

● 心电图系列丛书



心电图基础理论

XINDIANTU JICHU LILUN

名誉主编 杨庭树

主 编 卢喜烈

天津科学技术出版社

心电图系列丛书

心电图基础理论

XINDIANTU JICHU LILUN

名誉主编 杨庭树
主 编 卢喜烈

天津科学技术出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了心电图学的新理论,详细论述了心肌细胞电生理,心电产生原理,心向量概念,心电图导联体系,心电图诊断分类,心房扩大,心室肥厚,P、QRS、T波异常的诊断与鉴别诊断等。目的是帮助心电图的初学者提高心电专业理论水平,本书亦适合于心电图临床技师、住院医师、医学院校心电专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

心电图基础理论/卢喜烈主编. —天津:天津科学技术出版社,2005

(心电图系列丛书)

ISBN 7-5308-3804-0

I. 心... II. 卢... III. 心电图 IV. R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 097145 号

责任编辑:焦美红

版式设计:雒桂芬

责任印制:王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051 电话(022)23332393

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

天津新华印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 24.25 字数 576 000

2005 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定价:49.00 元

心电图系列丛书编委会

顾	问	赵 易	李天德	魏太星	吴 祥	盖鲁粤
		王玉堂	方炳森	马向荣	马景林	朱力华
		于桂榕	张开滋	王志毅	龚仁泰	
名誉主任委员		杨庭树				
主任委员		卢喜烈				
副	主任委员	石亚君	王 斌	孙志军	宋小武	王 禹
		周军荣	孟凡华	韩桂兰	李乐燕	帅 莉
		朱秀勤	卢亦伟	李白玉		
委	员	(按姓氏笔画为序)				
		支 龙	王红宇	王福军	尹彦琳	帅 莉
		卢艳芳	任 珍	刘华玲	刘晓梅	李中健
		李 京	李 辉	张 帆	杜 英	陈兰阁
		林 文	罗少群	武文波	赵 宇	赵立朝
		郭 艳	郭淑香	曹丽萍	阎胜利	葛 力
		谭学瑞				

编者名单

主 编	卢喜烈					
副 主 编	孟凡华	周军荣	石亚君	卢亦伟		
编 委	帅 莉	李乐燕	赵 宇	郭 艳	赵立朝	
	易 军	陈光辉	魏希进	陆 迪	孙志军	
	李 辉	任 珍	王 斌	韩桂兰		

心电图系列丛书前言

1903 年心电图应用于临床, Einthoven 因发明心电图获得了 1924 年度诺贝尔医学和生理学奖。一百年来, 心电图为医学, 为人类健康做出了巨大贡献。

我国从事心电专业的医师、技师和工程技术人员 30 余万, 是世界上一支最大的心电专业队伍。心电检查已涉及临床各个领域, 每年做心电图检查上亿人次, 已成为门诊查体和住院病人的常规检查。心电监测是冠心病监护病房和重症监护病房的重要项目。超声心电图检查、冠状动脉介入治疗术(冠脉造影、PTCA、支架植入)、CABG、心脏手术、射频消融术、外科大手术等都离不开心电监测。分析起搏器的功能需要心电图, 临床药物实验也需要心电图。

临床医学、生物医学工程技术、电子计算机和网络技术的进展, 推动了心电学科的飞速前进。目前心电学已发展成为临床心电图学、心向量图学、动态心电图学、运动心电图学、心律失常学和心电监测学等门类齐全的心电学科。

为及时反映心电学领域的新进展、新经验、新成果, 中国人民解放军总医院与航天中心医院共同编写了这套心电图学系列丛书, 包括《心电图基础理论》、《冠心病心电图》、《临床疾病心电图》、《心律失常心电图》(上下册)、《运动平板试验》、《动态心电图》共七部心电专著, 并得到著名心脏病学家和心电学家黄宛、赵易、李天德、魏太星、陈新、孙瑞龙、王思让、周金台、吴祥、陈清启、杨庭树、盖鲁粤、王玉堂、方炳森、朱力华、张开滋、杨虎、龚仁泰、王志毅、刘仁光、孙广辉、祝玉成等教授的热情指导和帮助。天津科学技术出版社给予大力支持。全书内容丰富、

理论新颖、实用性和可操作性强,是临床医师、心电技师、心电工程技术人员必备的工具书。

我们的学术水平和临床经验都有限,书中的错误缺点难免,请同仁们给予批评指正。

作者

于北京

前 言

生物电现象是生命的基本特征,一旦心电活动丧失,生命也将终结。心电图应用于临床一百年来,许多心电学专家、技师和临床医师倾注了全部的精力研究心电图,出版了数百部心电学专著,发表了数以万计的心电学论文,每年召开数十次心电学术会议,把心电学的进展推向了一个新的发展阶段。

只有充分理解心电基础理论,才能得心应手地处理复杂多变的心电信息。初学心电图的技师需要学习心电图新理论、新技术,长期从事心电图工作的技师、医师也需要更新基础知识理论,临床医师不懂心电图理论,就不能精通心电图,也就不可能运用好、解释好复杂多变的心电信息。

应广大读者的要求,我们组织心电图临床工作经验丰富的专家,并吸收了国内外心电图学新理论、新进展,编写了这部专著。

本书全面而又系统地介绍了心脏自律传导系统,内容包括:心肌细胞膜电位,心肌细胞电生理,心电产生原理,心向量概念,导联体系,心电轴,心电图测量技术,正常心电图,正常范围心电图,可疑心电图,异常心电图,心房扩大,心室肥厚,P、QRS、T波异常的诊断与鉴别诊断等。

我们编写这部专著的指导思想是创新、务实。目的是帮助广大读者夯实心电图的理论基础,为今后发展做好准备。

由于我们学识水平有限,错误和缺陷难免,请心电学同道们给予批评指正。

编 者

2004年12月

目 录

第一章 心电图百年发展史	(1)
第一节 心电图仪器导联体系与记录格式	(1)
第二节 心电学理论	(2)
第三节 心电学临床应用	(3)
第四节 我国心电学科的建设	(4)
第五节 展望	(5)
第二章 心电图各波段和间期的命名	(6)
第一节 P波	(9)
第二节 Ta波	(10)
第三节 P-R间期	(10)
第四节 P-R段(P-Q段)	(11)
第五节 QRS波群	(11)
第六节 J点	(13)
第七节 ST段	(13)
第八节 Q-T间期	(14)
第九节 U波	(14)
第三章 心脏解剖学	(17)
第一节 概述	(17)
第二节 心脏的发生	(17)
第三节 胸部体表标志与标志线	(20)
第四节 心脏的位置	(22)
第五节 心脏的体表投影	(22)
第六节 心脏的外形	(23)
第七节 心脏的房室腔	(26)
第八节 心脏的瓣膜	(28)
第九节 心壁的构造	(28)
第十节 心脏的度量	(30)

第四章 心肌细胞类型	(32)
第一节 P 细胞	(32)
第二节 过渡细胞	(32)
第三节 浦肯野细胞	(33)
第四节 收缩细胞	(34)
第五节 M 细胞	(36)
第五章 心脏自律传导系统	(40)
第一节 心脏传导系统发展史	(41)
第二节 心脏传导系统的形态构造	(42)
第六章 心脏传导系统的血液供应	(54)
第七章 心脏的神经调节	(59)
第一节 心脏的神经支配	(59)
第二节 交感神经对心脏的作用	(61)
第三节 迷走神经对心脏的作用	(62)
第四节 迷走神经与交感神经的相互作用	(63)
第八章 心肌细胞膜电位	(64)
第一节 细胞膜的构成	(64)
第二节 心肌细胞电活动	(66)
第九章 心肌细胞电生理特性	(78)
第一节 自律性	(78)
第二节 兴奋性(应激性)	(84)
第三节 不应期	(86)
第四节 传导性	(90)
第十章 心电产生原理	(93)
第一节 心肌细胞的除极与复极	(93)
第二节 探查电极位置对波形的影响	(96)
第三节 容积导电的概念	(97)
第四节 P 波的形成	(98)
第五节 QRS 波群的形成	(99)
第六节 T 波的形成	(100)
第七节 心室复极差力	(101)
第十一章 两次投影	(105)
第一节 心向量概念	(105)
第二节 空间立体 P-QRS-T 环的形成	(109)
第三节 平面心向量图的产生机制	(111)

第四节	平面心向量图的形成——立体 P-QRS-T 环的第一次投影	(116)
第五节	心电图的产生机制——立体向量图的两次投影	(120)
第十二章	心电图机	(123)
第一节	常规心电图机	(123)
第二节	动态心电图机	(126)
第三节	平板运动心电图试验系统	(127)
第四节	心电图工作站和网络管理中心	(127)
第十三章	心电图的导联	(131)
第一节	标准导联	(131)
第二节	加压单极肢体导联	(132)
第三节	胸壁导联	(134)
第四节	Bailey 六轴系统	(135)
第五节	胸壁导联系统	(136)
第六节	矫正后的导联	(137)
第七节	不常用的导联	(138)
第八节	F 导联体系	(140)
第九节	头胸(HC)导联	(142)
第十节	ABC 导联	(144)
第十四章	心电图描记技术	(145)
第一节	概述	(145)
第二节	单通道描记心电图	(149)
第三节	3 通道和 6 通道同步记录心电图	(149)
第四节	心电图室工作常规	(149)
第十五章	心电图测量	(151)
第十六章	心电轴与心脏钟向转位	(161)
第一节	心电轴	(161)
第二节	心脏的钟向转位	(173)
第三节	心电位	(174)
第十七章	心电图诊断原则和内容	(177)
第十八章	正常心电图	(180)
第十九章	心电图正常范围的确定	(195)
第二十章	可疑心电图	(200)
第二十一章	异常心电图	(204)
第二十二章	心房扩大	(221)
第一节	左心房扩大	(221)

第二节	右心房扩大	(227)
第三节	双侧心房扩大	(231)
第二十三章	心室肥厚	(233)
第一节	左室肥厚与左室扩大	(233)
第二节	右室肥厚	(249)
第三节	双侧心室肥厚	(261)
第四节	小儿心室肥厚的心电图诊断	(263)
第二十四章	P 波异常	(265)
第二十五章	P-R 段与 P-R 间期异常	(269)
第一节	P-R 段异常	(269)
第二节	P-R 间期异常	(270)
第二十六章	QRS 波群异常	(273)
第一节	隔性 Q 波	(273)
第二节	异常 Q 波或 QS 波	(277)
第三节	QRS 振幅异常	(284)
第四节	QRS 电轴偏移	(287)
第五节	QRS 时间延长	(288)
第二十七章	ST 段改变	(290)
第二十八章	T 波改变	(306)
第二十九章	Q-T 间期改变	(316)
第一节	Q-T 间期缩短	(316)
第二节	Q-T 间期延长	(317)
第三节	长 Q-T 综合征	(323)
第三十章	U 波改变	(326)
第三十一章	J 波的现状	(330)
第三十二章	Brugada 波与 Brugada 综合征	(334)
第三十三章	P 波离散度	(345)
第三十四章	Q-T 离散度	(349)
第三十五章	心电交替	(359)
第一节	心电交替分型	(359)
第二节	P 波电交替	(360)
第三节	P-R 电交替	(361)
第四节	QRS 波电交替	(361)
第五节	ST 段电交替	(362)
第六节	T 波电交替	(364)

第七节	Q-T 间期电交替	(367)
第八节	U 波电交替	(367)
第九节	临床心电图病症伴随的电交替现象	(368)
参考文献		(369)

第一章 心电图百年发展史

2003 年是心电图临床应用一百周年。一百年来,经过一代又一代心电学家和广大心电学工作者的不懈努力,使心电学理论不断创新,心电图仪器不断改进和完善,这一切使得心电学科队伍不断壮大,心电检查内容不断拓展,临床经验不断丰富。使古老的心电检查焕发出了勃勃生机,成为现代化医院四大常规(心电、临检、放射、超声)诊疗技术之一。心电图经久不衰的原因在于它具有实用、无创、简便、准确、重复性好和廉价等优点。

第一节 心电图仪器导联体系与记录格式

一、心电图仪器

1903 年荷兰莱顿大学 Einthoven 发明了弦线式心电图描记器,首先记录到了人体心电图 (electrocardiogram),标志着心电学科的建立。1904 年他委托慕尼黑 Edelman & Son 公司批量生产,1908 年转为英国剑检公司制造。弦线式电流计的设计原理是悬在磁铁两极间的镀银线在电流通过时,弦线会来回摆动。其方向决定于电流的方向,移动的振幅决定于电流强度,弦线的摆动过程用光源、显微放大镜,通过计时器,投影到描记的胶片上,胶片上的心电图要经过冲洗才能阅读,显得不大方便。但心电图还是显示了它强大的生命力,使整个医学随之发生改变。1924 年, Einthoven 因发现心电图而获得诺贝尔医学和生理学奖。我们应当铭记 Einthoven 在创建心电学科方面做出的不可磨灭的贡献。

到了 20 世纪 30 年代初,弦线式心电图机才逐渐被电子管式和晶体管放大式心电图机所替代。但是这两种类型的心电图机都比较笨重,故障率高,很快被淘汰。

20 世纪 80 年代初,美国 Marquette 公司首先推出了数字化心电图机。从此,心电图进入了数字化、自动化、网络化管理的新时代。国内外许多心电图机生产厂家推出了各种类型的数字化 12 导联同步心电图机,已普及到大、中城市的中心医院,正在逐步取代模拟单导联心电图机。数字化心电图机的优点在于:计算机分析心电图速度快,测量数据精确,多导联同步记录,提高了工作效率,大容量存贮心电信息,一台电脑心电图机可贮存数百万份心电图资料,十分有利于临床医疗、科研、教学与保健工作。

二、导联体系

自人体体表任意两点放置电极都能描记出心电图,因此产生了一百多种心电图导联体系。在临床应用过程中,有的导联体系数目太多,过于繁琐;有的导联体系电极数目太少,易漏掉心电信息。被世界各国公认的是应用已久的常规 12 导联体系:即 1903 年 Einthoven 发明的标准导联 I、II、III 和 1940 年 Wilson 与 1942 年 Goldberger 完善的加压肢体导联 aVR、aVL、aVF 与胸导联 V₁、V₂、V₃、V₄、V₅、V₆。必要时加做 V₇、V₈、V₉、V_{3R}、V_{4R} 与 V_{5R} 导联。

三、描记心电图的方式

1. 热笔直描式 描笔与纸面接触有一定阻力,阻力过度或不足均可使心电波形失真。
2. 墨水喷射式 描笔不与纸面接触,灵敏度高;但描笔价格昂贵,笔头易于堵塞。
3. 激光聚振式 可 3、6 或 12 导联同步记录,出图快,缺点是由于采用热敏纸记录,图纸不易长期保存。
4. 激光打印式 采集的心电图由激光打印机出图,图形清楚,便于长期保存。

四、描记格局

简易的便携式心电图机只能单导联记录心电图,大型电脑心电图机可 12 导联同步采样、贮存,以 3、6 及 12 导联格局打印出心电图报告。多导联同步记录心电图的优点是可以同步观察同一个心搏的整体情况,观察正在发生的心肌缺血、损伤的动态变化与相关冠状动脉病变情况,并可做对比研究,对冠心病的诊断与治疗决策有着重要意义。多导联同步记录心电图在心律失常的诊断与鉴别诊断方面也起着重要作用。

第二节 心电学理论

心电图的波形很简单,但其内涵高深而不显露,多年来创立的各种心电学说成为心电图理论的基石。

一、Einthoven 原理

Einthoven 原理是最先形成的重要的心电图理论,由 Einthoven 建立。他把心脏激动过程中产生的电活动看成一组电偶,标准导联的 3 条边组成一个等边三角形,心脏恰好位于等边三角形的中心,产生的电流通过组织传导到体表,在此放置电极,通过心电图机描记出心电波形。根据三角形原理,可以任意自两个导联测定心电轴。已知 $I = VL - VR$ 、 $II = VF - VR$ 、 $III = VF - VL$,所以 $I + III = VL - VR + VF - VL = VF - VR = II$,即得 $I + III = II$ 。Einthoven 原理的实际意义在于帮助我们判断导联线有无接错,导联标记是否正确。

二、单极概念

单极理论由 Wilson 于 20 世纪 40 年代提出,他认为单极导联可以更准确地反映探查电极下局部心肌电位的变化情况。把探查电极置于右上肢、左上肢及左下肢,分别称为 VR、VL、VF 导联,负极与中心电端连接。单极肢体导联描记出来的心电波幅较小,不便于分析测量。1942 年 Goldberger 在此基础上稍加改变(例如描记 VR 导联时,切断 VR 与中心电端的连线),其结果是描记出来的心电波形完全相同,但振幅增大 50%,而又不影响 Wilson 提出的单极导联的特性,这就是 Goldberger 建立的加压单极肢体导联 aVR、aVL、aVF。导联表达方式:aVR 探查电极置于右手腕,中心电端与左手和左下肢相连;aVL 探查电极置于左手腕,中心电端与右上肢和左下肢相连;aVF 探查电极与左下肢连接,中心电端与两上肢相连。Wilson 采用的单极胸导联 $V_1 \sim V_6$ 沿用至今。他认为 V_1 、 V_2 导联比较单纯地反映了右心室的电位变化, V_3 导联反映了过渡区的电位变化, $V_4 \sim V_6$ 导联反映了左心室的电位变化。心电图定位心肌梗死原理之一来自单极概念。

三、心向量学说

20 世纪 50 年代建立起来的心向量学说成为心电图学的重要理论基础。心向量学说认为

心电图是经过两次投影产生的。用向量观察解释标准导联与加压单极肢体导联没有优劣之分,都在一个平面上,不同之处是每根导联所处的角度不同,互差 30 度,反映的量不同。标准导联电压 = 加压单极肢体导联 $\times 1.15$ 所得的数值才能与 I 导联计算心电轴。

心脏产生的立体向量,经过第一次投影在额面、横面与侧面上,形成了常用的心向量图。第二次投影把额面向量环投影到额面肢体导联轴线上,形成了额面标准肢体导联 I、II、III 和 aVR、aVL、aVF 导联心电图,把横面心向量环投影到胸壁导联轴线上,形成了胸壁 $V_1 \sim V_6$ 导联心电图。把侧面心向量环投影到食管导联轴线上,形成了食管导联心电图。

四、心肌细胞电生理

离子学说阐明了心肌细胞的电生理特性,动作电位的产生原理与心电图的关系,使心电学的理论进展到分子与离子水平,也阐明了药物作用于心脏的机制。丰富了心电图与心血管病学的内容。

五、临床心脏电生理

20 世纪 70 年代以来,心脏电生理检查与治疗技术应用于临床,对心律失常发生机制的认识日益深入。在诊断方法、射频治疗、药物治疗等方面进展十分迅速,特别是射频导管消融技术用于治疗室上性心动过速、心房扑动、房室结双径路、预激旁道和室性心动过速等,成为 20 世纪 90 年代介入心脏病学领域内的一个十分活跃的热点。

射频消融心律失常的例数逐年增多,其成功率达到了 95% 左右。射频消融心房颤动和发生在心肌梗死患者的室性心动过速也取得了令人瞩目的成果。临床心脏电生理学取得的一切进展,离不开心电标测技术。心电标测的理论和经验,成为心电学的精髓。

六、人工心脏起搏器

1959 年瑞典医师 Seming 等将第 1 例起搏器植入人体以来的 40 余年间,已有数千万台起搏器植入人体,挽救了患者的生命。起搏器的种类很多,功能越来越复杂,评价起搏器起搏情况与感知功能及其引起的心律失常,最好的检查方法是心电图。12 导联同步心电图又可以判断起搏电极所在的部位及其电极的移位情况。起搏心电图积累起来的经验,成为分析起搏器心电图的理论依据。

第三节 心电学临床应用

心电学技术广泛应用于临床。

一、常规心电图检查

1. 各年龄组健康查体 筛选飞行员、运动员,门诊、住院病人都需要检查心电图。
2. 急性冠状动脉综合征 尽快在 10 min 内做出 18 导联心电图,结合临床做出诊断。有 ST 段抬高者,在排除禁忌证以后,尽快溶栓或再灌注(PTCA 等);ST 段下移者,行扩冠治疗或抗缺血治疗;无 ST 段改变,观察 24 h 出院。急性心肌梗死病人溶栓治疗过程中要做数次 18 导联心电图,以判断是否再通。心肌梗死病人要定期复查心电图。
3. 胸痛 发作时,用于鉴别胸痛的性质。
4. 各种心脏病 解释由此引起的心电图变化,如电轴左偏可除外法洛四联症、房间隔缺损电轴左偏为原发性等。

5. 药物试验 某些药物过量,可最先引起心电图改变,如奎尼丁、洋地黄中毒等。每年都有数百种新药问世,观察药物对心脏的反应,可通过药物对心电图的影响来了解。

6. 电解质紊乱 检查心电图可帮助了解血钾与血钙的变化情况。

7. 起搏器植入术后 了解起搏器的起搏与感知功能,以及起搏器引起的心律失常。

8. 射频消融术前、术后 可帮助确定心律失常旁道异位激动起源点所在部位及其射频消融效果。

二、动态心电图

1957 年 Holter 发明了动态心电图(又称 Holter 监测),可连续记录 24 h(必要时记录 72 h)心电信息。70 年代 Holter 监测发展到了两个导联,80 年代 Holter 监测发展到了 3 个导联,2000 年实现了 12 导联同步监测技术。对于监测冠心病心肌缺血发生时间、持续时间及缺血程度的判断很有价值。Holter 监测心律失常疏而不漏,观察心律失常发生、发展、起源部位及终止情况等,评价抗心律失常药物疗效,主要依靠 Holter 监测。

三、心电图负荷试验

心电图负荷试验是检测心肌缺血最常用的方法,包括药物试验(潘生丁、多巴酚丁胺)、心房调搏试验和运动二阶梯、踏车、平板试验等,与冠状动脉造影结果比较,运动平板试验的相关性好,诊断冠心病的敏感性为 80%,特异性为 90%,运动平板试验还经常用于评价 PCI、CABG 的手术效果,被认为是诊断冠心病的银指标。

四、标测心电图

标测心律失常的起源部位与传导情况,是引导射频消融心律失常成功的关键技术。目前已广泛用于介入治疗心律失常的领域。

五、监测心电图

CCU 与 ICU 监护病房的重要内容是监测心电图。CCU 已成为心脏诊疗中心的重要组成部分。心脏手术和各系统疾病大手术均离不开心电监护。心导管检查过程中,一刻也离不开心电监护。冠状动脉造影、心室造影、PCI 过程中连续记录 12 导联同步心电图,可以更加清楚地了解连续不断的心肌缺血与损伤的发生、发展和转归过程。对于研究心肌缺血的部位及相关血管病变的评估具有重要意义。

第四节 我国心电学科的建设

一、心电图专业人员

我国现在从事心电图、动态心电图、运动心电图、心向量图、临床心脏电生理与心脏起搏器的专业技术人员达 30~50 万人,是世界上最大的一支心电专业队伍。从事心电图专业的人员占 95%,大多数是来自护理或医生队伍。有些人员缺乏系统的心电学理论的学习与研究。然而从事心脏电生理和起搏的有 2 000 余人,多是硕士、博士、教授和本学科的带头人,科研成果累累,在心律失常诊断与治疗 and 起搏器领域达到或接近世界先进水平。

二、主办心电学杂志、出版心电图专著造就一代名医

1982 年《心电学杂志》创刊于杭州,1987 年《中国心脏起搏与电生理杂志》(原名《起搏与心脏》)创刊于武汉,1992 年《临床心电学杂志》创刊于合肥,1993 年《实用心电学杂志》创刊于济