位与主要离子流向
开始除极时的0相峰和超射与钠离子的突然内流有关,平台期2相则与 Ca^{2+} 的持续慢内流有关,复极3相则主要与 K^{+} 外流有关

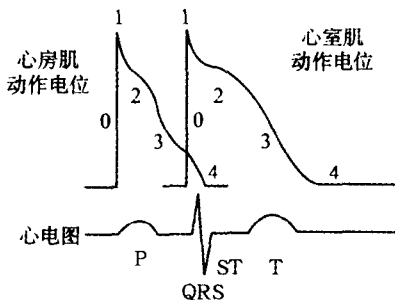


图1-1-2 心房肌动作电位曲线与心电图P波的对应关系,以及心室肌动作电位曲线与心电图QRS-T波群的对应关系

表 1-1-1 膜电位与心电图的对应关系

膜电位	心电图	膜电位	心电图
0	R	3	T
1	J	0~3	Q-T 间期
2	ST	4	T-R 段

在病理情况下(例如缺血、缺氧、电解质紊乱、酸碱平衡失调、心肌变性、药物中毒、代谢障碍等)细胞膜的功能受到影响,快反应纤维可转变为慢反应纤维,使自律性增高、传导性降低,导致异位冲动形成、冲动传导障碍、折返活动等,成为心律失常的基础

(张开滋 王红宇 孟庆华 李宝玉 李成文 刘悦香)

第二节 心肌细胞的电生理特性

心肌细胞具有自律性、兴奋性、传导性和不应性的电生理特性。

一、心肌细胞的自律性

心肌细胞的自律性是指在没有外因的作用下,心肌细胞自动、有节律地产生并发放冲动,引起心脏机械收缩的特性。心肌细胞的自律性大小取决于阈电位水平、最大舒张期膜电位水平和 4 相自动除极速度。

(1)阈电位水平 如果舒张电位不变,阈电位水平下移,心肌细胞的自律性增高。阈电位水平上移,心肌细胞的自律性降低。

(2)最大舒张期膜电位水平 在一定的阈电位水平,舒张期膜电位负值减小时,心肌细胞的自律性增高;舒张期膜电位负值增大,心肌细胞的自律性降低。

(3)4 相自动除极速度 在一定的阈电位水平和一定的舒张期膜电位,4 相自动除极速度快时,心肌细胞的自律性增高;4 相自动除极速度慢时,心肌细胞的自律性降低。

心肌细胞的自律性高,心率快,有时发生快速性心律失常;心肌细胞的自律性低,心率慢,如果心肌细胞的自律性太低,造成供血不足,发生心脑血管综合征,严重时,可发生猝死。

二、心肌细胞的兴奋性

心肌细胞的兴奋性是指受到刺激时,其发生除

极变化的反应性。当心肌受到较强的刺激才发生反应,说明心肌细胞的兴奋性低;当心肌受到较弱的刺激就发生反应,说明心肌细胞的兴奋性高。

在一定的阈电位水平,舒张期膜电位负值减小时,与阈电位的距离缩短,引起兴奋的阈刺激要弱一些,即兴奋性增高。舒张期膜电位负值增大,与阈电位的距离加大,引起兴奋的阈刺激要强一些,兴奋性降低。兴奋性异常可引起心律失常,如触发活动,边界电流,非同步复极化等。

三、心肌细胞的传导性

传导性是指在反应期内,心肌上任何一点激动,均能以动作电位的形式将激动传导至整个心肌细胞及其相邻的心肌细胞,这种传导能力的特性,称为传导性。

心肌细胞浆和细胞外液的电阻都很低,是良好的导体。在静息状态下,细胞膜对离子的流动是一个屏障,形成了电阻;同时,膜的内外又分别携带等量正、负电荷的离子成为良好的电容。因此,心肌细胞具有电阻-电容双重性能,在细胞膜表面形成了高电阻的电容。激动的传导,是通过局部电流进行的。当心肌细胞膜的一端受到刺激而发生除极时,局部膜电位迅速改变而产生动作电位,并向邻近的心肌细胞传导。细胞多呈细长形的圆柱状,纵轴方向一致,具有良好的“电缆”性能,心肌细胞与细胞之间的传导是通过细胞间通道实现的。正常情况下,窦性激

动就是以动作电位形式依次下传至结间束与房室束,引起心房除极,稍后激动沿房室结、希氏束、束支及其分支、浦肯野细胞传导,引起心室除极。

心肌细胞的传导性发生异常,可引起心律失常,如传导阻滞。

四、心肌细胞的不应性

心肌细胞不应性的电生理特性是指心肌细胞受到刺激,兴奋之后,在一段时间内对连续来的刺激反应能力下降,甚至不反应。

心肌细胞受到刺激开始兴奋,沿细胞膜发生一次较大的离子浓度变换。钠离子迅速穿过细胞膜进入细胞,继之钙离子缓慢进入细胞。这些带有强正电荷离子转移入胞并推动较弱电荷的钾离子出胞,使这一时期细胞极性逆转。此时负电荷沿细胞膜外侧分布,正电荷沿细胞膜内侧分布,产生除极期。除极过程导致纤维缩短,同时心房、心室收缩。房室收缩快速提高心腔压力,将血液挤出。在细胞经历下一次除极前,必须恢复到极化状态。介于除极和极化状态的时相称复极期。在复极早期,钠、钙离子开始出胞,钾离子开始入胞,故细胞膜表面阴、阳电荷混杂。电荷逐渐变得越来越像除极期的状态,直至再次排列为内负外正格局。在复极期,心肌纤维放松,每条纤维伸长,恢复至收缩前的状态,并保证心腔充盈。

心肌细胞不应性分为绝对不应期和相对不应期。

(1) 绝对不应期 指心肌细胞受到刺激,兴奋之后,在一段时间内对连续来的最大刺激不反应。无论发生在绝对不应期内刺激多强烈,心肌细胞都不起反应,绝对不应期从心脏除极期开始至复极早期。

(2) 相对不应期 指心肌细胞受到刺激,兴奋之后,在一段时间内对连续来的刺激反应能力下降,心动周期中,指复极早期持续至中期。其中,有极小的一段时间是易颤期,是心动周期的危险阶段。如遇足够强的刺激,心肌就可以进入除极阶段。相对不应期,一部分心肌细胞正在复极,其余心肌细胞仍在除极。一个强烈的外部刺激,诸如电休克或胸部打击,或强烈的内部刺激,诸如在相对不应期心室发放冲动,均可导致异常心肌收缩。已经复极的心肌纤维对刺激的反应是再次除极,而前次冲动引起的除极纤维不能再次除极,这种心肌纤维散在的除极导致心肌纤颤或心室异常快速除极,使所有心输出量停止、消失。

交感神经系统释放去甲肾上腺素对心肌的作用是使其变得对各种刺激更加敏感。包括对外界刺激兴奋的敏感性增加,对内部刺激易激惹的敏感性增加。结果是易发生不成熟的异位性起搏。迷走神经系统负责无应激状态下减少心脏活动,这一系统对于维持机体动态平衡,确保正常生长、细胞再生,食物消化及细胞营养至关重要。

(张开滋 王红宇 李宝玉 孟庆华 李成文 宋明云)

第三节 心电图的形成与命名

一、心电图的形成

心脏整体的电变化是以心肌细胞的电变化作为基础的。任何一个活体细胞,包括心肌细胞在内,在安静和活动时都伴随有电的现象,这是因为细胞膜内外带电的离子分布不均以及细胞膜在不同情况下对各种离子的通透性不同所造成的。

(一) 心肌细胞的除极和复极

细胞膜内外一系列离子转运,是细胞除极与复极作用的发生基础。

1. 极化状态(静息状态)

心肌细胞膜外侧排列的阳离子带正电荷,膜内侧排列同等比例阴离子带负电荷,两侧保持平衡,不产生电位变化(细胞外电位为零,细胞内外电位差为 -90 mV),细胞外任意两点之间无电位差,也无电流活动。

注意构成心脏主要成分的心房肌和心室肌,在极化状态下,无电流活动,但心脏的传导系统的起搏细胞,则无真正的“静息状态”;而处于连续的电活动状态。

2. 除极化

当心肌细胞一端的细胞膜受到一定强度的刺激

(阈刺激)时,生理情况下为窦房结传导而来的电刺激活动,其对钾、钠、氯、钙离子的通透性发生改变,引起膜内外阴、阳离子分布发生逆转,受刺激处的细胞膜出现除极化,钠离子内流使膜外侧带负电荷,膜内侧带正电荷,即产生动作电位。

在阐述心电活动的机制时,通常以电偶学说来说明心肌细胞除极和复极。所谓电偶是人们假设的,由电源与电穴组成,尚未除极的部分电位较高为电源,已除极的部分电位为电穴,电流由电源流向电穴。其特点为:①除极过程中电源在前,电穴在后,这种电偶不断向前推进形成动作电流,直至整个细胞完成除极化。由于闰盘等结构的存在,使心肌细胞间的电活动得以直接传递,导致心脏电激动迅速向周围扩布。②除极过程持续时间短暂,相当于动作电位0相,占时间只有数毫秒(ms)。

3. 复极化

除极结束后,由于细胞的代谢作用,使细胞膜又逐渐复原到极化状态,这种恢复过程称为复极化。其特点为:①先除极部分先复极,先复极部分为正电荷(电源),未复极部分为负电荷(电穴);电偶是电穴在前,电源在后。②复极过程缓慢,原因是在这一过程中各种离子是逆浓度进行的,需要作功和耗能,能量来自ATP酶系统,复极结束后,心肌细胞很快又恢复到极化状态(图1-3-1)。

4. 除极波与复极波的形成

心电图生理记录仪把心肌细胞除极和复极过程中产生的电位变化记录出来的曲线,称除极波与复极波。

就单个心肌细胞而言,检测电极面对正电荷(电源)描记出一向上的波;面对负电荷(电穴)描记出一向下的波;置于细胞中点,描记出一个双向波,无电流活动则描记出一等电线(图1-3-2)。

这里需要指出的是,在正常心电图,复极波方向常与除极波方向一致,与单个心肌细胞不同。这是因为正常人心室的除极从心内膜向心外膜,而复极则从心外膜开始,向心内膜方向推进,其机制尚不清楚。可能因心外膜心肌的温度较心内膜下高,心室收缩时,心外膜承受的压力又比心内膜小,故心外膜处心肌复极过程发生较早。

5. 心脏体表电位强度影响因素

由体表采集到的心脏电位强度与下列因素有关:

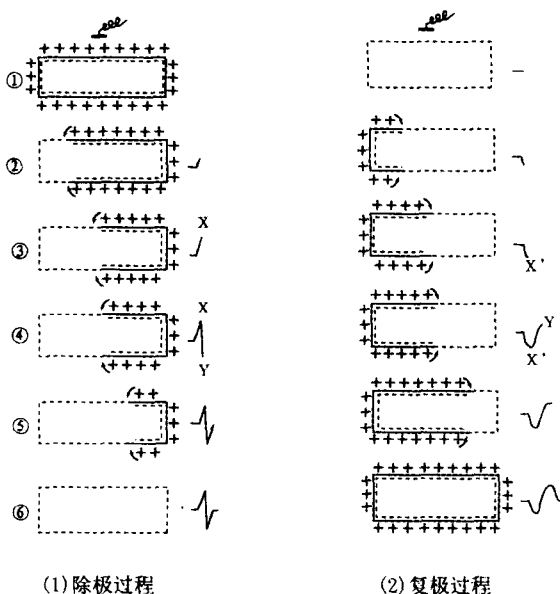
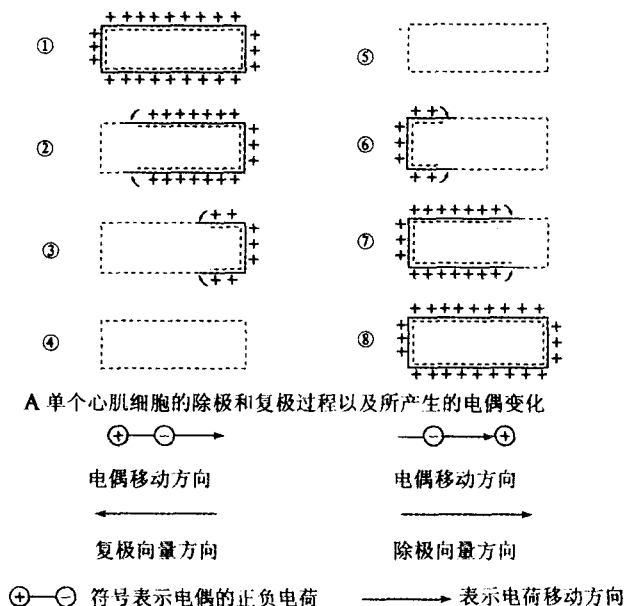
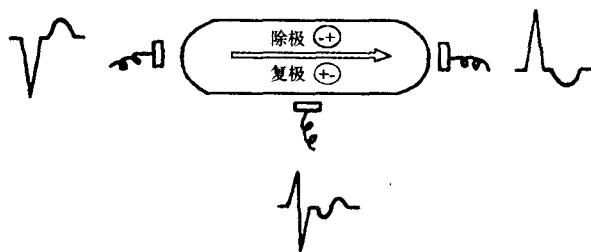


图1-3-1 单个心肌细胞除极、复极过程产生的电偶变化及除极波和复极波的形成



- (1)与心肌细胞数量(心肌厚度)成正比;
- (2)与探查电极位置和心肌细胞之间的距离,成反比;
- (3)与探查电极方位和心肌除极方向夹角有关,夹角愈大,电位愈小。

(二) 心电向量概念

1. 向量

心肌细胞在除极和复极过程中产生的电动力,既有大小,又有方向。用物理学中的术语“向量”表示。向量的方向是从负极指向正极(也是激动扩布的方向),振幅与电动力的大小成正比。其特征用“→”表示,长短代表大小,箭头为正,箭尾为负。

除极时,电偶沿除极方向,电源在前,电穴在后,因此除极的心电向量与除极方向一致;复极时,电偶沿复极方向,电穴在前,电源在后,因此除极的心电向量与复极方向(心外膜侧向心内膜侧)相反。

2. 心电综合向量

心房和心室在除极和复极过程中产生无数个上、下、前、后、左、右大小不等的向量,用数学运算的方法或图解法把它们综合成一个向量,称心电综合向量。

3. 心电向量的综合原则

向量的综合可以用数学运算的方法,也可以用图解的方法,前者较为繁琐,后者较为简明实用,综合原则如下:

- (1)两个心电向量平行同向,其幅度相加。
- (2)两个心电向量平行异向,其幅度相减。
- (3)两个心电向量方向构成一定角度者,则采用平行四边形法则,取其对角线为综合向量。
- (4)多个心电向量按平行四边形的方法综合成一个向量(图 1-3-3)。

但心脏是由心肌细胞合体组成,心房与心室的除极情况与上述两个心肌细胞和多个心肌细胞不同,心脏是一个立体的,在激动过程中产生无数个瞬间心电向量,它是众多心肌细胞除极向量的综合心向量,其方向可指向上、下、前、后、左、右各个方向。

(三) 心电图的形成——两次投影概念

心电图的产生可以用心电向量观念作解释。

心脏在激动过程中产生无数个瞬间变化着的

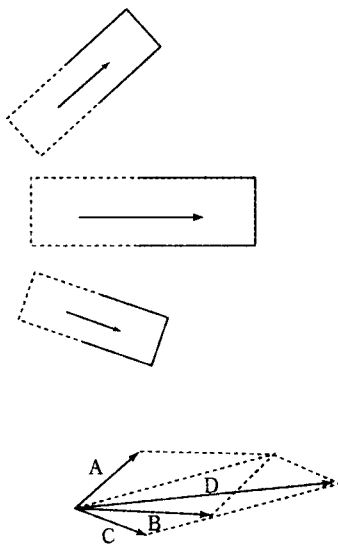


图1-3-3 多个细胞除极的综合向量形成示意图

心电向量,将其尖端用线连接起来,形成了立体的P-QRS-T环。立体的P-QRS-T环是不能直接记录到的,需要经过两次投影,才能形成心电图。以QRS环为例说明两次投影概念。将一个立体的QRS环经过第一次投影在额面、横面和侧面上,形成了目前常用的平面心向量图,这就是第一次投影。第二次投影是将额面QRS环投影到额面肢体导联轴上,形成了6个肢导联心电图;再把横面心电向量图投影到胸导联轴上,形成了胸壁 $V_1 \sim V_6$ 导联心电图,这就是心电图的形成——心电向量两次投影概念。P环与T环经过上述两次投影,产生了心电图上的P波与T波(图 1-3-4 ~ 图 1-3-7)。

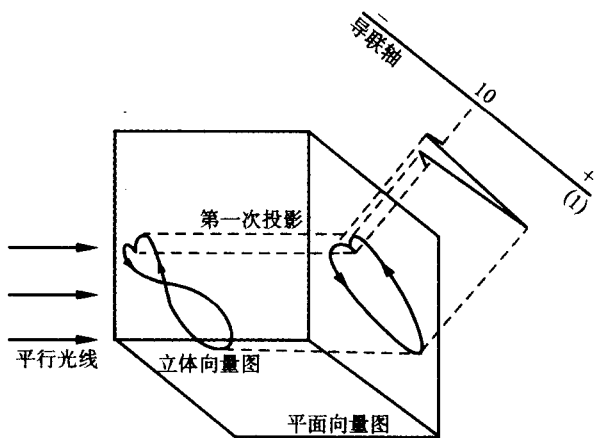


图1-3-4 两次投影图

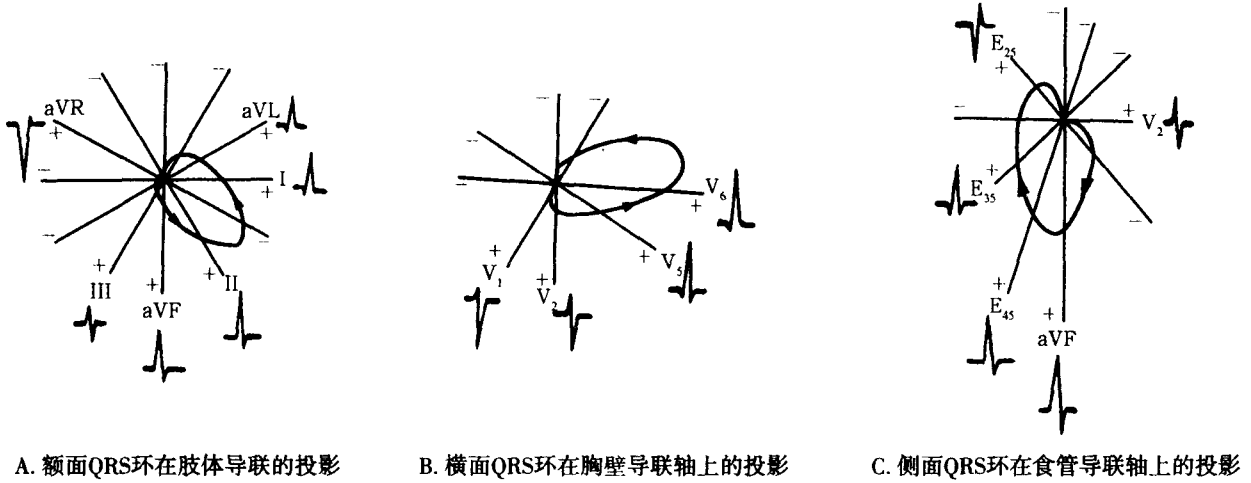


图1-3-5 QRS环在心电图导联轴上的投影

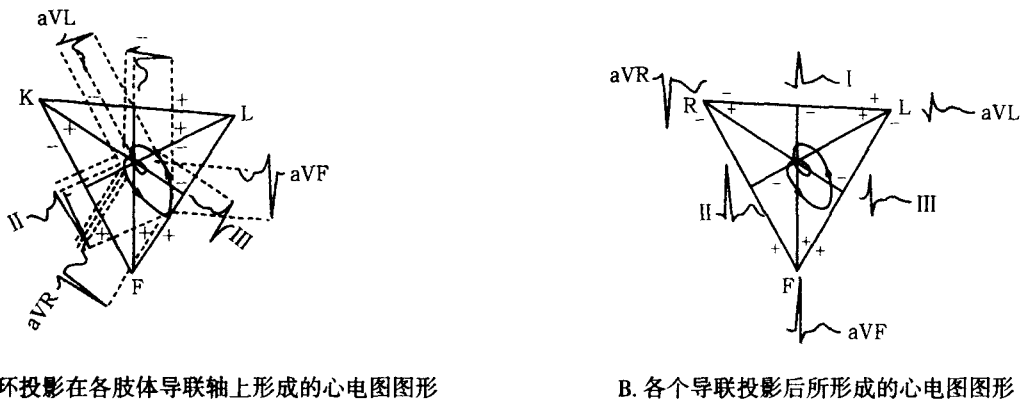


图1-3-6 额面QRS环在肢体导联轴上的投影形成的心电图

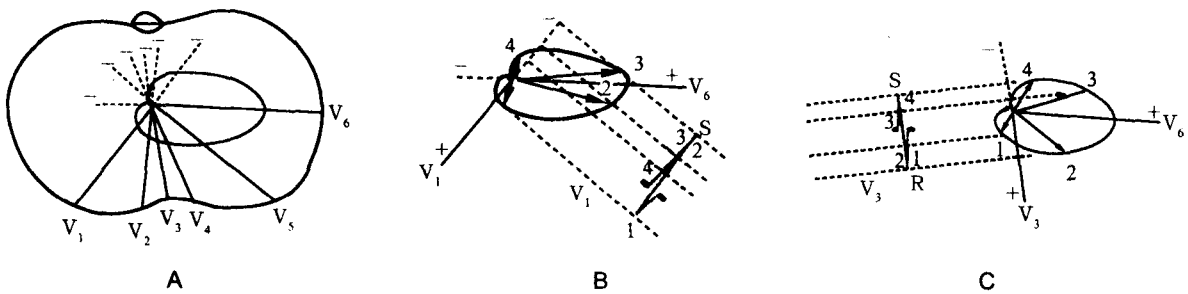


图1-3-7 横面QRS环在胸导联轴上的投影形成的心电图

A. 为胸导联轴的位置；B, C. 为向量环分别在 V_1 、 V_3 、 V_5 导联轴上的投影， V_2 、 V_4 、 V_6 导联原理同上