

社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材



心电图专业人员 培训教材

第2版

主编 杨 虎

北京大学医学出版社

中国高等院校文科教材系列



中国图学专业人员 培训教材

第三版

地质出版社

ISBN 7-116-03111-1

社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材

心电图专业人员培训教材

(第二版)

主 编 杨 虎

编者名单 (按姓氏汉语拼音排序)

李大公 (北京大学人民医院)

邢玉娜 (北京中关村医院)

杨 虎 (北京大学第一医院)

杨 阳 (北京大学第一医院)

(第二版) 心电图专业人员培训教材

北京大学医学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

心电图专业人员培训教材/杨虎主编. —2 版. —北京:
北京大学医学出版社, 2010. 1

(社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材)

ISBN 978-7-81116-548-7

I. 心… II. 杨… III. 心电图—医学院校—教材 IV.
R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 162768 号

心电图专业人员培训教材 (第二版)

主 编: 杨 虎

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京瑞达方舟印务有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 张彩虹 责任校对: 杜 悦 责任印制: 郭桂兰

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.5 字数: 341 千字

版 次: 2010 年 1 月第 2 版 2010 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1—6000 册

书 号: ISBN 978-7-81116-548-7

定 价: 31.80 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

《社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材》 评审委员会名单

主任委员 金大鹏

副主任委员 (按姓氏汉语拼音排序)

陈秋立	郭玉芬	黄立勋	黄顺玲	黄小玲
刘玉芹	秦海涛	隋枝叶	乌 兰	杨鸿生
姚 云	赵万华	赵忠厚	周惠明	周英杰

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

陈 路	陈 运	陈秀华	陈永忠	陈元鸿
董朝光	耿文奎	何堡玉	李建光	刘铭山
刘志远	龙开超	彭 伟	钱卫国	舒 流
孙振霖	王 辉	乌渊盛	徐庆锋	许铁峰
杨 颖	伊沙克·阿合买提江			岳 萍
张长安	邹 宪			

第二版序

我国卫生事业正处于改革与发展的关键时期。《中共中央国务院关于深化医药卫生体制改革的意见》明确提出要“建立住院医师规范化培训制度，加强社区卫生人才和农村卫生人才培养”。这为我国的医学教育提供了难得的历史发展机遇，也提出了新的任务和更高的要求。

建立以社区卫生服务为基础的新型城市医疗卫生服务体系是我国卫生事业发展的重要任务。近几年，为加快社区卫生服务建设，培养全科医师和社区护士，国家和各级政府投入了大量人力物力，使社区卫生服务工作得到了长足的发展。但是，我们必须清楚地看到，人才问题仍然是目前社区卫生服务健康发展的重要制约因素。培养大批素质高、能力强、扎根基层的社区卫生专业人才，是各级政府和卫生机构一项长期而艰巨的任务。

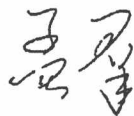
社区卫生服务主要是以维护社区居民健康为中心，提供疾病预防控制等公共卫生服务、一般常见病及多发病的初级诊疗服务、慢性病管理和康复服务等，逐步承担起居民健康“守门人”的职责。要承担起如此重任，必须充分发挥社区卫生团队服务的特色。在社区卫生人才培养上，不仅要培养全科医师和社区护士，还要加强检验、康复等其他专业卫生技术人员的培训，更新他们的观念和服务模式，提高知识水平，规范技能操作，培养以全科医师为核心，以社区预防保健医师、社区护士以及其他专业技术人员相互配合的社区卫生服务团队，才能实现为居民提供连续、及时、便捷的高质量卫生服务的目标。也只有团队素质得到全面提升，才能保证社区卫生服务工作的健康可持续发展。

卫生部科教司根据社区卫生服务发展对社区各专业人才的需求，借鉴北京等省、市开展社区康复等7个专业岗位人员岗位培训的做法和经验，制订并颁布了康复、口腔、X线、超声、药学、心电图、检验专业人员岗位培训大纲，指导各省、市、自治区开展相应的培训工作。

为配合卫生部工作，北京市卫生局和北京医学教育协会以卫生部颁布的社区康复等7个专业岗位培训大纲为依据，在总结北京地区使用上述专业岗位培训教材的基础上，组织专家对第一版系列教材进行全面修订。现在出版的社区康复等7个专业岗位培训新版教材，以社区需求为导向，以社区专业人员应掌握的基本知识、基本技能为核心，强调教材的实用性和可操作性，体现了社区特色。应该说，这套教材既是北京市多年来开展岗位培训工作实践的结晶，也是我国立足当前社区卫生人才培养需要的一次可贵探索和创新。

我希望这套教材能在社区卫生人员的岗位培训中发挥应有的作用，也期待本套教材在使用的过程中不断得到完善。希望编者能够及时听取多方面的意见，特别是社区基层人员的反映，作为今后修订、补充和完善的依据，不断提高社区卫生人员培训教材的质量和水平。

最后，向为编写这套教材付出大量心血和辛勤劳动的专家致以崇高的敬意和真诚的谢意！



2009年6月

第二版前言

卫生部科教司 2009 年 6 月制订并颁布了康复、口腔、X 线、B 超、药学、心电图、检验专业人员岗位培训大纲,指导全国各省、市、自治区开展相应的培训工作。与此同时,卫生部科教司委托北京医学教育协会组织编写 7 个专业的岗位培训的第二版教材。

本书第一版是北京市卫生局适应 2004 年开展专业岗位人员培训的试点工作需要编写的,自 2004 年至 2009 年已试用五年,北京辖区使用这套教材参加岗位培训的社区心电图卫生人员已超过千人,参加北京市统一组织的理论考试和技能考核,约有 70% 以上学员取得考试合格证书。教材在使用过程中,学员反映,教材内容比较实用,针对性比较强,适宜社区卫生人员学习。

本书第二版是在第一版第 2 次印刷版本的基础上进行修订而成,依据卫生部颁布的培训大纲要求,是为在社区从事心电图专业工作的医务人员进行岗前培训而编写的,不同于其他专著。其特点之一是突出实用性,强调了从事心电图工作的医务人员必须掌握的基本知识和技能,通过培训,能够达到胜任本专业岗位工作基本要求,另外对心肌梗死等知识进行重点讲解,以提高对临床急症心电图的认知水平。特点之二是选择较多的临床实际的心电图图谱,使读者能通过心电图的阅读分析实践,增加其分析心电图的实际工作能力。本书也可作为初学心电图者的参考书。

第二版教材共十六章,第一章由杨阳编写;第四章由邢玉娜编写;第七章由李大公编写;第十二章由李大公、邢玉娜、杨虎编写;其余章节均由杨虎编写。在第一版内容基础上对第十章作了较大的修订,第十五章重新编写,增加了心电图机新标准与进展,增加了心电图机技能操作指南等内容,第十六章由李大公、邢玉娜、杨虎选图及注释并更换、补充了 1/3 的新心电图图例。全书由主编统筹安排并统稿。

尽管编写者为再版教材倾注心血,付出劳动,但谬误与疏漏在所难免,望同道们不吝赐教提出意见,以期日后修订完善。在此对全力支持本书出版的领导、同事及出版社深表感谢!

杨 虎
2009 年 9 月

第一版序

2004年全国卫生工作会议指出,建设一支党和人民信得过的卫生医疗队伍,是卫生事业改革与发展取得成功的关键。这支队伍的思想、品德、作风、能力和水平决定着我国卫生事业的未来。

医疗卫生行业联系千家万户,与广大人民群众切身利益密切相关。而我国现状是卫生技术人才匮乏,整体素质不高,在农村和城市社区尤为突出。这将直接影响到卫生事业的可持续发展。

中共中央《关于进一步加强人才工作的决定》强调要树立人才资源是第一资源观念,卫生战线要把加快卫生人才培养作为保证卫生事业可持续发展的关键因素和基础条件,切实抓好人才培养、吸引和用好三个环节,探索新形势下加快人才培养,特别是农村和城市社区人才培养的新路子。

为了确保北京市社区卫生服务健康可持续发展,提高社区卫生服务团队各专业人员整体素质,在1999年启动的全科医学培训工程以培养全科医师、社区护士和社区防保医师为主的基础上,2004年北京市卫生局决定在海淀区辖区内启动社区中医、口腔、X线、检验、药学、B超、心电图、康复、心理卫生九个社区卫生服务专业岗位人员的岗位培训、考试持证聘任上岗试点工作,社区中医专业岗位培训考试持证聘任上岗试点由北京市中医管理局直接组织实施。

我们组织了九个专业的专家组,深入社区进行调研和论证,相继制订出各专业的“岗位标准”、“岗位培训考试大纲”,并编辑出版“社区卫生服务专业岗位人员培训系列教材”,由北京大学医学出版社正式出版(中医教材由中央电子出版社出版)。

这套系列培训教材打破了传统各专业教材的系统性和完整性,突出了社区卫生服务专业岗位特点,根据社区各专业岗位工作需要和居民的需求,进行内容的整合重组,强调教材的针对性和实用性,具有鲜明社区特色和编写特点,目前我国尚未见到同类教材,它对北京市社区卫生服务各类专业人才培养和社区卫生服务工作健康发展,将起到推动作用,对全国也可能有一定借鉴意义。

由于这是一项开拓性、创新性工作,系列教材肯定会存在很多缺陷,在试点过程中我们会认真总结经验,倾听各方意见和建议,不断完善教材内容,在全新的社区各类专业岗位培训领域拓展创新,取得更大成绩。

顾问 金大鹏

2004年9月

第一版前言

心电图的应用已有百年历史，证明心电图是科学的，并且随着科学技术的进步而不断修正错误，完善内容，逐步发展提高，形成了心电学。心电图目前仍是临床医疗工作中的重要常规检查方法之一。

北京市卫生局提出了确保北京市社区卫生服务可持续发展，提高社区卫生服务团队各专业人员整体素质的要求。在 1999 年启动的全科医学培训工程以培养全科医师、社区护士和社区预防保健医师为主的基础上，2004 年北京市卫生局决定在海淀辖区内启动九个社区卫生服务专业岗位人员的岗位培训，持证上岗。根据此要求，我们编写了本教材。

本教材是为已有心电图的基础知识，在社区从事心电图专业工作的医务人员进行岗前培训而编写的，不同于其他专著。其特点之一是突出实用性，强调了从事心电图工作的医务人员必须掌握的基本知识和技能，另外对心肌梗死等知识进行重点讲解，以提高对临床急症心电图的认知水平。特点之二是选择较多的临床实际的心电图图谱，使读者能通过心电图的阅读分析实践，增加其分析心电图的实际工作能力。本书也可作为初学心电图的参考书。

本教材共十六章，第一章由杨阳、杨虎编写；第四章由邢玉娜编写；第七章由李大公编写；第十二章由李大公、邢玉娜、杨虎编写；其余章节均由杨虎编写。第十六章由李大公、邢玉娜、杨虎选图及注释。全书由主编统筹安排并统稿。

由于编写时间仓促，谬误与疏漏在所难免，望同志们不吝赐教，提出意见，以便修改。

在此对全力支持本书出版的领导、同事及出版社深表感谢。

编 者

2004 年 12 月

目 录

第一章 心的解剖与生理	(1)
一、心的解剖	(1)
二、心的生理特性与心电图产生	(4)
第二章 心电图与导联	(7)
一、心电图定义	(7)
二、心电图的导联	(8)
三、心电图的临床应用价值	(9)
第三章 正常心电图	(11)
一、心电图的测量方法	(11)
二、心率的测量	(12)
三、心电轴	(12)
四、心电图各波形正常范围及测量	(13)
五、分析心电图的程序	(16)
第四章 心房扩大和心室肥厚	(17)
一、心房扩大	(17)
二、心室肥厚	(18)
第五章 心肌梗死心电图诊断与进展	(21)
一、急性 Q 波心肌梗死心电图	(24)
二、急性非 Q 波心肌梗死心电图	(29)
三、急性心肌梗死不典型心电图表现的诊断	(30)
四、心肌梗死的鉴别诊断	(34)
第六章 心律失常总论	(39)
一、窦性心律	(39)
二、心律失常分类	(41)
第七章 激动起源异常的心律失常	(42)
一、期前收缩	(42)
二、心动过速	(45)
三、扑动与颤动	(50)
四、逸搏与逸搏性心律	(52)
第八章 激动传导异常的心律失常	(55)
一、窦房阻滞	(55)
二、房室传导阻滞	(56)
三、室内阻滞	(56)

第九章 激动传导途径异常的心律失常——预激综合征	(60)
一、WPW 综合征	(60)
二、LGL 综合征	(61)
三、Mahaim 型预激综合征	(61)
四、预激综合征合并心律失常	(61)
第十章 心脏起搏心电图	(64)
第十一章 药物及电解质紊乱对心电图的影响	(71)
一、洋地黄引起的心电图改变	(71)
二、电解质紊乱对心电图的影响	(72)
第十二章 与疾病相关的心电图	(74)
一、右位心	(74)
二、急性肺栓塞	(75)
三、心包炎	(77)
四、心肌病变	(77)
第十三章 常用心电学检查方法	(79)
一、心电图运动负荷试验	(79)
二、动态心电图 (Holter) 的原理与临床应用	(85)
第十四章 心电图临床技术操作规范	(89)
一、操作方法及程序	(89)
二、心电图各波的测量	(91)
三、心电图报告内容	(93)
第十五章 心电图机	(94)
一、心电图机	(94)
二、心电图机标准化最新进展	(98)
三、常见心电图机操作面板示意图	(101)
第十六章 心电图分析与思考	(111)
附录	(196)
附录 1 正常 P-R 间期的最高限度表	(197)
附录 2 自 RR 间期推算心率表	(197)
附录 3 自导联 I、III、QRS 波测定心电轴表	(197)
附录 4 肢体导联六轴系统坐标图	(198)
附件 社区心电图专业人员岗位培训大纲	(199)
第二版编后记	(200)
参考文献	(202)

第一章 心的解剖与生理

一、心的解剖

(一) 心的位置和外形

1. 位置 心位于胸腔的中纵隔内，第2~6肋软骨或第5~8胸椎之间。约2/3偏在人体正中线的左侧（图1-1）。

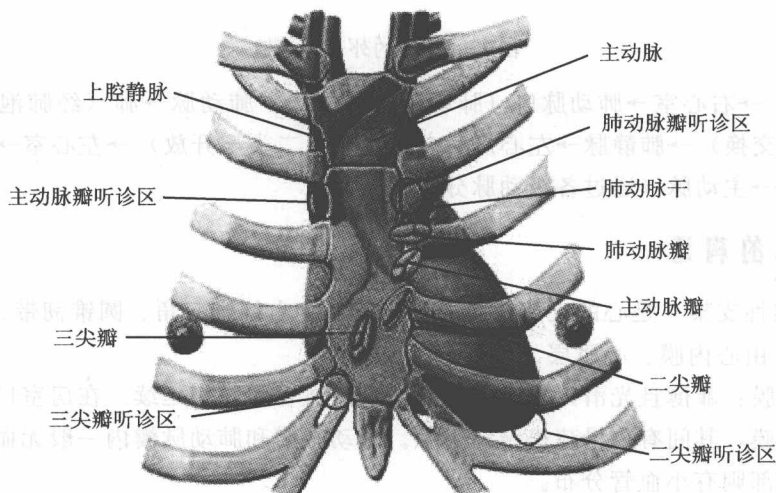


图1-1 心的位置

2. 外形 心呈前后稍扁的圆锥体，分心尖、心底、两个面、三个缘、三个沟。心尖朝向左前下。心底朝向右后上，是大血管出入的部位，有上腔静脉、肺动脉、主动脉和肺静脉。在心底附近有环形的冠状沟，分隔上方的心房和下方的心室。心有两个面，胸肋面和膈面。两面各有一条纵沟，分别称为前室间沟和后室间沟，是左、右心室的表面分界线。心有三个缘，右缘、左缘和下缘。右缘主要由右心房构成，左缘主要由左房和左室构成，下缘主要由心室构成（图1-2）。

(二) 心腔

心分为右心房、右心室、左心房和左心室。分隔左、右心房的心中隔叫房间隔；分隔左、右心室的叫室间隔。位于房室口和动脉口的瓣膜是保证心腔内血液定向流动的装置，包括房室瓣（在右心房和右心室之间的是三尖瓣，左心房和左心室之间的是二尖瓣）和动脉瓣（在右心室和肺动脉之间的是肺动脉瓣，左心室和主动脉之间的是主动脉瓣）。

血液按以下顺序完成肺循环和体循环：上、下腔静脉和冠状静脉窦→右心房→右房室口

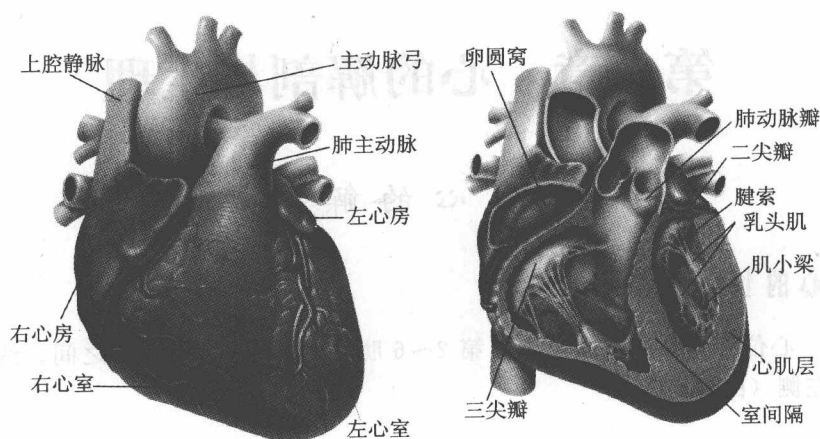


图 1-2 心的外形与构造

(三尖瓣开放) → 右心室 → 肺动脉口 (肺动脉瓣开放) → 肺动脉 → 肺 (经肺泡壁周围的毛细血管进行气体交换) → 肺静脉 → 左心房 → 左房室口 (二尖瓣开放) → 左心室 → 主动脉口 (主动脉瓣开放) → 主动脉 (通过各级动脉分布至全身)。

(三) 心的构造

1. 心纤维性支架 是心的支架, 有左纤维三角、右纤维三角、圆锥韧带、瓣膜间隔等。
2. 心壁 由心内膜、心肌层、心外膜组成。

(1) 心内膜: 菲薄且光滑, 衬于心的内面, 与血管内膜相延续。在房室口与动脉口, 心内膜折叠成瓣膜, 其间有少量疏松结缔组织。主动脉瓣和肺动脉瓣内一般无血管, 而二尖瓣和三尖瓣的基部则有小血管分布。

(2) 心肌层: 是心壁的主要部分, 心房肌较薄, 心室肌较厚, 而左心室肌最厚。心房肌和心室肌均附着于纤维环, 它们不连续。因此, 心房肌和心室肌可不同时收缩。

(3) 心外膜: 被覆在心肌层的表面, 为浆膜心包的脏层。

(四) 心传导系

心传导系位于心壁内, 由特殊分化的心肌细胞组成。其功能是产生并传导冲动, 以维持心的正常节律性搏动。它受交感神经和迷走神经双重支配。心传导系由窦房结、房室结、房室束及其分支组成。

(1) 窦房结: 位于上腔静脉与右心房交界处前方的心外膜深面, 呈梭形。人的窦房结由于结细胞团和致密结缔组织混杂在一起, 使结没有明显的界限。结中央有窦房结动脉穿过。

(2) 房室结: 位于房中隔下部右心房侧心内膜下, 呈扁椭圆形, 较窦房结小。房室结接受窦房结传来的冲动, 并把它传到房室束。在正常情况下, 房室结不产生冲动, 但当窦房结病损或出现传导障碍时, 亦可产生冲动。

(3) 房室束: 又名 His 束, 呈圆索状。它从房室结前端发出并向前穿右纤维三角, 沿室间隔膜部的后下缘前行, 在室间隔肌部上缘分为左束支和右束支, 分别沿室间隔左、右侧心

内膜深面下行。左束支呈扁带状，下行一段后又分为前支和后支，分别至前、后乳头肌的根部，再分为许多细小分支，形成浦肯野（Purkinje）纤维网，分布于乳头肌及室壁等处的心内膜下，最后连于一般心肌纤维。左束支在前、后支之间还发出间隔支，分布于室间隔在侧面中、下部的心肌。右束支较左束支细，呈圆索状，经室间隔右侧面薄层肌束的深面行向前下，再经隔缘肉柱至右室前乳头肌根部，亦分成许多分支，散成 Purkinje 纤维网（图 1-3）。

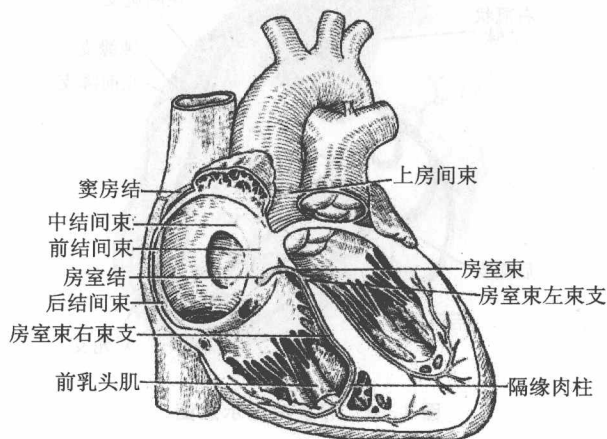


图 1-3 心传导系

（五）心的血管

1. 心的动脉 心壁由左、右冠状动脉的分支供血。左冠状动脉起于主动脉左冠窦，称为左主干，经左心耳与肺动脉根部之间向左行，随即分为前降支和回旋支。前降支沿前室间沟下行，分出对角支和室间隔支。前降支绕过心尖切迹，终于后室间沟下部，与右冠状动脉的后降支吻合。回旋支沿冠状沟横行向左，绕心左缘至膈面。回旋支分出钝缘支，沿心的左侧缘下行。此外，还发出窦房结支和房室结支。左冠状动脉主要分布于左心房、左心室、右心室前面的一部分、室间隔前上 2/3 和房室束的左束支。

右冠状动脉起于主动脉右冠窦，在右心耳和肺动脉根部之间入冠状沟，向右行绕过心右缘经冠状沟后部至房室交点处常分为两支。一支较粗，为主干的延续，向下弯行，移行为后降支，沿后室间沟下行，终于后室间沟的下部，与前降支末梢吻合。另一支较细，自冠状沟房室交点处向左，然后向下分布于左室后壁，形成右冠状动脉的左室后支。右冠状动脉的主要分支有动脉圆锥支、锐缘支以及窦房结支和房室结支等。动脉圆锥支为右冠状动脉向右室壁发出的第一个分支，与前室间支的相应分支相吻合，是左、右冠状动脉间的一个重要的侧支循环通路。窦房结支起于右冠状动脉近侧段，沿右心耳内侧面上行至窦房结。房室结支一般在房室交点处起于右冠状动脉的主干或其分支并分布于房室结和房室束的近侧部。右冠状动脉主要分布于右心房、右心室、室间隔的后 1/3 及左室后壁等（图 1-4）。

2. 心的静脉 心壁静脉大部分汇集成数条静脉，注入冠状窦，开口于右心房，部分细小的静脉直接开口于各心腔。冠状窦位于冠状沟的后部，长 3~5 cm。冠状窦的主要属支有：心大静脉，位于前室间沟，上行至冠状沟，再向左绕过心左缘至心后面，注入冠状窦的左端；心中静脉，位于后室间沟，向上注入冠状窦右端；心小静脉，行于右冠状沟内，绕过心

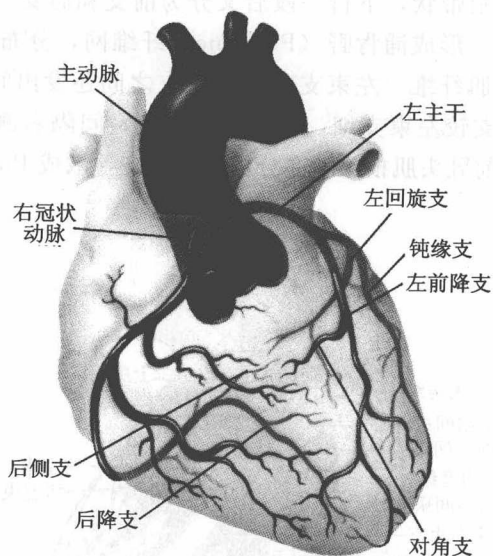


图 1-4 冠状动脉示意图

右缘向左，注入冠状窦右端。左房斜静脉（Marshall 斜静脉）在左心房后面斜行向下，注入冠状窦左端。另外，还有心前静脉 2~3 支，起于右心室前壁，越过冠状沟直接开口于右心房。数目甚多的心最小静脉，从心肌层直接注入各心腔。

3. 心的淋巴管 在心内膜下、心肌层和心外膜下细小的淋巴管分别构成丛，并相互连通。一般由深向浅汇流至心外膜下丛，最后汇集成左、右淋巴干，注入气管支气管淋巴结和纵隔前淋巴结。

（六）心的神经

心的神经来自心丛，包括交感神经纤维、副交感神经纤维和感觉神经。交感神经来自颈交感节和上位胸交感节的节后纤维，支配心房肌、心室肌、心传导系统以及冠状动脉。交感神经兴奋使心跳加快，房、室收缩力增强，冠状动脉扩张。副交感神经节前纤维来自迷走神经干及其分支，在心丛内的神经节细胞换元后支配心房肌、心室肌、心传导系统和冠状动脉。副交感神经与交感神经的作用相拮抗，可使心跳减慢，房、室收缩力降低和冠状动脉收缩。心的感觉纤维随迷走神经进入延髓，其主要作用是反射性地调节心率，使心率减慢。随交感神经第 1~5 胸神经后根入脊髓的纤维含有传递痛觉的纤维。

（七）心包

心包分两层，外层称纤维心包，内层称浆膜心包。浆膜心包分壁层和脏层，脏、壁两层相移行形成心包腔，腔内有前下窦、心包横窦、心包斜窦。

二、心的生理特性与心电图产生

心肌具有自律性、兴奋性、传导性和收缩性四种生理特性。自律性、兴奋性和传导性是

以心肌细胞膜生物电活动为基础的心肌的电生理特性。收缩性是心肌的一种机械特性。

心肌细胞可分为两大类：一类是普通的心肌细胞，又称工作细胞，包括心房肌和心室肌，有收缩性、兴奋性和传导性，没有自律性，是非自律细胞。另一类是组成特殊传导系统的心肌细胞，主要包括P细胞和浦肯野细胞，有兴奋性、自律性和传导性，又称自律细胞，其收缩功能基本丧失。

(一) 心室肌的静息电位和动作电位

(1) 静息状态时心肌细胞内外 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 离子浓度不同，细胞内 K^+ 离子浓度是细胞外的 30 倍左右。细胞外 Na^+ 离子浓度是细胞内的 20 倍。

(2) 静息状态时，细胞膜内 K^+ 离子容易通过，向细胞外渗透，使阳离子渗出，但 Cl^- 离子不易通过，这就造成细胞膜内电位比细胞膜外负 -90 mV 左右，这就是“静息电位”。

(3) 当心肌细胞某处受到刺激时，细胞膜对 Na^+ 离子通透性突然升高，使 Na^+ 离子大量内流到细胞内，细胞内电位由 -90 mV 突然变为 $+20\sim+30\text{ mV}$ （极化状态逆转），心肌细胞激动时产生的细胞内电位变化称为“动作电位”。

正常心室肌细胞的静息电位约 -90 mV ，其兴奋时产生的动作电位由除极（或称去极化）和复极两个过程组成，通常将此整个过程分为 0、1、2、3、4 共五个时期。

0 期（除极过程）：膜内电位由静息状态时的 -90 mV ，上升到 $+20\sim+30\text{ mV}$ ，此时膜由极化状态转成反极化状态，构成动作电位的上升支。最大速率可达 $200\sim400\text{ V/s}$ 。

复极过程：心室肌细胞的复极过程历时 $200\sim300\text{ ms}$ ，包括三个阶段。

1 期复极（快速复极初期）：在复极初期，膜电位由 $+20\text{ mV}$ 迅速下降到 0 mV 左右，耗时约 10 ms 。

2 期复极（平台期）：此期，膜电位下降很缓慢，往往停滞于接近零的等电位状态，形成平台。2 期是心室肌细胞区别于神经或骨骼肌细胞动作电位的主要特征。此期占时 $100\sim150\text{ ms}$ 。

3 期复极（快速复极末期）：2 期复极末，复极过程加速，膜电位由 0 mV 左右较快地下降到 -90 mV ，完成复极化过程，占时 $100\sim150\text{ ms}$ 。

4 期静息期：是 3 期复极完毕，膜电位恢复后的时期。在心房和心室非自律细胞，4 期电位稳定于静息电位水平。在自律性细胞（窦房结或浦肯野细胞），4 期呈自动除极现象（图 1-5）。

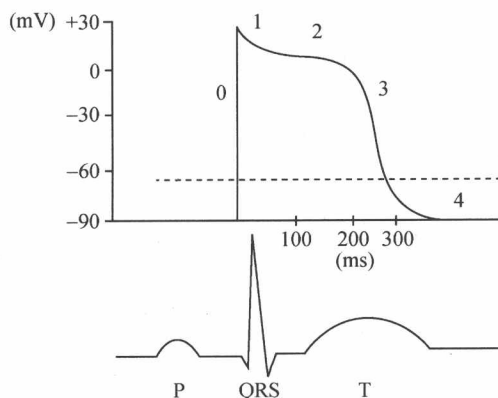


图 1-5 心室肌动作电位与体表心电图关系

(二) 心肌的自动节律性

心肌能自动地、按一定节律发生兴奋的能力，称为自动节律性。心肌的自律性起源于心肌细胞本身。人心脏的特殊传导系统（房室结的结区除外）的细胞有自律性。

心脏特殊传导系统包括窦房结、房室交界（结区除外）、希氏束、浦肯野纤维等，具有自律性，其起搏频率分别为窦房结 60~100 次/分，房室交界区 40~60 次/分，浦肯野纤维 15~40 次/分。

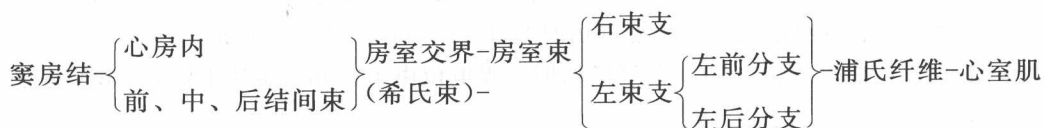
窦房结的自律性最高，成为正常心脏活动的起搏点。以窦房结为起搏点的心脏节律性活动，称为窦性心律。以窦房结以外的部位为起搏点的心脏活动，则称为异位心律。

(三) 心肌的传导性和兴奋在心脏的传导

心肌细胞的传导性：心肌一处发生兴奋后，由于兴奋部位和邻近安静部位的膜之间发生电位差，产生局部电流，从而刺激安静部位的膜发生兴奋。局部电流很易通过，引起相邻细胞的兴奋，导致兴奋在心脏的同种细胞和心脏内不同组织间的传导。

兴奋在心脏内的传导过程：窦房结发出的兴奋，经心房肌及功能上的优势传导通路传播到左、右心房。同时，窦房结的兴奋也通过心房肌传到房室交界，然后由房室束（希氏束）传到左、右束支，经浦肯野纤维到达心室肌。

心肌的除极顺序及传导途径如下：



(杨 阳)