

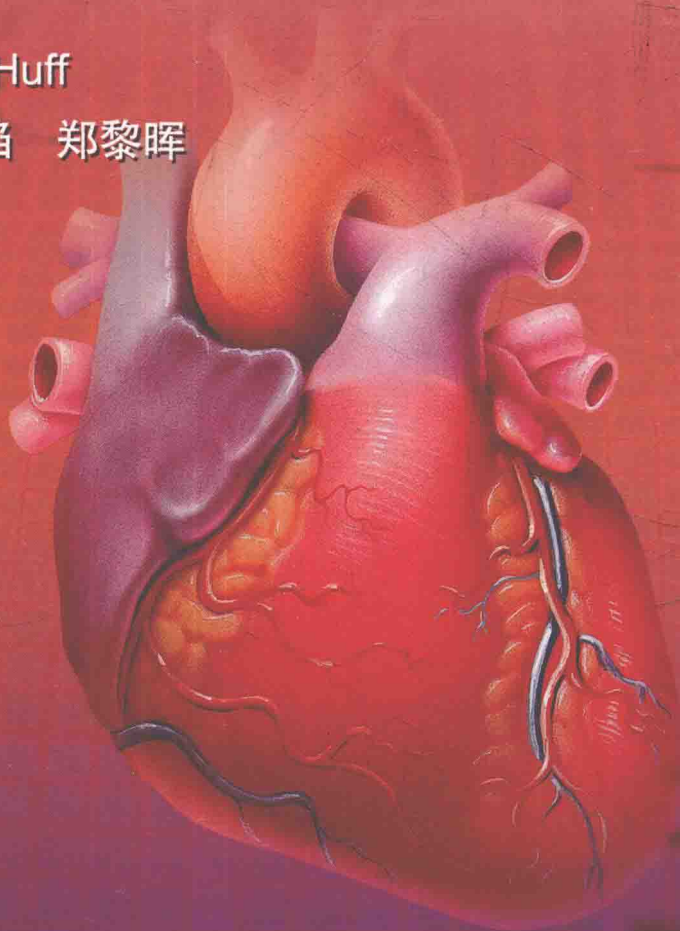
心律失常心电图 临床解读

中文翻译版
原书第6版

ECG Workout
Exercises in Arrhythmia Interpretation

原著者 Jane Huff

主译 姚 焰 郑黎晖



科学出版社

中文翻译版

心律失常心电图 临床解读

ECG Workout Exercises
in Arrhythmia Interpretation

原书第6版

原著 Jane Huff

主译 姚 焰 郑黎晖

译者 (以姓氏笔画为序)

丁立刚 乔 宇 孙 巍 张 澍

郑黎晖 赵明昊 侯炳波 姚 焰

郭金锐 潘凤超 糜家睿

科学出版社

北 京

图字：01-2017-5312

内 容 简 介

本书共 11 章,详述了心脏解剖和生理学,心电图的电生理学基础,心电图的组成,以及心电监测、导联系统、导联放置、导联模拟和心电监测故障等,并通过心电图实例,讲授一种递进式心电图分析法,以及各种心律失常的心电图表现、病因和治疗,“高级心脏生命支持指南”内容穿插在各个心律失常章节中进行论述,每个心律失常章节均包含约 100 道自我测验练习题,书后附有自我测验综合实例练习。

本书简洁明了,配有大量插图、表格和心电图实例,实用性强,不仅是医师、护士、医学院校学生、辅助护理人员、急诊室工作人员、心电遥测工程师等了解心律失常基础知识的实用参考书,也是掌握心电图临床技能的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

心律失常心电图临床解读:原书第 6 版/(美)赫夫(Jane Huff)著;姚焰,郑黎晖主译. —北京:科学出版社,2018.1

书名原文:ECG Workout Exercises in Arrhythmia Interpretation

ISBN 978-7-03-055488-8

I. ①心… II. ①赫… ②姚… ③郑… III. ①心律失常—心电图—图解 IV. ① R541.704-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 281359 号

责任编辑:路 弘/责任校对:张小霞

责任印制:赵 博/封面设计:龙 岩

版权所有,违者必究,未经本社许可,数字图书馆不得使用

Jane Huff. ECG workout: exercises in arrhythmia interpretation, 6th ed.

ISBN: 978-1-4511-1553-6

Copyright © 2011 by Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business. All rights reserved.

This is a Chinese translation published by arrangement with Lippincott Williams & Wilkins/ Wolters Kluwer Health, Inc., USA.

本书限中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾)销售。

本书封面贴有 Wolters Kluwer Health 激光防伪标签,无标签者不得销售。

本书中提到了一些药物的适应证、不良反应和剂量,它们可能需要根据实际情况进行调整。

读者须仔细阅读药品包装盒内的使用说明,并遵照医嘱使用,本书的作者、译者、编辑、出版者和销售商对相应的后果不承担任何法律责任。

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 12 月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2017 年 12 月第一次印刷 印张:21 1/4

字数:550 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

译者简介



姚 焰 主任医师，教授，博士生导师，中国医学科学院阜外医院心律失常中心副主任，二病区主任。协和学者特聘教授、享受国务院政府特殊津贴。入选国家百千万人才工程，被授予“突出贡献中青年专家”荣誉称号。美国心律协会会员，亚太心律学会学术导师。

姚焰教授长期侧重复杂、疑难心律失常，包括各种房性心动过速、房扑、房颤、室速、晕厥、室上速的消融治疗研究，尤以外院失败或无法治疗的复杂疑难患者为主。常年保持每年完成 1000 例以上的各种复杂疑难病例的消融，累计手术已超过 15 000 例。在难度最高的器质性室速消融方面、房颤、Brugada 综合征、室颤及血管迷走性晕厥等导管消融治疗方面均取得国际独创性成就。承担多项国家“十五”“十一五”“十二五”“十三五”科研项目、自然科学基金研究项目多个国际及多中心研究课题。兼任数家国际及国内权威心脏病学术期刊编委或审稿人，担任中国生物医学工程学会心脏起搏与电生理学分会副主委，中国医师学会心律专业委员会总干事，中华医学会心电生理和起搏分会房颤、室速工作委员会副主任，还担任全军心律失常中心、北京儿童医院心脏中心、空军心脏病中心、美国明尼苏达大学等国内外十多家医院名誉主任和客座教授。

郑黎晖 中国医学科学院阜外医院心内科副主任医师、副教授，医学博士。中国生物医学工程学会心律分会女性心律失常工作委员会委员。

郑黎晖副教授长期侧重于房颤、室上速、室性期前收缩、室速等心律失常及血管迷走性晕厥的导管消融治疗，并致力于心律失常的临床机制研究，在房颤的炎症机制和血管迷走性晕厥的治疗机制方面取得了系列的科研成果，以第一作者发表 SCI 及核心期刊论文近 30 篇，主持国家自然科学基金 1 项。为“十三五”重大项目的科研骨干，参加“十一五”“十二五”科研项目“首都临床特色应用研究”等。



原著前言

《心律失常心电图临床解读》（第6版）不仅是医师、护士、在读医学生、辅助护理人员、急诊室工作人员、心电遥测工程师等了解心律失常基础知识的一本实用参考书，也可作为心电图临床应用的工具书。

本书语言简洁，并配有大量插图、表格和心电图实例，可读性强。章节之间衔接紧密，读者能迅速理解并掌握心电图的基本概念。本书不仅有高水平的心电图解析，还提供了丰富的心电图实战练习以帮助读者加深对心电图的理解。本版共有600多个心电图实战练习，远超过已上市的同类书籍。

第1章论述心脏解剖和生理学。第2章论述心电图的电生理学基础。第3章论述心电图的组成（波形、间期、段等），并提供了实例练习。第4章论述心电监测、导联系统、导联放置、导联模拟和心电监测故障等。第5章通过心电图实例，讲授一种递进式心电图分析法。第6~9章分别论述各种心律失常的心电图表现、病因和治疗。“高级心脏生命支持指南”内容穿插在各个心律失常章节中进行论述，每个心律失常章节均包含约100道自我测验练习题等。第10章分析了起搏心电图。第11章提供自我测验的综合实例练习。

本版经过修订，扩充了新的插图、表格、术语及心电图分析技能训练。每部分心电图技能训练不仅测试该章节的知识，还包括之前章节的内容。例如，第7章的心电图实例练习不仅包含房性心律失常，还包括了第6章论述的窦性心律失常；第8章交界性心律失常和房室传导阻滞的练习不仅包括交界性心律失常和房室传导阻滞，还有房性和窦性心律失常；第9章主要论述室性心律失常、束支阻滞、分支阻滞，但也兼顾了从第6~9章的所有心律失常。通过这些综合实例练习，会显著提高读者对不同心律失常的鉴别诊断水平，尤其适合考前训练。

作者和出版社对全书尤其是涉及药物剂量和诊疗方案等部分进行了仔细而全面的校正，力求减少疏漏。医学知识不断更新，只有保持不断学习，才能与时俱进。

目 录

第 1 章 心脏解剖和生理	1
第 2 章 心脏电生理	7
第 3 章 波形、间期、段和波群	12
第 4 章 心电监测	23
第 5 章 心电图节律的分析	31
第 6 章 窦性心律失常	39
第 7 章 房性心律失常	71
第 8 章 交界性心律失常和房室传导阻滞	114
第 9 章 室性心律失常及束支传导阻滞	160
第 10 章 起搏心电图	207
第 11 章 课后测验	230
附录 A 习题答案	258
附录 B 练习题及答案	313
附录 C 心电图心率转换表	331

第1章

心脏解剖和生理

一、心脏的概述与位置

心脏是一个中空的、四腔的由肌肉组成的器官，位于胸腔的中部、左右肺之间、胸骨之后、脊柱之前及横膈之上（图1-1）。心脏的最高处（心底部）约位于第2肋间水平，最低处（心尖部）由左室心尖部组成，位于横膈之上左锁骨中线第5肋间，因此，在心脏收缩时心尖部可被触及。这个体格检查的标志被称为心脏最强搏动点，可提示心脏在胸腔内的位置。

心脏总体向左向前倾斜，因此右心偏前。大约2/3的心脏位于左侧胸腔，1/3位于右侧胸腔。成人心脏平均约12cm长，8~9cm宽，6cm厚，略大于正常大小的拳头。心脏的重量为200~425g。心脏的大小和重量受年龄、体重、体型、是否长期锻炼及有无心脏疾病的影响。

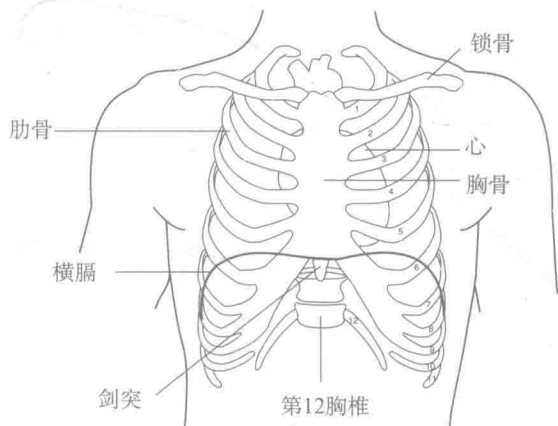


图1-1 心脏在胸腔内的位置

二、心脏的功能

心脏是人体里工作强度最高的器官，它的主要功能是作为一个泵推动血液循环，提供机体需要的氧和营养物质。平均每天心脏跳动超过10万次。在人的一生中，心脏平均需要跳动超过30亿次。

心脏可以调节自身泵血功能以满足机体需要。当机体需要增加时，如体育锻炼时，心脏通过提升心率泵出更多的血。当需要减少时，如睡眠时，心率会下降，以减慢机体血液循环速率。

心脏由以下结构组成。

1. 四个心腔 两个心房接收进入心脏的血液；两个心室泵出心脏的血液。
2. 四个瓣膜 用来控制心脏的血流。
3. 一套电传导系统 对心肌发放电冲动，引起肌肉收缩。

三、心脏的表面

一般将心脏表面分为4个部分：前壁、后壁、下壁和侧壁（图1-2），分别位于心脏的前面、后面、下面和侧面。

四、心脏壁的结构

心脏壁分为3层（图1-3）。

1. 心包 心脏的最外层。
2. 心肌 心脏中间的肌肉层。
3. 心内膜 心脏的最内层。

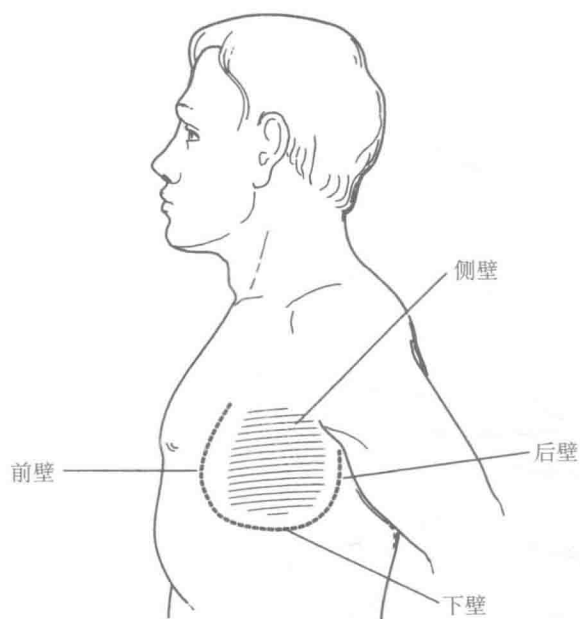


图 1-2 心脏表面

包绕并保护心脏的为心包，它由最外层的纤维心包，以及内层呈双层并伴有浆液分泌功能的浆膜心包组成。外层的纤维心包直接与覆盖其上的肺部胸膜接触，在下方则与横膈中心相连，在前方靠近胸骨，后方靠近食管、气管及主支气管。纤维心包将心脏固定在胸腔内，防止其移动。浆膜心包是一个连续性的膜性组织，分两层：壁层心包位于纤维心包内侧，脏层心包位于心肌外表面（也称心外

膜）。这两层之间的间隙称为心包间隙，即心包腔，其内通常充满10～30ml由浆膜心包分泌的稀薄、清亮的液体（心包液）。心包液的主要功能是润滑、减轻心脏搏动时产生的摩擦。在某些情况下，大量的心包液、血液或者其他分泌液可以进入心包腔，影响心室充盈及心脏收缩。

心肌组织较厚，位于心壁的中间部分，是心脏的各壁的组成部分之一。心肌主要由心肌细胞组成，主要负责心脏的收缩功能。不同心腔组织的心肌厚度不一，其心肌厚度必须能承受心脏泵血的冲击。

心内膜是一层较薄的组织，覆盖在心腔及心肌内表面。心内膜的延伸和折叠组成了心脏的瓣膜系统。

五、循环系统

循环系统为机体提供了持续的血流，它是一个封闭的系统，由心脏和血管组成。

循环系统由两个独立的循环组成，包括体循环和肺循环。体循环是一个较大的循环，包括左心系统和外周血管，将富氧的血液输送至机体，再将低氧的血液输送回右心。肺循环是一个较小的循环，包括右心系统和肺血管，将低氧的血液输送至肺部，再将富氧的血液输送回左心。两个循环互相交替，使血液不断从一个循环输送至另一个循环。

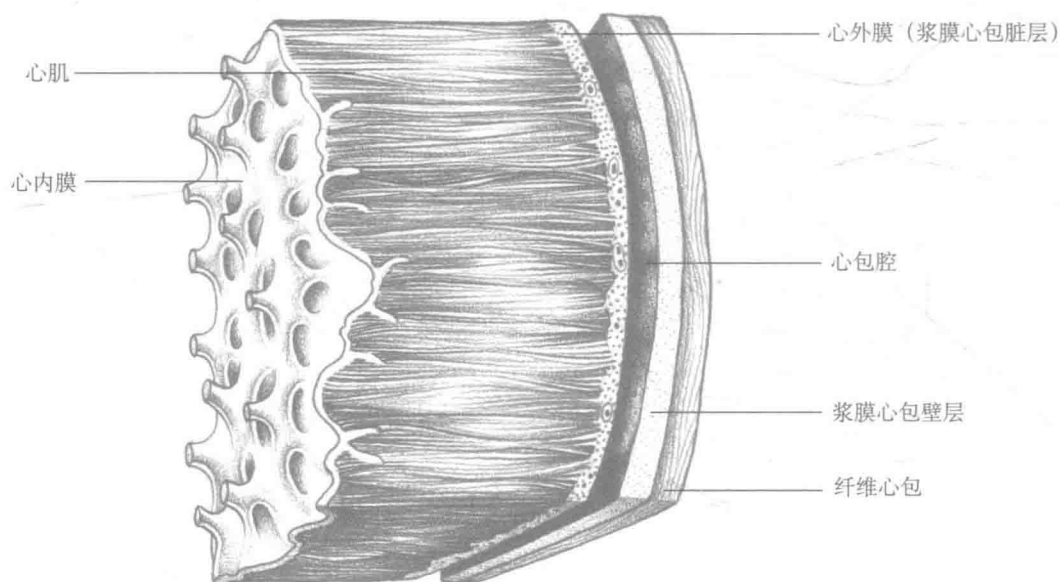


图 1-3 心脏壁

六、心腔

心脏内部由四个空腔组成(图1-4)。两个上腔是由房间隔分隔的左心房及右心房。两个下腔是由较厚一点的室间隔分隔的左心室及右心室。两个间隔把心脏分为左心及右心两套系统。

右心将静脉血(低氧)通过肺动脉泵入肺部(图1-5),在肺泡内氧气和二氧化碳进行交换,动脉血(富氧)通过肺静脉进入左心。左心泵出动脉

血到体循环,在各个器官、组织及细胞内氧气和二氧化碳进行交换,然后静脉血再次回到右心。体循环内血流可归纳为:动脉从心脏输出富氧的血液,静脉把低氧的血液输回心脏。肺循环则刚好相反:肺动脉把低氧的血液输入肺部,肺静脉将富氧的血流输回左心。

每个心腔壁的厚度与该心腔工作负荷有关。左右心房都是低压腔,作为收集血液的储存器,为心室的收缩做准备。它们可以对血液的流动施加一个较小的压力。因此,心房壁相对较薄。右心室壁比心房壁厚,但远比左心室壁薄。对右心室而言,仅需要克服相对低的压力泵出血液,而且泵血的距离也相对较短。左心室壁在心腔内最厚,是因为左心室必须克服较大的压力(体循环血压)通过主动脉瓣把血液泵出。

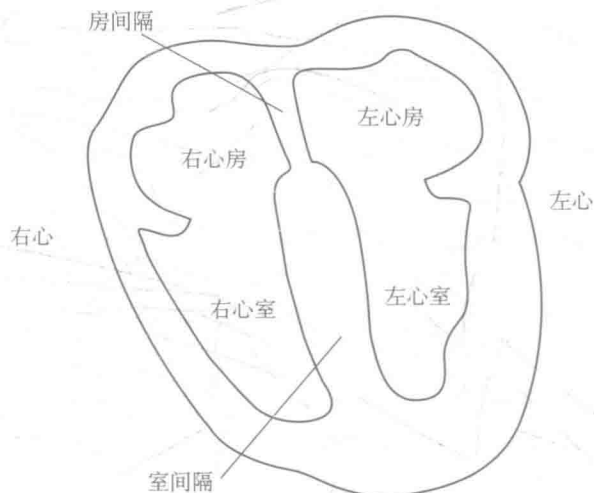


图1-4 心室腔

七、心脏瓣膜

心脏有四个瓣膜:①三尖瓣,分隔右心房与右心室;②肺动脉瓣,分隔右心室与肺动脉;③二尖瓣,分隔左心房与左心室;④主动脉瓣,分隔左心室与主动脉(图1-5)。瓣膜主要起阀门的作用,使血液在心腔内单向流动,阻止血液反流。心腔内压力的改变控制着瓣膜的开放。

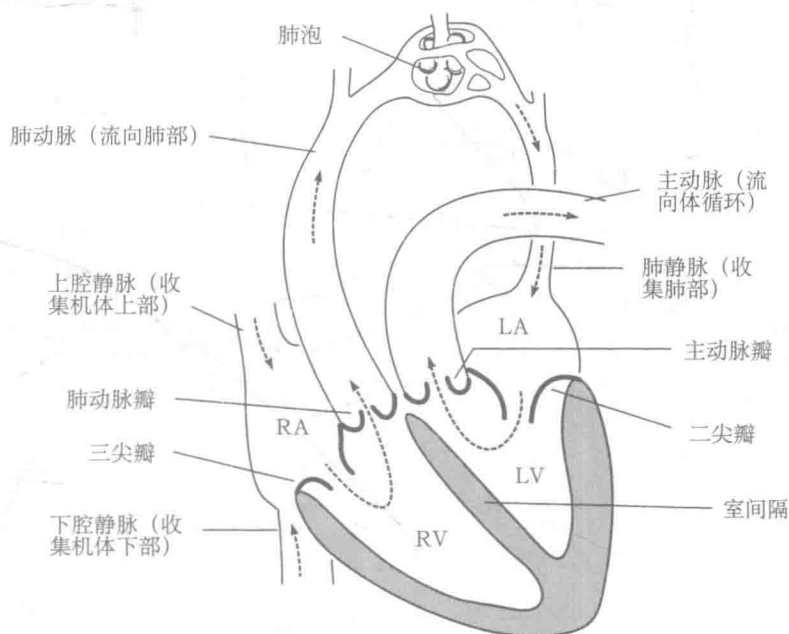


图1-5 心室腔、瓣膜、血流

RA. 右心房; LA. 左心房; RV. 右心室; LV. 左心室

三尖瓣和二尖瓣分隔心房与心室，又称为房室瓣。房室瓣充当血液流入心室的阀门。三尖瓣由三个分离的瓣叶组成，直径及厚度均比二尖瓣大。三尖瓣使血流由右心房单向流向右心室。二尖瓣只有两个瓣叶，使血流由左心房单向流向左心室。两个瓣膜均被牢固的纤维环（瓣环）包绕。房室瓣的瓣叶与较细的纤维索带相连，这些索带称为腱索（图1-6）。腱索连在乳头肌上，乳头肌从心室的侧壁及底部发出。在心室舒张期间，房室瓣开放，瓣叶、腱索、乳头肌形成一个漏斗状结构，使血液流入心室。随着心室的收缩，心室内压力增加，房室瓣关闭。由于乳头肌收缩，腱索绷紧而阻止血液倒流至心房。腱索或者乳头肌功能不全可引起房室瓣关闭不全。这导致了血液从心室反流至心房，导致心功能损害。心脏的第一心音是由二尖瓣及三尖瓣的关闭所产生的，在左锁骨中线第5肋间的心尖部听诊第一心音最清楚。

主动脉瓣和肺动脉瓣各有三个半月形杯状的瓣叶，又称半月瓣。它们作为血液流出心室的阀门。半月瓣比房室瓣更小、更厚，且没有腱索或乳头肌的支持。如同房室瓣一样，半月瓣的边缘由瓣环固定。肺动脉瓣使血流从右心室单向流向肺动脉。主动脉瓣使血流从左心室单向流向主动脉。随着心室舒张压力的下降，半月瓣关闭。由于瓣叶的纤维结构及瓣叶的形状，三个瓣叶关闭时紧密连接，可以有效地防止血液倒流至心室。心脏的第二心音由主

动脉瓣及肺动脉瓣关闭时产生。在胸骨左缘或者右缘第2肋间听诊最清楚。

八、血液在心和肺的循环

传统上把血液在心和肺的流动描述为：血液从体循环静脉回到右心，再进入肺，然后回到左心，最后再进入体循环的动脉血管（图1-5）。右心房接受机体两支大静脉（上腔静脉及下腔静脉）回流的血液及冠状窦回流的血液。上腔静脉收集机体上部的静脉血，下腔静脉收集机体下部的静脉血。冠状窦收集心脏本身的静脉血。

随着右心房血液回流，右心房压逐渐增高。当右心房压超过右心室压的时候，三尖瓣开放，使血液流入右心室。随着右心室血液逐渐充盈，右心室压力增加，三尖瓣关闭，肺动脉瓣开放，右心室将血液射入肺动脉，进入肺循环。在肺循环内，静脉血进行氧合并排出二氧化碳。

左心房通过肺静脉接受来自肺循环的动脉血。随着左心房充盈，左心房压增高，当左心房压超过左心室压的时候，二尖瓣开放，使血液流入左心室。随着左心室血液逐渐充盈，左心室压力增加，二尖瓣关闭，主动脉瓣开放，左心室将血液射入主动脉，进入体循环。在体循环内，动脉血对器官、组织、细胞提供氧气，并收集二氧化碳。

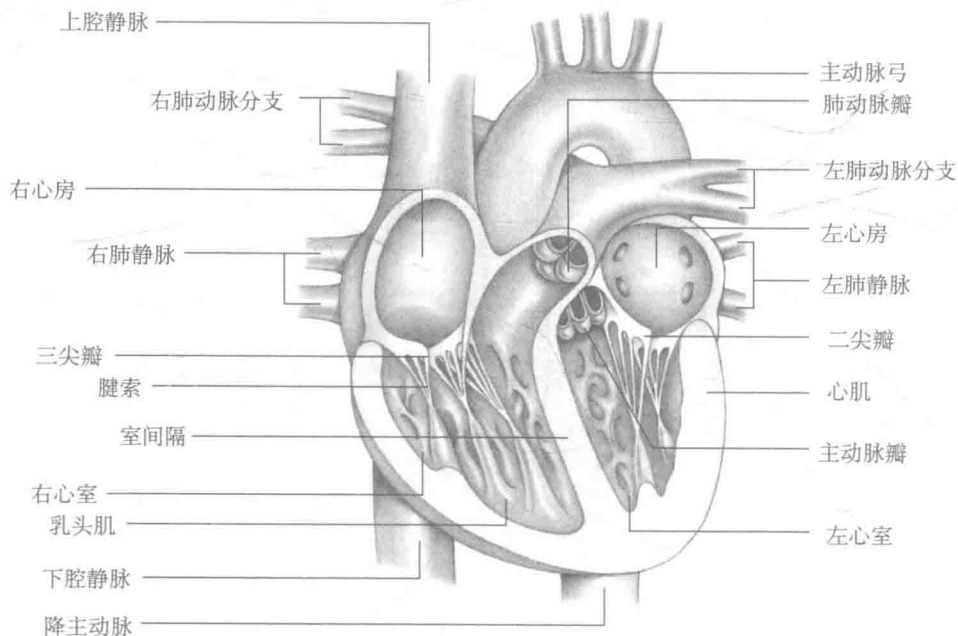


图1-6 乳头肌和腱索

虽然血液循环可以描述为从右心到左心，但是必须认识到心脏的两套泵血系统（左心和右心）是同时工作的。在右心房从体循环收集静脉血的同时，左心房也从肺循环收集动脉血。随着心房充盈，心房压超过心室压，房室瓣开放使血液流入心室。接近心室充盈末期的时候，左右心房收缩，使心房内残留的血液泵入心室。在心室充盈末期心房收缩使心室充盈的过程得以完成称为心房强力收缩（atrial kick）。在心房收缩前心室充盈70%，剩下的30%由心房强力收缩完成。在心脏正常节律下，心房收缩在心室收缩之前。在异常心脏节律下，缺少心房强力收缩会使心室充盈不全，导致心排血量（心脏的泵血量）下降。当心室充满血液，心室压增高，房室瓣关闭，半月瓣开放。心室同时收缩，将血液通过肺动脉射入肺部，通过主动脉瓣射入主动脉。

九、冠状动脉循环

供应心脏的血液由左、右冠状动脉及其分支提

供（图1-7）。冠状动脉的分支存在一些个体变异，一般来说，右冠状动脉提供右侧心脏的血供，左冠状动脉提供左侧心脏的血供。

右冠状动脉由主动脉右侧发出，由一条向下、向后延伸的长主干及其分支组成。右冠状动脉的主要分支如下。

- 1.圆锥支。
- 2.窦房结支（见于55%的人群）。
- 3.前右心室支。
- 4.锐缘支。
- 5.房室结支（见于90%的人群）。
- 6.伴有间隔分支的后降支（见于90%的人群）。
- 7.左心室后支（见于90%的人群）。

“优势”是个术语，用来描述冠状动脉，根据动脉终末部分的分布来判定。同时发出伴有间隔分支的后降支及左心室后支的动脉被认为是“优势”支。在将近90%的人群中为右冠状动脉优势型。由于大部分人的左冠状动脉直径更粗，供应心脏更大部分的血液，这个词容易引起困惑。事实上，优势

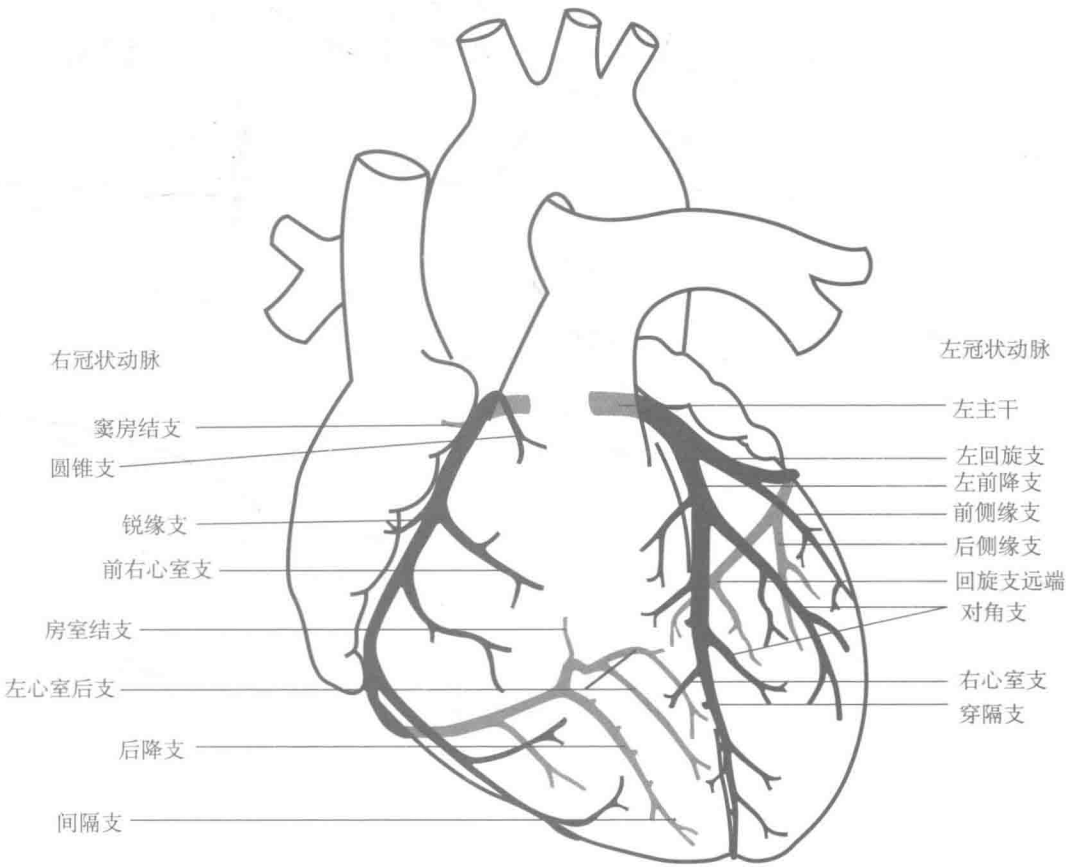


图1-7 冠状动脉循环

动脉通常情况下并未灌注较大比例的心肌。左冠状动脉由主动脉的左侧发出，先形成较短的左主干，再分成前降支和回旋支。前降支沿左心室前壁向下，包绕心尖，并终止于此。前降支的主要分支如下。

- 1. 对角支。
- 2. 右心室支。
- 3. 穿隔支。

回旋支沿左心室的侧面走行，终止于左心室后壁。回旋支的主要分支如下。

- 1. 窦房结支（见于45%的人群）。
- 2. 前侧缘支。
- 3. 后侧缘支。
- 4. 回旋支远端。

在人群中 有 10% 的人回旋支发出后降支，并最终分为左心室后支。回旋支发出后降支及左心室后支的左冠状动脉称为左优势型。左优势型者室间隔的血供均由左冠状动脉供应。表 1-1 总结了冠状动脉在心肌和传导系统中的分布。

右冠状动脉和左冠状动脉通过其末端的细小分支相互连通，提供了从一条动脉到另一条动脉的潜在血流。这些小动脉一般称为侧支血管或侧支循环。侧支循环在出生时就存在了，除非心肌受到缺血损伤，平时这些血管并不表现出明显功能。如果在冠状动脉的主干发生堵塞，侧支循环就会扩大，

提供额外的血流到缺血的区域。但是，在大部分情况下，侧支循环所能提供的血流不足以完全满足心肌的需要。在机体的其他血管床，心室收缩时，动脉血流达到峰值，但是，冠状动脉的血流却在心室舒张期达到最大，这是由于心脏收缩时冠状动脉被压迫影响冠状动脉血流。通过心肌毛细血管的血流最终流向与冠状动脉平行的心脏静脉。有些静脉直接开口于右心房和右心室，但主要是回流入冠状静脉窦，进入右心房。

十、心脏的神经支配

心脏受位于脑干延髓的自主神经支配。自主神经系统调节机体的作用不受意识支配，例如血压、心率。自主神经系统包括交感神经系统和副交感神经系统，当它们兴奋时分别产生相反的作用。交感神经激活时产生去甲肾上腺素等神经递质，使心搏加快、房室传导加快和心室收缩力增强。这个系统使机体适应应激压力的增加（“搏斗或逃跑”时的反应）。副交感神经激活时产生乙酰胆碱，这种神经递质使心率减慢，房室传导延迟，心室收缩力小幅下降。这使机体处于安静状态（“休息或消化”时的反应）。一般来说，交感神经的加速作用和副交感神经的抑制作用处于相对平衡的状态。

表 1-1 冠状动脉

冠状动脉及其分支	供应的心肌组织	供应的传导系统
右冠状动脉	右心房 右心室 左心室下壁（90%）* 室间隔后 1/3（90%）*	窦房结（55%）* 房室结和希氏束（90%）*
左冠状动脉 前降支	左心室前壁 左心室前侧壁 室间隔前 2/3	左束支及右束支
回旋支	左心房 左心室前侧壁 左心室后侧壁 左心室后壁 左心室下壁（10%）* 室间隔后 1/3（10%）*	窦房结（45%）* 房室结和希氏束（10%）*

*指在人群占的比例

第2章

心脏电生理

一、心脏细胞

心脏由大量心肌细胞构成。心肌细胞外形狭长，末端有分支，并由闰盘连接。心肌细胞分支连接处细胞膜阻抗较低，允许电冲动在细胞网内从一个心肌细胞向相邻心肌细胞快速传导。心肌细胞受刺激后激发邻近细胞，最终导致全体心脏细胞收缩。

心脏包含两类基础细胞：心肌细胞（或工作细胞）和起搏细胞。心肌细胞存在于心房壁和心室壁的肌层。心肌工作细胞填充于肌丝网内，受到电刺激时发生肌肉收缩。心肌细胞的主要功能是产生和维持心肌收缩及舒张。起搏细胞存在于心脏电传导系统，产生自发电冲动。

心脏细胞有以下4种特性。

1. 自律性 起搏细胞自发产生电冲动的能力；仅起搏细胞具有这一特性。
2. 兴奋性 心脏细胞对电冲动产生反应的能力；所有心脏细胞均具有这种特性。
3. 传导性 心脏细胞传导电冲动的能力；所有心脏细胞都具有这种特性。
4. 收缩性 心脏细胞产生心肌收缩的能力；仅心肌细胞具有这一特性。

二、除极和复极

心脏细胞间和细胞内充满电解质溶液。电解质溶于水时，其分子分解为带电粒子（离子），产生带正电的离子和带负电的离子。带正电的离子称为阳离子。钾离子（ K^+ ）是细胞内液的主要离子，而

钠离子（ Na^+ ）是细胞外液的主要离子。

细胞膜将心脏细胞分隔为细胞内和细胞外。带电离子经细胞膜持续扩散。离子浓度的高低决定细胞电荷的多少。细胞膜内外离子分布主要由下列因素决定。

1. 膜通道（孔） 细胞膜上存在允许离子出入细胞内外空间的孔隙。一些膜通道持续开放；一些通道可被打开或关闭；还有其他一些通道可以选择性开放和关闭，允许一种离子通过而防止其他离子通过。膜通道的开放和关闭受某些刺激因素控制。

2. 浓度梯度 溶液中不带电的粒子会从浓度高的区域移动或扩散到浓度低的区域。当溶液中粒子的分布逐渐一致时，这种运动才会终止。

3. 电位梯度 带电粒子也会发生扩散，但这种扩散不仅受浓度差的影响，而且受电位差的影响。同性离子相互排斥，异性离子相互吸引。因此，阳离子倾向于流向阴离子，而阴离子又倾向于流向阳离子。

4. 钠钾泵 钠钾泵是一种逆电化学梯度跨细胞膜主动转运离子的机制。钠钾泵在心肌除极后帮助心肌细胞重新建立静息时细胞膜内外的钠、钾浓度差。

电冲动是离子流（主要是钠离子和钾离子）往返经过心肌细胞膜的结果（图2-1）。正常情况下，细胞膜两侧存在离子浓度差，细胞内阴离子多于细胞外。静息细胞在此种状态下的离子分布称为极化状态。此时，无电活动发生，心电图记录到一条直线（等电位线）（图2-5）。

一旦心脏细胞受到刺激，细胞膜通透性就

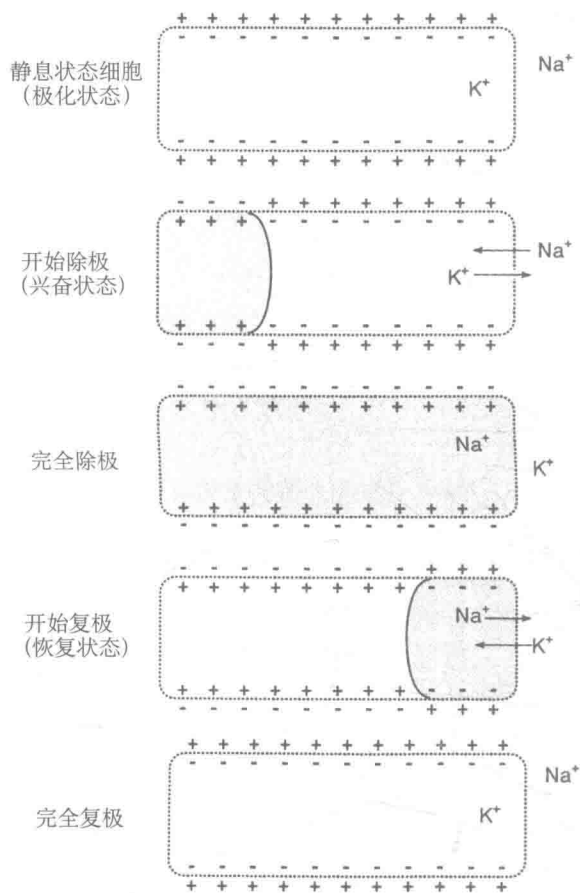


图2-1 心肌细胞的除极和复极

会发生改变。钾离子开始从细胞内流出，进而增加细胞膜对钠离子的通透性。钠离子快速进入细胞内，使细胞内正电荷多于细胞外（“除极化”）。心肌除极化后紧接着发生肌肉收缩。这就是除极化这一电学过程，导致心肌机械收缩的过程。

除极化后，心肌开始恢复。钠钾泵被激活，开始主动转运细胞内钠离子到细胞外，细胞外钾离子重回细胞内。细胞内比细胞外带更多负电荷（“复极化”），恢复静息状态。

一个心肌细胞的除极化会触发并导致邻近细胞的除极。细胞间电冲动的传导产生电流，被皮肤电极所感知和记录，在记录纸上产生波形或转折，称为心电图。

三、心脏电传导系统

心脏拥有一套能够产生电冲动并沿此特殊

通路传导到心房和心室，引起心肌收缩的电传导系统（图2-2）。这套传导系统由窦房结、房间束（Bachmann束）、结间束、房室结、希氏束、右束支、左束支和浦肯野纤维组成。

窦房结位于右心房上壁，上腔静脉入口附近。窦房结内存在特殊电学细胞，称为起搏细胞，以60～100次/分的频率发放电冲动。起搏细胞沿传导系统也分布于心脏的其他部位，但正常情况下窦房结的自律性最高（其发放频率高于其他部位的起搏细胞），能够控制心脏电冲动的发放，是心脏的起搏点。如果窦房结不能以正常频率产生电冲动，或完全丧失起搏功能，或窦房结电冲动传出阻滞，次级起搏点的起搏细胞则以更低频率控制心脏。这种起搏点称为逸搏起搏点，因为其常在更快频率起搏点（常为窦房结）失去功能时发挥作用。房室交界区的起搏细胞产生频率为40～60次/分的电冲动。心室起搏细胞产生更低频率的电冲动（30～40次/分或更低）。总之，离窦房结越远的部位，其产生电冲动的频率越慢。逸搏起搏点产生的一次心搏或一系列心搏，称为逸搏或逸搏心律，与产生部位名称一致（如交界区逸搏和室性逸搏等）。

窦房结产生电冲动，经Bachmann束传到左心房，经结间束传到右心房，产生电激动（除极）和心房收缩。然后电冲动传导到低位右心房接近房间隔处的房室结后，再将电冲动由心房传至心室。房室结为心房和心室间的唯一正常传导通路，具有3项主要功能。

1. 延缓电冲动传导时间，使心房在心室收缩前有充分时间收缩和排空血液到心室（心房强力收缩，atrial kick）。心电图上的PR间期代表了房室结传导时间。

2. 如果窦房结功能丧失，房室结可作为备用起搏点发放频率为40～60次/分的电冲动。

3. 心房率较快时会阻滞部分电冲动传至心室，以免心室率过快带来危险。

电冲动经过房室结延迟后，向下传导到希氏束。希氏束向下再分为右束支和左束支。左束支进一步分为左前分支和左后分支，左前分支将冲动传导至左室前壁，左后分支将冲动传导至左室后壁。左前和左后分支终于浦肯野纤维网。浦肯野纤维是复杂的纤维网，将电冲动直接传导到心室肌细

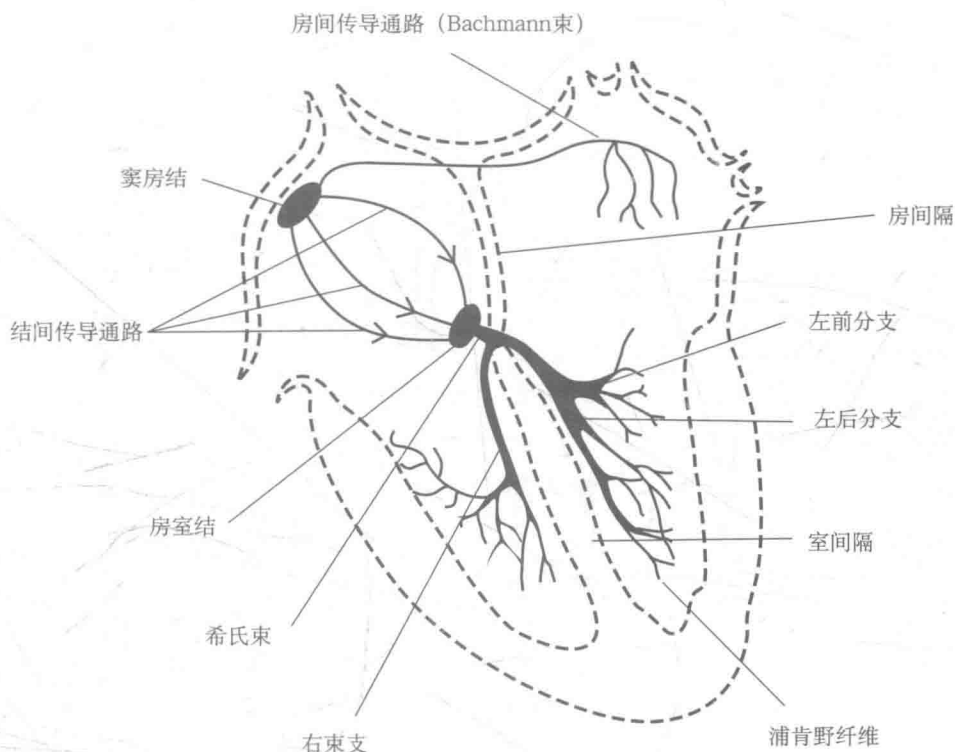


图2-2 心脏电传导系统

胞。心室肌也可以作为备用起搏点，起搏频率在30～40次/分（或更慢）。传导系统的传导速度中以房室结传导最慢，希浦系统（希氏束、束支和浦肯野纤维）传导最快。

心电图记录心脏电活动的三个主要波形：P波、QRS波和T波（图2-3）。有时会有U波出现。波群之间有下列间期：PR间期、PR段、ST段和QT间期。虽然字母本身无任何特殊意义，但每一

部分都代表除极-复极周期的特殊事件。P波代表心房除极，或冲动从窦房结传导到心房。心电图上一般不能观察到心房复极波，因为心房复极发生在心室除极过程中，因此隐藏在QRS波群内。PR间期代表从心房除极开始到心室除极开始的时间。PR段是PR间期的一部分，为P波终末到QRS波群起始间的等电位线。PR段常用作评估ST段抬高或降低的基线。QRS波代表心室除极或电冲动传遍心室。ST段代表心室复极早期阶段。T波代表心室复极。U波并不常见，代表心室晚期复极。QT间期代表总的心室活动时间（自心室除极开始到心室复极结束）。

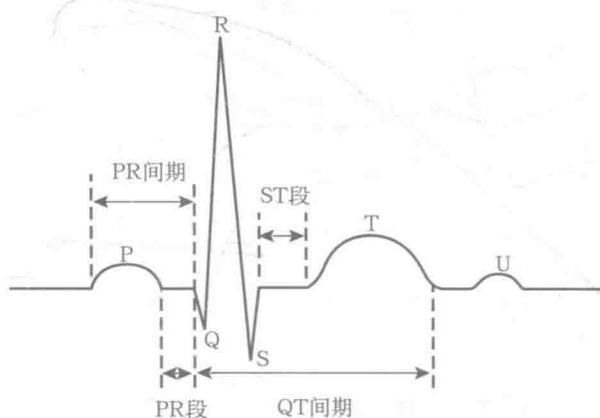


图2-3 心电图与传导系统关系

四、心动周期

一个心动周期由一次心搏或一次P-QRS-T波顺序激动组成。先是心房收缩和舒张，之后紧随心室收缩和舒张。这一基本节律循环往复（图2-4）。通过测量两次心跳间期来评估心脏节律是否规整（从前一R波到下一R波，也称R-R间期）。心动周期之间，心电监护或心电图记录回归等电位线（基

线), 无心电活动时心电图记录到直线 (图2-5)。高于等电位线的任何波群称为正向 (向上) 波, 等电位线下任何波形称为负向 (向下) 波。既有正向也有负向成分称为双向波。这一基本概念适用于P波、QRS波和T波。

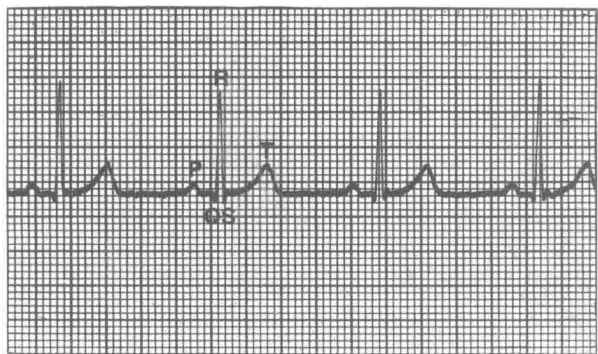


图2-4 心动周期

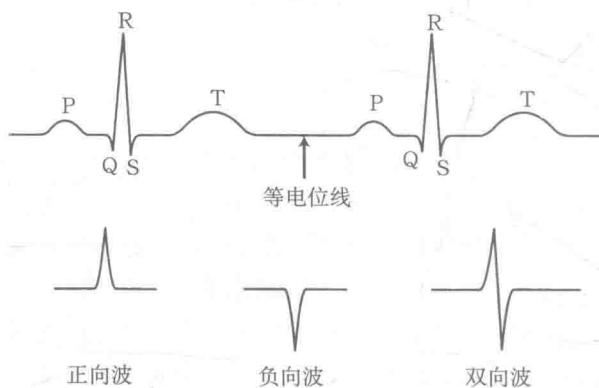


图2-5 波形和等电位线关系

五、波形和电流

监护导联或心电图导联可显示两点或两极 (阳极和阴极) 间心脏电活动。电流方向决定心电图波形 (图2-6)。电流流向阳极产生正向波; 流向阴极产生负向波。电流背离电极将产生双向波 (正向和负向波)。双向波可能正负波相等, 或负向波大于正向波, 或正向波大于负向波 (取决于电流到阳极或阴极的角度)。

波折幅度与电流流向某个电极量的大小有关。电流量又取决于心脏特定部位除极产生的电压幅度。QRS波常高于P波, 这与心室肌数量多于心房肌、除极电压高于心房肌电压有关。

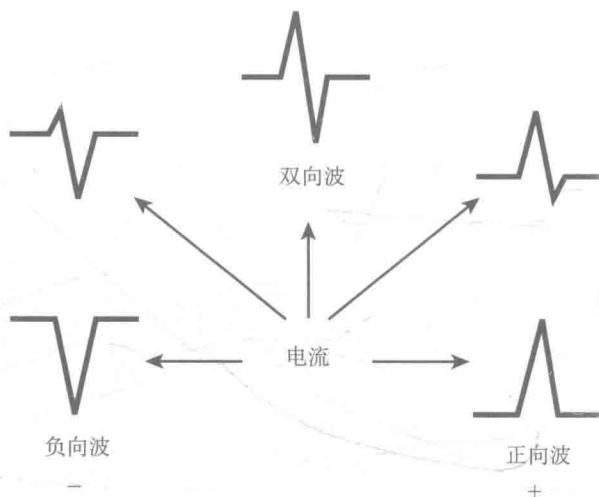


图2-6 电流与波形关系

六、心脏周期中的不应期和超常期

心动周期中某段时间心肌细胞处于不应期, 可能对刺激不能产生反应。不应期分为3部分 (图2-7)。

1. 绝对不应期 处在此期的心肌细胞对刺激不产生任何反应。心电图上从QRS波起始到T波顶峰。此期心肌细胞已经除极完成并开始复极。因为心肌细胞复极仍未恢复到阈电位 (细胞必须复极到可以再次除极的电位水平), 故无法再次除极。换言之, 在绝对不应期内, 心肌细胞不能收缩, 传导系统的细胞不能传导电冲动。

2. 相对不应期 处于相对不应期时心肌细胞已充分复极, 对于强刺激可产生反应。相对不应期从T波顶峰到T波终末。相对不应期也称为复极易损期。在易损期给予强刺激可能夺获心脏原发起搏点 (通常是窦房结), 并控制起搏点。例如, 室性期前收缩落入易损期可能以室性心动过速形式控制心脏。

3. 超常期 此期心肌细胞对弱于正常程度的刺激也会产生反应。这一时期临近T波终末, 恰位于心肌细胞完全复极之前。

七、心电图

心电图纸上顺序记录P-QRS-T波的形态, 分

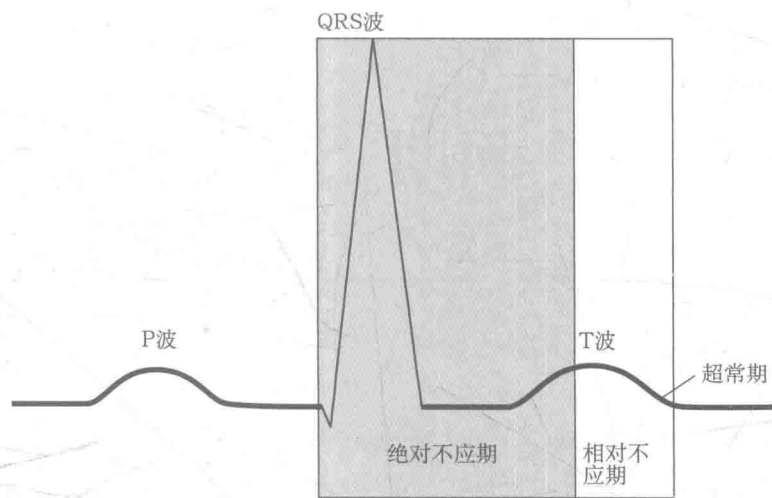


图2-7 不应期和超常期

别以水平线和纵向线表现P-QRS-T波的宽度和高度（图2-8）。水平线以秒（s）为单位记录波群时间。每1小方格为0.04s。图2-9中QRS波群宽度跨越2个小方格，为0.08s（0.04s×2个方格）。纵向线以毫米（mm）为单位计算电压或波群振幅。每一纵

向小方格代表1mm。图2-9中QRS波群幅度为16个小方格，代表16mV（1mm×16方格）。

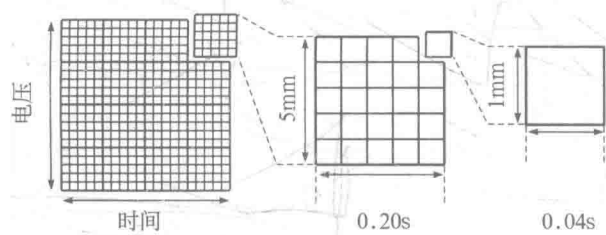


图2-8 心电图纸

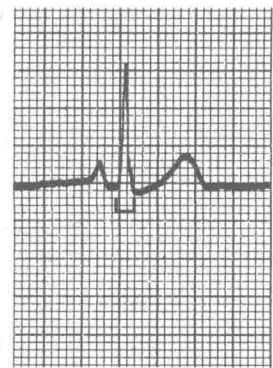


图2-9 QRS宽度：0.08s；QRS波幅度：16mm

（丁立刚 译）