

21

世纪高等医药院校教材

心电图基础教程

主编 韦建国 郭衍坤 贺新华

4-43



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等医药院校教材

供临床、预防、基础、口腔、药学、影像、麻醉、
护理、医工、公管等专业使用

心电图基础教程

主 编 韦建国 郭衍坤 贺新华

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是由咸宁学院医学院内科学教研室和附属医院教师,根据多年的教学和临床实践,在参考和借鉴专家学者专著和其他医药院校教学经验的基础上,结合 21 世纪高等医药院校教材的要求,集体编写而成。其特点是:循序渐进、通俗易懂、注重基础、简明实用、便于自学。全书以《诊断学》本科教学大纲为依据,共编写 12 章,较详实地介绍了心电图的基础知识,基本上覆盖了常见心电图涉及的内容。

本书适用于医药院校基础教材,也可供临床医师、基层医务人员和心电图爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

心电图基础教程/韦建国,郭衍坤,贺新华主编. —北京:科学出版社,2004.8

(21 世纪高等医药院校教材)

ISBN 7-03-013914-3

I. 心… II. ①韦… ②郭… ③贺… III. 心电图—医药院校—教材 IV.R540.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第 070063 号

责任编辑:李国红 / 责任校对:张怡君

责任印制:刘士平 / 封面设计:卢秋红

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004 年 8 月第一次印刷 印张:9 1/2

印数:1—5 000 字数:210 000

定价:15.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《心电图基础教程》编写人员

主 编 韦建国 郭衍坤 贺新华

副主编 高 卉 彭少华 周天玖

编 者 (以姓氏笔画为序)

万敬枝 王 伟 王玉霞

韦建国 卢葵花 包永芬

刘 艳 李德玲 李伟民

宋登元 陈 婷 陈海滨

周 云 周天玖 周 静

荣 辉 胡志国 赵辛元

贺新华 徐 魁 郭衍坤

郭 芬 高 卉 黄翠萍

梁 玲 彭少华 程芳洲

鲍翠玉 蔡光武 镇海涛

魏旻杰

前 言

《心电图基础教程》是为心电图初学者便于学习、阅读和理解而编写的教材,重在引导入门。目前,国内尚无专门供医药院校使用的心电图教科书。以往,许多初学者对心电图的理解存在一些困难,除了心电图本身是个复杂的交叉学科外,更多的还是书本身在导读和解释上,尚不能循序渐进、通俗易懂。通过阅读本书,我们试图做到让每个初学者都能够看得懂且思路清晰、概念准确、应用方便。

本书有以下几个特点:①注重基本原理。心电图涉及心脏解剖、心脏生理、心脏电生理、物理电学、几何学等知识。通过详实的介绍心电产生、心电图描记等基本原理,使读者对心电图的形成有一个清晰的认识。②注重释然。本书不仅仅介绍各种常见的心电图图形特征,而且对其形成的原因也尽可能地详实描述,使读者知其然,更知其所以然。③大胆探索。正确理解心电图还需要借鉴心电向量学,然而,心电向量学比心电图更为复杂、内容更为广泛。我们大胆的取用心电向量学基本原理,结合心电向量图的示意功能,对帮助读者理解心电图变化大有裨益。④图谱资料来自临床。本书选用的心电图均来自临床,由于临床的实际情况比较复杂,一份心电图中可能存在几种异常现象。另外,临床心电图检查时,由于受到环境和条件的影响,许多心电图存在一定的缺陷。⑤复习与巩固。本书的最后,还编写了有关心电图的问答题、选择题和阅图题,便于复习和巩固。

由于我们水平有限,不可避免有偏颇甚或错误之处,恳请读者原谅并批评指正。

编者

2004年5月

目 录

第一章 心脏的传导系统和心脏生理、电生理基本知识	(1)
第一节 心脏的传导系统	(1)
一、心脏传导系统的组成	(1)
二、心脏传导系统的构造	(2)
三、心脏传导系统的功能	(3)
第二节 心脏的生理	(4)
一、自律性	(4)
二、兴奋性	(4)
三、传导性	(5)
四、收缩性	(5)
第三节 心脏的电生理	(5)
一、静息电位	(5)
二、动作电位	(6)
第二章 心电图基本知识	(7)
第一节 心电图产生原理	(7)
一、心肌细胞电流的产生	(7)
二、心肌细胞产生的电流与图形描记	(8)
三、心脏的除极、复极特点和心电图图形描记	(8)
四、探测电极位置、电流方向与描记图形关系	(9)
五、心电向量	(9)
第二节 心电图各波段的组成和命名	(11)
一、心电图各波段的组成	(11)
二、心电图各波段的命名	(12)
三、QRS波各种变化类型的命名	(12)
第三节 心电图导联体系	(13)
一、心电图的标准导联体系	(13)
二、心电向量图和它的导联体系	(16)
三、正常心电图的图形特征	(18)
第三章 心电图机及其应用	(21)
第一节 心电图机的发展	(21)
第二节 单导联心电图机	(21)

一、单导联心电图机类型	(21)
二、单导联心电图机操作使用注意事项	(22)
第三节 多道心电图记录仪	(23)
一、多道心电图记录仪的共同特点	(23)
二、12 导联同步心电图记录仪	(23)
三、12 导联同步心电图机类型	(24)
四、12 导联同步心电图描记	(24)
第四节 心电图机的维护	(26)
第四章 心电图的测量和正常数据	(27)
第一节 各波振幅和各波段时间的测量方法	(27)
一、心电图描记纸规格和振幅、时间的设定	(27)
二、各波振幅的测量	(27)
三、各波段时间的测量	(28)
第二节 各波振幅和各波段时间的正常数据	(28)
第三节 心率的计算方法	(30)
第四节 平均心电轴	(30)
第五节 心电图图形循长轴转位	(32)
一、顺钟向转位	(32)
二、逆钟向转位	(32)
第六节 心电位	(33)
一、心电位的判定方法	(33)
二、心电位的意义	(34)
第七节 儿童心电图的特点	(34)
第五章 心电图的阅读分析与报告书写	(35)
第一节 心电图的阅读分析	(35)
一、心电图阅读分析基本原则	(35)
二、心电图阅读分析的步骤与方法	(36)
第二节 心电图的报告书写	(37)
一、心电图报告书写原则	(37)
二、心电图报告书写内容和样式	(37)
第六章 心房、心室肥大的心电图特征	(39)
一、心房肥大	(39)
二、心室肥大	(41)
第七章 心肌缺血	(44)
第一节 心肌缺血的心电图类型	(44)
一、缺血型心电图特征	(44)
二、损伤型心电图特征	(45)
第二节 损伤型 ST 段的测量方法	(47)

第三节 心肌缺血的临床意义	(48)
第八章 急性心肌梗死	(49)
第一节 冠状动脉供血特点与心肌梗死的定位	(49)
一、冠状动脉供血特点	(49)
二、心肌梗死的定位	(50)
第二节 心肌梗死的心电图特征	(50)
第三节 急性心肌梗死的心电图分期	(51)
一、早期(超急性期)	(51)
二、急性期	(52)
三、近期(亚急性期)	(52)
四、陈旧期(愈合期)	(52)
第四节 心肌梗死的定位诊断和梗死范围判断	(53)
第五节 急性无 Q 波心肌梗死	(57)
第六节 心肌梗死的临床意义	(58)
第九章 心律失常	(59)
第一节 概论及进展	(59)
一、心律失常的基本类型	(59)
二、心律失常的分类	(59)
三、心律失常的诊断方法	(61)
四、其他技术和方法在诊断心律失常中的应用	(61)
五、心律失常的治疗	(62)
第二节 窦性心律失常	(63)
一、窦性心动过速	(63)
二、窦性心动过缓	(63)
三、窦性心律不齐	(64)
四、窦性停搏	(65)
五、窦房结内游走心律	(65)
六、病态窦房结综合征	(66)
第三节 期前收缩	(66)
一、房性期前收缩	(67)
二、交界性期前收缩	(68)
三、室性期前收缩	(68)
第四节 异位心动过速	(70)
一、阵发性室上性心动过速	(70)
二、室性心动过速	(72)
三、非阵发性心动过速	(72)
四、扭转型室性心动过速	(73)
第五节 扑动与颤动	(73)

一、心房扑动	(74)
二、心房颤动	(74)
三、心室扑动	(75)
四、心室颤动	(75)
第六节 心脏传导阻滞	(76)
一、窦房阻滞	(76)
二、房内阻滞	(77)
三、房室传导阻滞	(77)
四、室内阻滞	(78)
第七节 干扰与脱节	(82)
第八节 预激综合征	(83)
一、WPW 综合征	(83)
二、LGL 综合征	(83)
三、Mahaim 型预激综合征	(83)
四、预激综合征的临床意义	(84)
第九节 逸搏和逸搏心律	(84)
一、房性逸搏	(85)
二、交界性逸搏	(85)
三、室性逸搏	(85)
四、交界性逸搏心律	(86)
五、室性逸搏心律	(86)
六、左房心律	(86)
七、冠状窦心律	(87)
八、逸搏和逸搏心律的临床意义	(87)
第十章 其他常见心脏病心电图改变	(88)
第一节 急性心包炎	(88)
第二节 病毒性心肌炎	(88)
第三节 原发性心肌病	(88)
第四节 Q—T 间期延长综合征	(89)
第十一章 电解质紊乱和常用抗心律失常药物对心电图的影响	(91)
第一节 电解质紊乱对心电图的影响	(91)
一、高钾血症	(91)
二、低钾血症	(92)
三、高钙血症	(92)
四、低钙血症	(92)
第二节 常用抗心律失常药物对心电图的影响	(93)
一、洋地黄	(93)
二、奎尼丁	(93)

三、普萘洛尔	(94)
第十二章 心电图测验试题	(95)
第一节 问答题及参考答案	(95)
第二节 选择题	(102)
第三节 选择题参考答案及题解	(115)
第四节 阅图题	(122)
第五节 阅图题参考答案	(136)
附表 I、Ⅲ导联 QRS 波测定心电轴表	(138)

第一章 心脏的传导系统和心脏生理、电生理基本知识

心脏(heart)位于中纵隔内,外面被心包包裹,居于胸腔中部偏左。生理状态下,心脏有节律的跳动,其形态、大小、位置随着个体的体形和呼吸状态而改变,瘦长型的人心脏多为垂直位,于深吸气时明显,肥胖体型者心脏多为水平位。正常成人心脏一般稍大于本人的拳头,其2/3居于正中线的左侧,1/3位于正中线的右侧。心脏的前方是胸骨体和第2~6肋软骨,后方是第5~8胸骨体的前方,下面是横膈,上面与大血管相连,左右两侧分别与同侧的纵隔胸膜和肺相接。

第一节 心脏的传导系统

心肌细胞分为两类:一类是具有舒缩功能的一般心肌细胞,构成心脏的心房肌和心室肌;另一类是特殊分化的心肌细胞,由P细胞、过渡细胞和Purkinje细胞等组成,它们聚集成结和束,能自动产生兴奋和传导兴奋。在传导系统产生并传导兴奋的带动下,心房和心室的一般心肌细胞得以进行有节律的舒缩,故心脏传导系统的病变可引起心律失常。

一、心脏传导系统的组成

如图1-1所示,传导系统是指:①窦房结(sinuatric node)。②心房内的传导束,包括结间束(连接窦房结和房室结的纤维束)和房间束(连接左、右心房的纤维束,是前结间束的分支)。③房室交界区,包括房室结(atrioventricular node)、结间束的进入部和房室束(atrioventricular bundle)。④心室内的传导束,包括房室束的一部分,左束支(left bundle branch)、右束支(right bundle branch)及其分支和心内膜下的Purkinje纤维网。⑤副传导束,包括房室副束(又称Kent束,始于心房,越经左、右房室间的纤维环止于心室肌的纤维)、结室副束和束室副束(又称Mahaim纤维,分别起自房室结、房室束和束支主干到室间隔的传导纤维)、旁路纤维(又称Jame旁路,从结间束连接到房室结下部或到达房室束的纤维)。

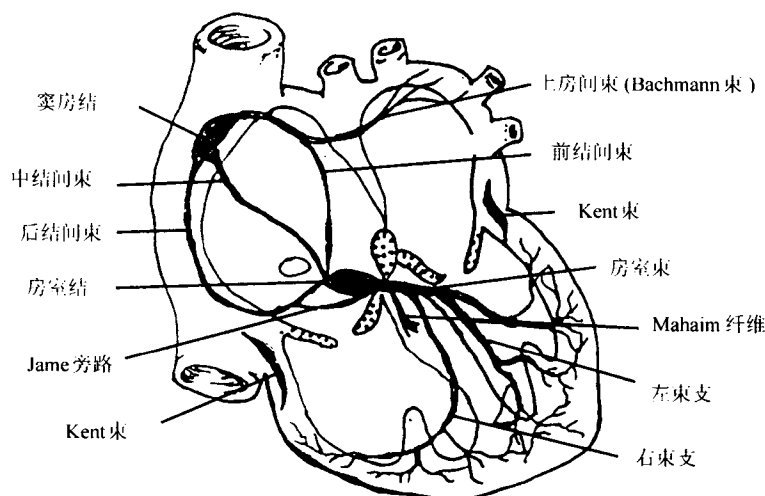


图 1-1 心脏传导系统模式图

二、心脏传导系统的构造

(一) 窦房结

窦房结(sinuatrtrial node)是正常的起搏点,由它产生“窦性心律”。窦房结位于上腔静脉与右心房交界处,结约位于心外膜下 1mm 左右,一般长约 15mm,厚 1.5mm 左右。窦房结的主要细胞有两种:①结细胞:主要位于结的中央部,色苍白(pale),因具有起搏作用(pacemaker),故又称为“P 细胞”。②过渡型细胞:位于结细胞的外周,它连接于结细胞和普通心肌细胞之间,是窦房结内的传导细胞。

(二) 结间束

结间束由前、中、后结间束组成。①前结间束:起自窦房结的上端,向左经过上腔静脉的前方和右心房前壁,分成两束,一束延续为上房间束至左房前壁,又称之为 Bachmann 束,是房间传导的主要纤维束;另一束弯向后,进入房间隔,在卵圆窝前下方进入房室结的上缘。②中结间束:由窦房结的后上缘发起,向右绕过上腔静脉的后方进入房间隔,往下与前结间束融合,下行止于房室结的上端。③后结间束:发自窦房结后缘,向下经下腔静脉瓣,跨过冠状窦口的上方到达房室结的后上端,该束沿途有分支散布于右心房壁。

(三) 房间束

房间束由上房间束和下房间束组成。①上房间束:即 Bachmann 束,它发自窦房结前端,向左横行达左心房前壁和左心耳的心肌内,它是房间传导的主要纤维束。②下房间束:有三组结间束,在房室结的上方相互交织,并发出分支与房间隔左侧面的左心房心肌纤维相连。

(四) 房室交界区

房室交界区 (atrioventricular junction region) 又称为房室结区 (atrioventricular nodal region), 它由房室结、房结区和结束区组成。①房室结: 呈扁椭圆形, 大小约 $6\text{mm} \times 3\text{mm} \times 1\text{mm}$, 它由三层细胞组成, 后上部由移行细胞交织成网, 中部由上结细胞(固有细胞)组织成致密结并形成致密束, 前下部则由下结细胞层(和房室束相连的细胞层)构成一束纤维, 前连房室束。②房结区: 房室结的心房扩展部由房室结的后上方散发出数条肌束, 分别到达冠状窦口和房间隔。前、中、后结间束的纤维在此区交织, 一部分纤维进入房室结后上部(来自前结间束和中结间束), 另一部分纤维进入房室结的下部或房室束(来自后结间束的纤维绕过房室结的主体), 这一小部分纤维又称旁路纤维(Jame 纤维)。③结束区: 它从房室结的深面前端下延而来, 在心内膜下向前下行, 经过室间隔膜部的后下缘, 至室间隔肌部的顶上, 最后分叉为左、右束支。

(五) 房室束

房室束的室内部可分为归于结束区的未分叉部和分叉部。分叉部是左、右束支的起始部。①左束支: 左束支呈宽短扁带状, 由房室束分出, 经主动脉右、后半月瓣交界处的下方心内膜下, 沿室间隔左心室侧心内膜下下行, 于室间隔左侧面的中、下 $1/3$ 交界处分叉散开。左束支在左心室内可划分为三组, 即前组(左前分支)、后组(左后分支)和间隔组(间隔支)。左前分支分布于前乳头肌、左心室前壁和侧壁; 左后分支分布到后乳头肌和左室后壁; 间隔支主要分布于室间隔。②右束支: 右束支主干是一个单一的细长束, 从房室束分出后沿室间隔右心室侧的心内膜深面弯向前下方, 最后分散在心内膜下交织成网状而分布于右心室壁内。它也可分为三组: 即前组, 分布于右心室前游离壁; 后组, 是主干的终末支, 分布于室间隔后下部和右心室游离壁后部; 间隔组, 分布在室间隔右心室侧的下部和前隔旁区内肉柱。③Purkinje 纤维网: 左、右束支在心室壁内膜下交织成 Purkinje 纤维网, 再深入到心室肌层形成心肌内网, 由于 Purkinje 纤维网的传导速度很快, 它可以使心室肌同步激动而使心室同步舒缩。

(六) 副传导束

心房和心室间兴奋的传导除了正常的房室束外, 少数人还可能出现变异的连接于心房和心室间的旁路束, 即副传导束, 目前已发现的副传导束有: 房室副束(又称 Kent 束)、结室副束和束室副束(又称 Mahaim 纤维)、房结旁路束和房希旁路束(又称 Jame 旁路)。

三、心脏传导系统的功能

心脏传导系统既有传导功能又有起搏功能。窦房结位于心的最高处, 是心脏正常活动的起搏点。由窦房结发出的起搏冲动, 通过房内传导束较快地激动心房肌引起心房收缩, 同时经结间束(internodal tract)较快的传至房室结。冲动在房室结内传导变慢而发生一定时间的延搁, 然后经房室束及左、右束支迅速传到心室, 使心室肌收缩, 因此心脏的兴

奋与收缩是按一定频率和一定顺序进行的,即心房先兴奋和收缩然后才是心室兴奋和收缩。副传导束是不正常的传导束,它与预激的发生有关。房室结是心脏传导系统在心房与心室之间的连接部分,是冲动由心房向心室传导的必经之路,也是心脏重要的次级起搏点。除了房室结有起搏功能外,房间束、结间束和 Purkinje 纤维也有起搏功能,这些起搏点是心脏的潜在起搏点。在正常生理状态下,心脏的活动由窦房结控制,房间束、结间束、房室交界区和 Purkinje 纤维则是潜在的起搏点,当上一级起搏点(如窦房结)功能减退或传出阻滞后,次级起搏点(如房室结)便取而代之。因此,心脏的潜在起搏点对心律和心率的维持有着重要的保护作用。

第二节 心脏的生理

心脏就像一个泵,通过心肌有节律的收缩与舒张推动血液在血管内不断循环。心肌这种有节律的收缩与舒张,是通过心脏传导系统自动发生冲动和传导冲动完成的。

一、自律性

心脏在不依赖外来刺激的情况下,就能够自动地、有节律的发生冲动。心脏的这种生理学特性称为自律性。心脏传导系统的各个部分均有自动产生冲动的特性,但其冲动的强度和频率不同。正常情况下,窦房结的冲动频率是 60~100 次/分;房室交界区较低,约 40~60 次/分;房室束以下更低,约 20~40 次/分。窦房结是心脏的正常起搏点,起源于窦房结的心律称为窦性心律。当窦房结自律性降低或传出阻滞后,房室交界区或其他有自动发生冲动的组织便发放冲动,暂时或永久替代窦房结的起搏功能,这样所产生的心脏节律称为异位心律。房室交界区的自律性明显比窦房结低,但仍较其他潜在起搏点高,因此房室交界区称为第二级起搏点,心室内的潜在起搏点则是第三级起搏点。

心脏的自律性可以受到心外因素的影响。如交感神经兴奋性增高、副交感神经兴奋性降低、血中儿茶酚胺增加、低血钾、高血钙、缺氧、酸中毒及拟交感神经药物等,可使心脏的自律性增高,而交感神经兴奋性降低、副交感神经兴奋性增高、血中儿茶酚胺减少、高血钾、低血钙、碱中毒及拟副交感神经药物等,可使心脏的自律性降低。

二、兴奋性

心肌细胞对刺激发生反应的性能称为兴奋性。能够引起心脏发生兴奋的最低刺激为阈刺激。阈刺激越高说明心肌兴奋性越低,阈刺激越低则表明心肌兴奋性越高。心肌的兴奋性,随着心动周期的变化而变化,依其反应顺序大致可以分为反应期、绝对不应期和相对不应期。

(一) 反应期

反应期(response period)是指心肌对刺激呈现正常反应的时期。在此时期,任何阈值

以上的刺激,都能使心肌产生反应,这种反应是全有或全无的反应,它与刺激强度无关,但反应强度则是一样的。

(二) 绝对不应期

在反应期之后的一段时间内,心肌对任何强度的刺激都不发生反应,称为绝对不应期(absolute refractory period)。在绝对不应期之后的很短时间内,心肌对刺激仅发生局部反应,这个时期与绝对不应期合称为有效不应期。

(三) 相对不应期

绝对不应期之后的一段时间内,心肌的反应性大部分得到了恢复,但仍较正常为低,称为相对不应期(relative refractory period)。在此时期,当强于阈值以上的刺激,心肌对刺激虽产生反应,但反应强度明显低于正常,可表现为传导速度减慢和心肌收缩力减弱。

绝对不应期和相对不应期合称不应期。不同的心肌组织不应期长短也不同,心房的不应期最短,其次是心室肌,最长的是房室交界区和传导纤维。

三、传 导 性

所有心肌细胞和传导束都有传导兴奋的能力,但不同类的组织其传导速度和传导性能有所不同。Purkinje 纤维传导性能最好,传导速度也最快,约 4000mm/s,其传导速度比心室肌快 10 倍以上。房室结的传导性能最弱,传导速度也最慢,而且只允许由心房至心室的单向传导,逆向传导中断。由于激动在房室结的传导速度缓慢,心房的收缩总是在心室之前,这样就保证了心房、心室的顺序收缩。

四、收 缩 性

心脏通过心肌有规律的收缩和舒张实现泵血的功能。在正常情况下,窦房结自动产生的冲动传导到心房和心室后,通过兴奋-收缩耦联,使心肌细胞内部由收缩蛋白组成的肌丝相互滑行,形成心肌细胞的纵向缩短,在心脏总体表现为心肌纤维的收缩,心脏缩小。心脏每收缩与舒张一次形成一个心动周期。正常成人心室每个心动周期搏出的血液约 60~80ml,每分钟搏血约 5000~6000ml。

第三节 心脏的电生理

一、静 息 电 位

在正常情况下,心肌细胞内液 K^+ 浓度是细胞外液的 20~30 倍,而细胞外液 Na^+ 浓度则又是细胞内液的 10~20 倍。在静息状态下,细胞膜只对 K^+ 有通透性,细胞内液 K^+ 外移,留下蛋

白质负离子在细胞内,这样就在细胞膜形成了内负外正的电位差。静息状态下,细胞内外的电位差,称为静息电位。心肌细胞内静息电位为 -90mV ,细胞处于极化状态。

二、动作电位

(一) 除极

[0]相:细胞受到阈值以上的刺激后,先使膜电位下降到阈值水平的 -75mV ,此时细胞膜的钠通道开放,对 Na^+ 的通透性忽然增大 500 倍,大量 Na^+ 进入细胞内,膜内电位由 -90mV 骤升到 $+30\text{mV}$,即细胞的除极化(depolarization)。如图 1-2 所示。

(二) 复极

[1]相:心肌细胞除极完毕后开始复极化。此时细胞膜的钠通道关闭, Na^+ 内流迅速减少并停止,与此同时, Cl^- 内流,细胞内电位开始降低。这个时期是复极的早期,称为复极(repolarization)1期(图 1-2)。

[2]相:复极 1 期之后,钙通道开放, Ca^{2+} 缓慢内流与 Cl^- 内流达到动态平衡,形成平台期。这个时期是缓慢复极期,称为复极 2 期(图 1-2)。

[3]相:复极 2 期后,离子内流通道关闭(包括 Cl^- 和 Ca^{2+}),离子外流通道则开放, K^+ 顺浓度差大量外流,使细胞内电位由正急剧变负,并达到静息电位水平。这个时期是快速复极末期,称为复极 3 期(图 1-2)。

[4]相:复极 3 期之后,钠-钾泵开始工作,使细胞内外的阴阳离子浓度重新恢复到除极前的水平。这个时期是静息期,称为复极 4 期(图 1-2)。

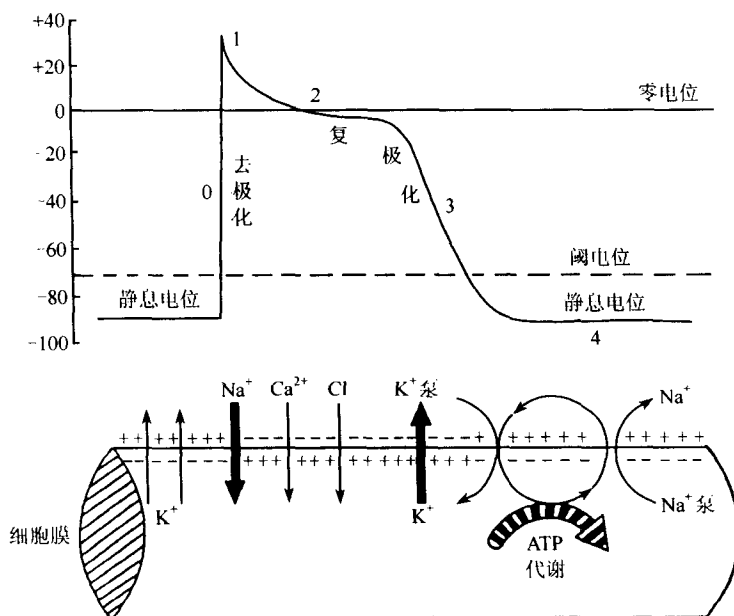


图 1-2 动作电位时相和离子活动示意图

第二章 心电图基本知识

1887年,A.D. 沃勒证明了跳动的的心脏能够产生电流,但他并没有将它记录下来的仪器。1903年,Einthoven 制造了一个仪器,其敏感性足以测出电脉冲。这种仪器叫做“弦线电流计”,它有一根很细的镀银石英线,悬挂在电磁铁的两极之间。当心脏的电流通过这根电线时,它就会发生摆动,摆动的轨迹被记录在运动的制图板上。ECG 是英文中心电图 electrocardiogram 一词的缩写。它记录了心脏的电流变化,由于它能够在临床被用于多种心脏疾病的诊断,如心律失常和心肌损害等,这门技术学科被长期应用并得到了长足的发展。

第一节 心电图产生原理

一、心肌细胞电流的产生

心肌细胞在除极和复极过程中,由于在心肌细胞两端出现了电位差而形成电流。如图 2-1 所示,在静息状态下,细胞膜外带正电荷,细胞膜内为负电荷,细胞膜内外的电位差

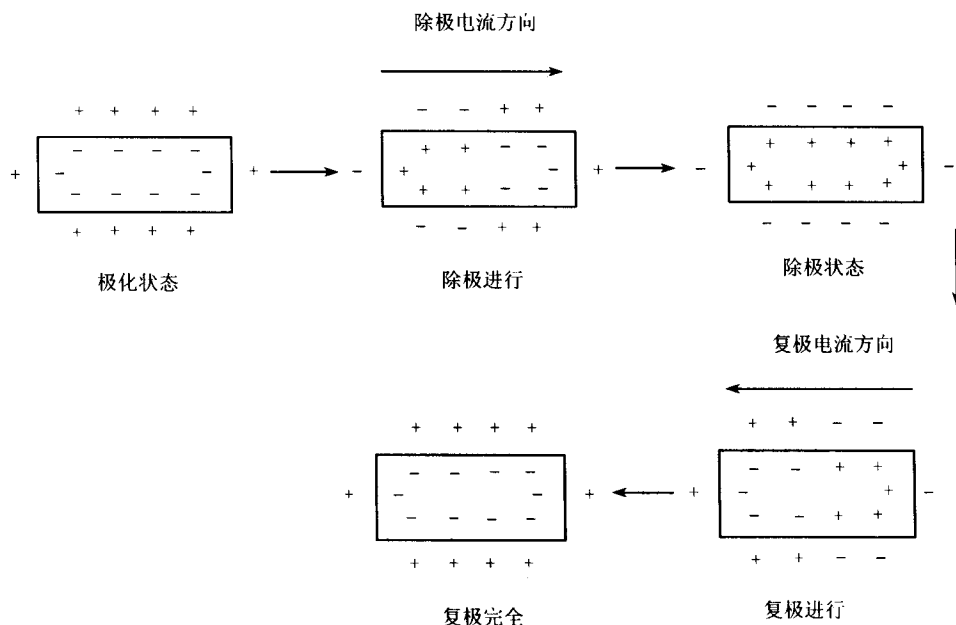


图 2-1 心肌细胞的除极与复极