

临床心电图学解读

常锦梅 编著

陕西出版集团
陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

临床心电图学解读/常锦梅编著. —西安: 陕西科学技术出版社, 2012. 9

ISBN 978 - 7 - 5369 - 5565 - 3

I. ①临… II. ①常… III. ①心电图 - 基本知识
IV. ①R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 234632 号

出版者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001

印刷 西安市莲湖区华彩印刷厂

规格 787mm × 1092mm 16 开本

印张 16.25

字数 350 千字

版次 2012 年 9 月第 1 版
2012 年 9 月第 1 次印刷

定价 36.00 元

版权所有 翻印必究

作者简介

常锦梅,大学本科学历,副主任医师,中华医学会陕西分会会员。现工作于榆林市第一医院心电图室,任心电图室主任,从事心电工作三十余年,有着丰富的临床心电诊断及技术操作经验,曾多次在国内的许多知名专业医院进修学习,对心律失常,各种疾病的心电图诊断有较深的造诣,先后在国家级省级杂志发表论文《棉酚中毒补钾不当致室室传导一例》《84例高血压心电图ST-T改变的分析》《癫痫患者发作间期QT离散度检测及其临床意义》等十余篇文章。

序

心电图应用于临床已有百年历史。百年来,心电图的临床应用长盛不衰。心电工作者应不断地学习,让心电图的临床应用这棵常青树永葆青春。

本书全面、系统地对心电基础知识及其产生原理、各心电图波形的组成和命名、动态心电图、活动平板运动试验、各种疾病的心电图改变特点与发生机制等问题,进行了深入探讨。

本书通过作者对各种疾病的心电图的改变特点与发生机制和治疗上的阐述,把理论知识与实际有机地结合在了一起。让心电工作者能更好理解心电图与疾病诊断的关系。有助于提高理论水平,更好地为临床诊断服务。此外,本书配有大量的表格及心电图,图文并茂,通俗易懂,大大增强了可读性,而且密切联系临床实际,实用性强,是临床医师,心电图医师可随时查阅的理想工具书。

邵虹

第四军医大学西京医院

2012年6月28日

前 言

心电图检查技术广泛应用于临床、教学、科研和保健工作。认识心电图的各种变化,对诊治疾病十分重要;也是心电图工作者,对心电图进行准确诊断、分类,结合临床对每一份心电图做出正确结论必需具备的基本技能。本书共分三十章,作者结合几十年的临床经验和研究成果,系统地对心电图基础知识、心电图的产生原理、心电图各波段的组成和命名、心脏的解剖结构简述、心肌细胞的电生理特性、正常心电图的特征、各种异常心电图的变化、心脏起搏心电图、动态心电图、心电图平板运动试验、心电图药物负荷试验、电解质紊乱、药物对心电影响和心电图分析方法、频谱心电图、心室晚电位检查、高频心电图诊断疾病的意义、HRV 心率变异性、干扰与脱节、心电图中的心电现象、小儿心电图特点及临床意义、心脏病、肺心病心电图改变的特点与发生机制、高血压性心脏病、心电图机、心电工作站、三维立体心电图仪等内容进行了深入细致的研究,在临床中搜集了大量的典型病例,进行对照分析和总结,对每一类心电图特征又给予详细描述,还配有大量的图表。分类明晰、用语规范,图文并茂,通俗易懂。是一本可供临床医师、心电图医师随时查阅的工具书。

本书在编写过程中,由于编者水平有限,时间仓促,错误与不当之处在所难免,恳请专家、同行及广大读者,予以批评指正,以便不断改进与完善。

作者

2012年6月

目 录

第一章 心电图基础知识	(1)
第一节 心电图的生成原理	(1)
第二节 心电图各波的形成	(3)
第二章 心脏的解剖生理	(9)
第一节 心脏的解剖结构	(9)
第二节 心脏的电生理基础	(9)
第三节 心脏的血液供应	(16)
第四节 传导系统的解剖	(16)
第五节 心脏的神经调节	(17)
第三章 正常心电图	(18)
第一节 心电图的测量方法	(18)
第二节 心电图的各波段命名及正常范围	(20)
第三节 心电图的分析方法	(23)
第四章 房室肥大心电图诊断	(25)
第一节 心房肥大	(25)
第二节 心室肥大	(26)
第三节 小儿心室肥大	(28)
第五章 窦性节律与窦性心律失常	(30)
第一节 窦性心律	(30)
第二节 窦性停搏	(32)
第三节 病窦综合征	(36)
第四节 窦性心动过速	(42)
第五节 窦性心动过缓	(46)
第六节 窦性心律不齐	(50)
第七节 游走性心律	(50)
第六章 房性心律失常	(53)
第一节 心房静止	(53)
第二节 房性逸搏及房性逸搏心律	(53)
第三节 加速性房性逸搏心律	(56)
第四节 房性早搏	(57)
第五节 房性心动过速	(59)
第六节 心房扑动	(61)
第七节 心房颤动	(65)

第七章 交界性心律失常	(73)
第一节 交界性停搏	(73)
第二节 过缓的交界性逸搏及过缓的交界性逸搏心律	(73)
第三节 快速的交界性心律失常	(76)
第八章 室性心律失常	(79)
第一节 缓慢的室性心律失常	(79)
第二节 快速的室性心律失常	(82)
第九章 心脏的传导阻滞	(91)
第一节 室上性传导阻滞	(91)
第二节 心室内传导阻滞	(96)
第十章 预激综合征	(103)
第十一章 老年性预激综合征	(106)
第十二章 动态心电图	(110)
第十三章 平板运动试验	(113)
第十四章 心电图常用药物负荷试验	(116)
第十五章 药物影响及电解质失衡的心电图改变	(119)
第十六章 心脏起搏心电图	(121)
第一节 起搏器的类型及代码	(121)
第二节 起搏刺激信号	(122)
第三节 起搏器定时周期	(122)
第四节 常用的起搏器	(123)
第五节 起搏心电图特征	(123)
第六节 起搏器有关的心律失常	(124)
第七节 起搏器故障时的心电图特征	(125)
第十七章 频谱心电图	(126)
第十八章 高频心电图	(130)
第十九章 心室晚电位	(131)
第二十章 心率变异性	(133)
第二十一章 心律失常的分析方法	(137)
第一节 如何分析心律失常	(137)
第二节 分析心律失常时常遇到的心电现象	(137)
第二十二章 冠状动脉疾病	(145)
第二十三章 心脏电生理检查	(150)
第二十四章 心肌梗死	(153)
第一节 急性心肌梗死	(153)
第二节 不典型的心肌梗死	(155)
第二十五章 肺栓塞的心电图特征	(158)
第二十六章 常见心脏疾患的心电图改变	(168)
第一节 先天性心脏病	(173)

第二节	风湿性心脏病	(183)
第三节	肺源性心脏病	(188)
第四节	高血压性心脏病	(189)
第五节	心肌病	(196)
第六节	心脏肿瘤	(216)
第二十七章	小儿心电图特点及临床意义	(219)
第二十八章	胎儿心电图有关标准	(221)
第二十九章	心电图描记与分析	(222)
第一节	心电图的检查指征	(222)
第二节	心电图阅读与报告	(222)
第三节	做好心电图的操作常规及注意事项	(223)
第四节	心电图机的维修保养	(224)
第三十章	心电图机、心电工作站、三维立体心电图机	(226)
第一节	心电图机	(226)
第二节	心电工作站	(230)
第三节	三维立体心电图仪	(231)
第三十一章	临床心电图的推广应用及新学说	(234)
第一节	临床心电图的发展	(234)
第二节	临床心电图新的学说	(234)
第三节	临床心电图的推广应用	(237)
第四节	关于心电图肢体导联的新建议	(237)
附录	(239)
参考文献	(245)

第一章 心电图基础知识

第一节 心电图的生成原理

心脏在每次机械性收缩前心肌细胞应首先发生兴奋,而产生微小的生物电流,当流经人体组织传递到体表时,可以用特制的心电图机将其放大,并记录下相应的曲线,称为心电图通过各种波、波段和时间的分析,为临床提供重要参考价值的信息。

一、静息膜电位

静息时的心肌细胞保持在复极状态,即细胞膜外侧具有正电荷,细胞膜内侧具有负电荷,双侧都保持着平衡,而呈现一种极化状态,不产生电位变化,称为静息膜电位。鉴于心肌细胞对各种离子的通透性不同,在静息状态时细胞对 K^+ 通透性很高,对 Na^+ 、 Cl^- 较低,对 Ca^{2+} 和蛋白阴离子不能通过。因而,造成细胞内外各种离子浓度有很大差别,细胞内 K^+ 的浓度约为细胞外 K^+ 浓度的 30 倍之多;细胞外 Na^+ 浓度约为细胞内 Na^+ 浓度的 12~15 倍,细胞外 Ca^{2+} 浓度也远比细胞外液的浓度较高,细胞外液的 Cl^- 浓度较高。由于细胞内 K^+ 高于细胞外几十倍,细胞膜对 K^+ 通透性远大于对 Na^+ 的通透性,以致细胞内 K^+ 可以不断地向细胞外逸出,在 K^+ 向细胞外渗出时, Cl^- 本应当伴随着而出,但因为细胞膜本身带有负电荷而阻碍了 Cl^- 的渗出。正常时有较多 K^+ 渗出至细胞外,细胞外电位升高;相反未能渗出的游离型蛋白离子、 Cl^- 仍留在细胞内;显然,而使细胞膜内电压低于膜外。故在用微电极技术的方法所测得的细胞内电位为 +90mV,这一静息状态下的细胞内外电位差称为静息膜电位。

一般来说,静息膜电位的大小取决于静息状态时 K^+ 向外渗的多少, K^+ 外渗越多而滞留在膜内的游离性阴性负离子越多,导致细胞膜内负电位也就越大;膜内带负电荷的阴离子越多,在静电作用下吸引膜内的正电荷 K^+ ,使膜内 K^+ 逐渐不能再向外转移,从而使膜电位趋于稳定状态,而维持在 -90mV 左右。

二、动作电位

这是指当心肌细胞受到激动时所产生的电位变化。在心肌细胞一端的细胞膜受到一定程度强度的刺激时,对 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 离子发生改变,引起膜内外阴阳离子流动,使细胞膜内外正负离子发生改变,引起膜内外阴阳离子流动,使细胞内外正负离子分布发生逆转。受刺激部位的细胞一旦发生改变,就能引起膜内外离子流动,受刺激的细胞膜发生除极化,致使膜外侧具有负电荷而膜内侧具有正电荷。即产生了动作电位,且与尚处于静息状态的邻近细胞膜构成一对电偶,此时电源(+)在前,电穴在后,使电偶逐渐相继快速地向另外一端推进,产生动作电流,最后使得整个心肌细胞发生除极化。

动作电位曲线常被划分为 5 个相位,各个不同时期可与心电图产生相应的内在联

系。①动作电位 0 相位与 1 相位以快反应细胞为例,它大致相当于心电图 QRS 波群所处的时限,此时在心肌细胞受刺激后,细胞膜对离子的通透性产生改变,使 Na^+ 的通透性突然升高、 K^+ 的通透性降低;同时在细胞内还存在阴离子对 Na^+ 产生的静电吸引作用,致使 Na^+ 从细胞之外迅速地流入细胞内、膜内电位急剧上升,由原来的 -90mV 升至 $20 \sim 30\text{mV}$,即膜外产生负电位、膜内产生正电位的极化状态发生了逆转,又称为除极。②动作电位峰后电位,复极初期细胞膜对 Na^+ 的通透性迅速下降,然而对 K^+ 的通透性又复增高,由于细胞膜对外过量的负电荷与膜内过量的正电荷产生静电的作用,致使 Na^+ 的内移减少, K^+ 的外渗增加,细胞内电位迅速下降而仍为正电位。③动作电位 2 相位:此时相当于心电图上的 S-T 段。在本期内细胞膜对 K^+ 、 Na^+ 的通透性相近, Na^+ 内流与 K^+ 外渗达到平衡,而使细胞膜内电位接近于零电位。动作电位 2 期平台期,可能是由 Ca^{2+} 缓慢持久地内流所形成。④动作电位 3 相位:此时相当于心电图上的 T 波。此期,细胞膜对 K^+ 的通透性又显著增加, K^+ 的外渗增加,使细胞内的电位迅速下降变为负电位。⑤动作电位 4 相位:相当于心电图结束上下波形之后的等电位线。心肌细胞依靠能量代谢,通过 K^+ 、 Na^+ 交换泵,将细胞内过多的 Na^+ 主动转移到细胞外,同时又将细胞外过多的 K^+ 主动地移入细胞内,使细胞内电位恢复到静息膜电位水平。复极过程心肌细胞除极后,由于细胞内的代谢过程,细胞内外的离子又恢复到原来的极化状态。复极的程序与除极的程序相同,先除极的部分先复极,复极部分的膜外重新获得正电荷。复极方向就是电偶移动的方向,电穴在前,电源在后。见下图 1。

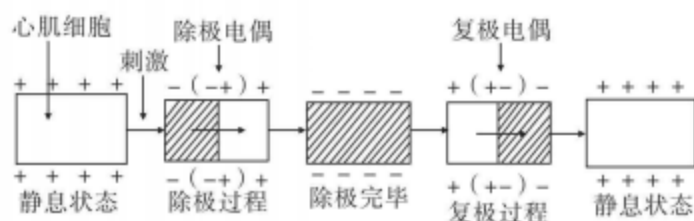


图 1 心肌细胞的除极与复极过程

对单个心肌细胞而言,先除极的部分先开始复极。除极和复极的扩展犹如一对电偶在移动。除极时电源在前,电穴在后,除极方向与除极电偶移动的方向相同;而复极时电源在后,电穴在前,复极方向与复极电偶移动的方向相反。由于单个心肌细胞除极与复极过程进行的方向相同,但电偶轴方向相反,故复极波与除极波方向相反。

正常心脏的除极与复极和单个心肌细胞的除极与复极的过程是不同的。心脏的除极自心内膜开始向心外膜扩散,心外膜最后除极。而复极则是从最后除极的心外膜开始向心内膜扩散,心内膜最后复极。由于心脏除极与复极过程进行的方向相反,但电偶轴方向相同,所以心室复极波(T波)与除极波(QRS波)主波方向一致。

心脏的除极和复极的机制尚未完全明了,传统的观点认为心外膜的温度较心内膜高,导致复极先从温度高的心外膜开始。而当心室收缩时,心内膜压力高于心外膜,也是导致心外膜先复极的可能原因。

三、心向量的基本概念

心肌细胞除极或复极过程中产生的电力(电偶),除了有一定的方向和极性外,还有

大小,这个既有大小又有方向的量称为心向量。心向量通常用一带箭头的线段(箭矢)表示,箭头的方向反映向量的方向,箭矢的长度反映向量的大小,箭矢前端代表正电荷(电源在前),箭矢尾端代表负电荷(电穴在后),电流的方向由负到正。

1. 向量的综合:心脏电活动进行的某个瞬间,必定有许多心肌细胞同时发生除极或复极,产生许多方向各异、大小不同、相对较小的心向量。如果按力学综合法则可以将它们综合成一个总的心向量。综合法则如下:①方向相同的向量相加。②方向相反的向量相减。③方向成角度的向量按平行四边形法则综合(图2)。最后形成总的综合心向量。

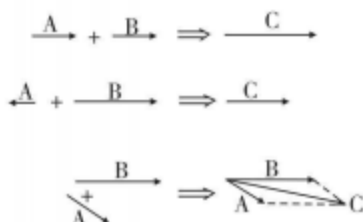


图2 综合向量示意图

2. 瞬间综合心向量:心脏是一个立体脏器,在发生电活动的各个瞬间,许多厚薄与位置不相同的心肌细胞同时发生除极或复极。按照心向量的综合法则,可以将它们综合成该瞬间的一个总的心向量,这个总的心向量就是该瞬间的瞬间综合心向量。如果把心房、心室除极或复极过程中,产生的许多方向、大小不同的瞬时综合向量综合起来,就形成一个总向量(平均综合心向量),分别称为心房除极向量(P向量)、心室除极向量(QRS向量)和心室复极向量(T向量)。

心房除极的每个瞬间的综合心向量都可用箭头表示,按发生的顺序将箭头顶点移动的轨迹连接起来,就可形成一个空间环状曲线,称为P向量环(图3)将心室除极的每个瞬间综合心向量箭头顶点移动的轨迹连接起来,同样可获得一个空间环状曲线,称为QRS向量环(图4)。而将心室复极过程的各瞬间综合心向量箭头顶点移动的轨迹连接起来也是一个空间环状曲线,称为T向量环。

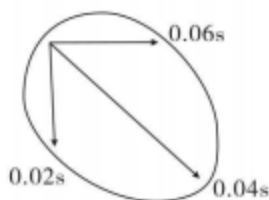


图3 P向量环示意图

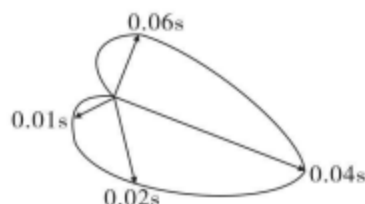


图4 QRS向量环示意图

第二节 心电图各波的形成

一、心电图常用导联

将电极置于体表任何两点,再用导线与心电图机的正负两极相连,就可构成电路,此

种连接方式和装置称为导联。目前临床常用的导联有肢体导联和胸导联。肢体导联的电极分别置于左上肢、右上肢和左下肢、右下肢。肢体导联实际上反映肢体与躯干连接部位的电位变化,左右上肢反映左右肩部,而左下肢反映左大腿。肢体导联属于额面导联,因其反映上下和左右方位的心电变化。而胸导联属于横面导联,因其反映前后及左右方位的心电变化。肢体导联进一步又分为双极肢体导联(标准导联)和单极加压肢体导联。

1. 标准导联:标准导联是最早采用的导联,是一种双极导联,即测定的为两个电极之间的电位差。其连接方式分为以下3类。

(1) I 导联(标准第一导联)。左上肢连接心电图机导线的正极,右上肢连接负极,所测得电位是两上肢电位之差。当左上肢的电位高于右上肢,描记出向上的波形。反之,则描记出向下的波形。

(2) II 导联(标准第二导联)。左下肢接正极,右上肢接负极。如左下肢电位高于右上肢,描记出向上的波形。反之,则描记出向下的波形。

(3) III 导联(标准第三导联)。左下肢接正极,左上肢接负极。如左下肢电位高于左上肢,描记出向上的波。反之,则描记出向下的波。

根据 Einthoven 方程式 $I = VL - VR$, $II = VF - VR$, $III = VF - VL$ 。 $I + III = VL - VR + VF - VL = VF - VR = II$ 。

由此可知,I 导联的波形,包括 P 波、QRS 波群和 T 波,加上 III 导联相应波形的代数和应等于 II 导联。在观察 3 个标准导联心电图时,比较一下 3 个导联各波的振幅(一般选用 QRS 波群)。如果 II 导联的 QRS 波群不等于 I 导联与 III 导联 QRS 波群的代数和,则说明电极安放有错误或标记错误。

2. 加压肢体导联:加压肢体导联为单极导联,所测定的为探查电极所在部位心脏的电位变化。将双上肢和左下肢三点连接到中心点(中心电端),此中心电端的电位接近于零,可看作无关电极。将心电图的正极连接探查的肢体,负极与中心电端相连,就构成单极肢体导联,设法将所描记的波形增大 50%,就成为加压单极肢体导联(aVR、aVL、aVF)。

(1) 加压单极右上肢导联(aVR)。探查电极置于右上肢,负极与中心电端相连。

(2) 加压单极左上肢导联(aVL)。探查电极置于左上肢,负极与中心电端相连。

(3) 加压单极左下肢导联(aVF)。探查电极置于左下肢,负极与中心电端相连。

在分析心电图时,对比 3 个加压单极肢体导联波形,如 3 个导联 QRS 波群的代数和不等零,也说明电极安放不当或标记错误。

3. 胸导联:将探查电极置于胸壁不同部位,负极与中心电端相连,就构成胸导联。胸导联也为加压单极导联。胸导联电极安放的部位如下。

(1) V1 导联。电极置于胸骨右缘第 4 肋间。

(2) V2 导联。电极置于胸骨左缘第 4 肋间。

(3) V3 导联。电极置于 V2 与 V4 连线的中点。

(4) V4 导联。电极置于第 5 肋间左锁骨中线上。

(5) V5 导联。电极置于 V4 导联同一水平左腋前线处。

(6) V6 导联。电极置于 V4 导联同一水平左腋中线处。

常规心电图采用 I、II、III、aVR、aVL、aVF、V1 ~ V6 等 12 个导联。必要时可加做 V3R、V4R、V5R 导联,其部位相当于右胸的 V3、V4、V5,也可加做 V7、V8、V9 导联,其位置在左腋后线,左肩胛线及后正中线与 V4、V5、V6 导联同一水平。

二、导联轴与六轴系统

导联轴指导联正、负极之间的假想连线,方向由负极指向正极。

1. 肢导联的导联轴与六轴系统:假设等边三角形的三个顶点分别为 R、L、F,R 与 L 的连线就是 I 的导联轴,方向由 R 指向 L。R 与 F 的连线就是 II 导联的导联轴,方向由 R 指向 F。L 与 F 的连线就是 III 导联的导联轴,方向由 L 指向 F。如果将这 3 个标准导联的导联轴的起点平行地移到同一点上则得到一个特定的图形(图 5)。I 导联轴位于水平为 0° ,II 导联轴与 I 导联轴的夹角为 60° ,III 导联轴与 II 导联轴的夹角也是 60° 。

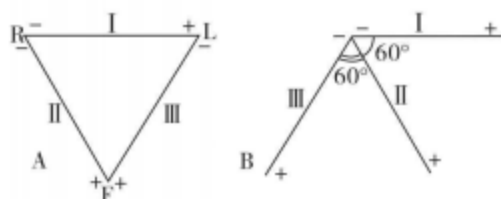


图 5 标准导联的导联轴

同样,假设等边三角形的 3 个顶点分别为 R、L、F,中心电端位于三角形中心的 0 点上,按单极加压肢体导联正、负极放置的部位就可画出 aVR、aVL、aVF 的 3 个导联的导联轴。三根轴起于 0 点,方向分别指向 R、L 及 F,三者的夹角均为 120° (图 6)。

因为 I、II、III 与 aVR、aVL、aVF 的 6 个肢体导联都是从额面上观察导联轴位置的,因此可以将它们平行地移到以 0 点为中心的同一直线上,并画出它们的反向延长线,这样就得到了一个由 6 根导联轴组成的夹角各为 30° 的一个放射状图形,这就是肢体导联的额面六轴系统(图 7)。

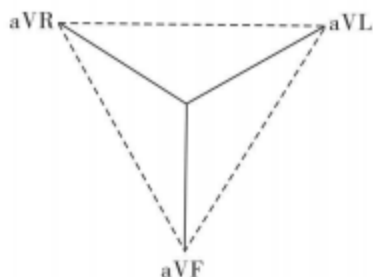


图 6 单极加压肢导联的导联轴

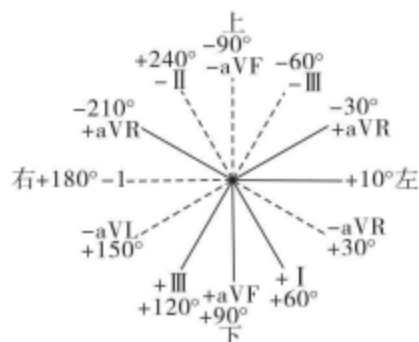


图 7 肢导联六轴系统

2. 胸导联的导联轴与六轴系统:假设中心电端 0 点位于中心,各胸导联的探查电极沿胸前壁左侧放置(V1 导联例外),这样就能根据 6 个加压单极胸导联的大致位置画出 V1 ~ V6 导联的六根导联轴。它们均起于 0 点,分别指向外侧胸壁各点。习惯上 V2 导联轴垂直向下,V6 导联轴位于水平线,V1 导联轴在 V2 导联轴左侧(左下象限),V3 ~ V5 的导联轴分布于 V2 与 V6 的导联轴之间(右下象限),呈放射状。若将这 6 根导联轴的反向延长线画出,则构成了胸导联的横面六轴系统(图 8)。

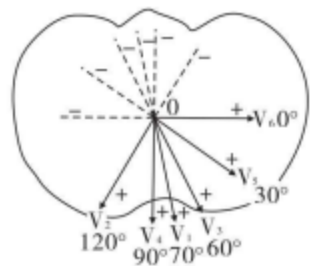


图 8 胸导联六轴系统

三、心电图与心向量图的关系

心电图与心向量图是用不同的方法反映心脏的电活动,两者密切相关。心电图是空间心向量环经过两次投影而形成的。

1. 一次投影:空间向量环第一次投影在 3 个互相垂直的平面上,形成不同平面的心向量环。

(1) 额面心向量环。用垂直于额面的平行光线,自前而后地把空间向量环投影在背后的平面上,即形成额面心向量环。

(2) 横面心向量环。用垂直于水平面的平行光线,自上而下地把空间向量环投影在下面的平面上,即形成横面心向量环。

(3) 侧面心向量环。用垂直于侧面的平行光线,自右而左地把空间向量环投影在左侧的平面上,即形成侧面心向量环。

例如,心房除极产生的 P 向量环投影在额面、横面和侧面,就分别形成额面 P 向量环、横面 P 向量环和侧面 P 向量环。

2. 二次投影:平面心向量环再经第二次投影在相关的导联轴上,则形成体表心电图。额面心向量环经第二次投影在 6 个肢体导联轴上,产生 I、II、III、aVL、aVR、aVF 6 个肢体导联心电图。横面心向量环经第二次投影在 6 个横面心前导联轴上,产生 V1、V2、V3、V4、V5、V6 6 个心前导联心电图。

当心向量环的向量投影在导联轴的正侧,产生一向上的波。当心向量环的向量投影在导联轴的负侧,产生一向下的波。根据投影概念,可以从心向量图大体上描绘出心电图,反过来,也可从心电图大体上画出心向量图。

四、心电图各波的形成

1. P 波的形成:窦房结位于右心房上腔静脉入口处,故窦房结激动首先传至右心房,然后传至左心房,相继引起左、右心房的除极而产生 P 波。心房的除极顺序是:从右心房上部开始,继而呈辐射状向右心房下部及左心房扩展。因此,心房除极时所产生的向量先是指向前下方,稍偏右或偏左,随后转向左后方,当两侧心房除极结束,除极向量也随之消失。心电图各导联中的 P 波,实际上是空间 P 向量环经过两次投影而形成。空间 P

向量环第一次投影形成平面 P 向量环,然后额面 P 向量环再次投影在心电图各肢体导联的导联轴上,横面 P 向量环再次投影在各胸导联的导联轴上,形成相应的 P 波。因此,心电图各导联中的 P 波的形态、方向和大小,取决于各导联轴与平面 P 向量环的方向与角度。平面 P 向量环方向指向导联轴正侧且与导联轴平行,P 波为正向,且波幅较高;若垂直于导联轴,则 P 波波幅极小或者无 P 波出现;如方向指向导联轴负侧,则为负向 P 波。如 aVR 导联记录的 P 波总是倒置的,而位于心房左下方的探查电极(Ⅱ、aVF 导联)记录的 P 波是直立的。

心房除极结束后开始复极。由于心房壁薄,产生的电动力小,形成的心房复极波(Ta)方向与 P 波相反,一般不易辨认。

2. QRS 波群的形成:室上性激动到达心室后,左束支分布的室间隔左侧最早开始除极,故心室除极顺序先从左侧室间隔开始,然后迅速向右上、下方扩展,此时产生的除极向量指向右前方,偏上或偏下。与此同时,沿右束支下传的激动使右侧室间隔及心室部也开始除极。以后激动通过左、右束支及其分支以及浦肯野纤维,迅速引起两侧心室除极,且又几乎同时自心内膜指向心外膜。两侧心室除极时,由于左心室产生的向量较右心室大,故此时其综合除极向量指向左前方。右心室壁较左心室壁薄,因此当右心室除极终了时,左心室壁仍在继续除极,且又缺少右心室除极向量的对抗,故其综合向量更偏左,且较前更大。左心室后底部及室间隔底部是心室壁中最后除极的部分,其除极向量明显减少,且指向后上方。根据心向量的观点,心室除极的电活动也可用空间向量环来解释。心电图各导联的 QRS 波群,实际上是空间 QRS 向量环经过两次投影而形成。首先空间 QRS 向量环经第一次投影形成平面 QRS 向量环,然后额面 QRS 向量环投影在各肢体导联的导联轴上,横面 QRS 向量环投影在各胸导联的导联轴上,形成相应的波形。心电图各导联上的 QRS 波群的形态、方向、电压取决于各导联轴与平面 QRS 向量环的方向与角度。如其方向指向导联轴的正侧,且与导联轴平行,则为正向波,且电压较高,反之则相反。

图 9 为一正常的额面 QRS 向量环。QRS 环起始向量投影在 I 导联的负侧,产生一小的 q 波;环体大部分投影在 I 导联的正侧,产生一大 R 波;终末向量较小,投影在 I 导联的负侧,故产生一终末的 s 波。这样,额面 QRS 向量环投影在 I 导联产生 qRs 波。同理,QRS 向量环投影在Ⅱ、Ⅲ、aVF 导联均产生 rQ 波。QRS 环的起始向量和环体大部分均投影在 aVL 导联的正侧,故产生 R 波,终末向量投影在 aVL 导联的负侧,故产生终末的 s 波,故 aVL 导联呈 Rs 型。QRS 环大部分投影在 aVR 导联的负侧,而起始向量投影在 aVR 导联的正侧,故产生 rS 波。

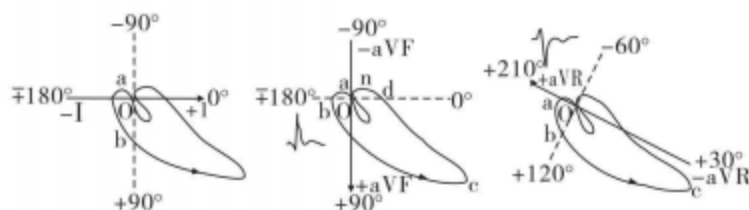


图 9 额面 QRS 向量环在肢导联轴上的投影

图 10 为一正常横面的 QRS 向量环。环体呈卵圆形,起始向量位投影在 V1、V2 导联轴的正侧,故在该导联产生起始的 r 波,投影在 V5、V6 导联的负侧,故在该导联产生起始的 q 波。环体的大部分和终末向量投影在 V1、V2 导联的负侧,产生终末的 S 波,故 V1、V2 导联呈 rS 型。环体大部分投影在 V5、V6 导联的正侧,终末向量投影在 V5、V6 导联的负侧,故 V5、V6 导联呈 qRs 型。环体的前半部分投影在 V3、V4 导联的正侧,后半部分投影在 V3、V4 导联的负侧,故 V3、V4 导联呈 RS 型。

3. T 波的形成:T 波为心室的复极波。复极和除极一样,也可用一个空间心向量环——T 环来表示,T 环经过两次投影,形成了心电图上的 T 波。由于最后除极的心外膜心肌最早复极,所以 T 波综合向量的移动方向是从心外膜下的心肌到心内膜下的心肌,即向右、向上、向前,而 T 波综合向量轴的方向是从心内膜下的心肌指向心外膜下的心肌,即向左、向下、向后,故在 R 波为主的导联上 T 波是直立的。除极是瞬间的极剧烈的电位变化,而复极是相对缓慢的逐步从 0mV 达到 -90mV,故 T 波相对圆钝。

心脏除极、复极与心电图各波段的关系见图 11。

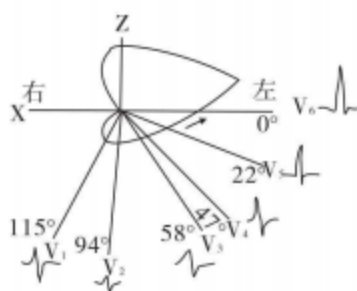


图 10 横面 QRS 向量环在胸导联轴上的投影

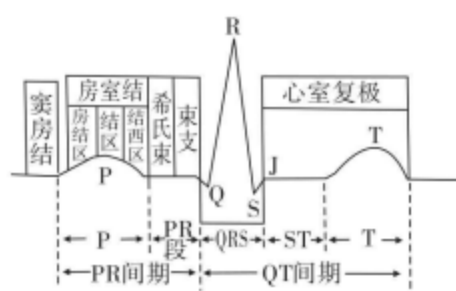


图 11 心脏除极、复极与心电图各波段的关系示意图

第二章 心脏的解剖生理

第一节 心脏的解剖结构

心脏位于胸腔内,左右两肺之间。收缩时如本人的拳头大小。心的前上面邻胸骨和肋软骨;后面为食管和胸主动脉;下面紧贴膈肌,上面为进出心脏的上腔静脉、主动脉和肺动脉。心表面有3条沟,冠状沟为心房与心室的表面分界,前、后纵沟为左右心室的表面分界。

心是一个中空的器官,其内部分为4个腔。上部两个为心房,由房中隔分为左心房和右心房;下部两个为心室,由室中隔分为左心室和右心室。左右心房之间,左右心室之间互不相通,而心房与心室之间有房室口相通。

1. 右心房:占心脏的右部,有3个入口一个出口。右心房的上方有上腔静脉口,后下方有下腔静脉口,全身的静脉血由此两口入右心房。在下腔静脉口与右房室口之间有冠状窦口,口缘有镰状的冠状窦瓣为界。心壁本身的静脉血由此入右心房。在右心房和右心室相通的地方有一个出口,称右房室口,右心房的血液经此口流入右心室。

2. 右心室:占心脏的前部。有一个入口,即右房室口。有一个出口,即它上方的肺动脉口。右房室口的上缘上附着三块三角形的瓣膜称三尖瓣。当心室收缩时,挤压室内血液,血液冲击瓣膜。三尖瓣关闭,血液不倒入右心房。右心室的前上方有肺动脉口,右心室的血液由此送入肺动脉。肺动脉口缘上有三块半月形的瓣膜称肺动脉瓣(半月瓣),当心室舒张时,肺动脉瓣关闭,血液不倒流入右心室。

3. 左心房:左心房占心脏的后部。在其后壁上有4个入口,即肺静脉口,每侧各两个。由肺进行气体交换后的新鲜血液,经肺静脉流入左心房。有一个出口称左房室口,血液由左心房经此口流入左心室。

4. 左心室:左心室占心脏的左后部,有一个入口,即左房室口,左心房的血液经左房室口入左心室。左房室口有二尖瓣,防止左心室的血液倒流回左心房。在左心室上方有一个出口,即主动脉口,左心室的血液经此口流入主动脉。左心室承担着全身血液输送的功能,所以左心室的肌层较右心室的肌层发达约为右心室壁厚的3倍,左心室的主动脉口也有3个半月瓣,称为主动脉瓣。起着防止主动脉内的血液倒流入左心室的作用。

第二节 心脏的电生理基础

一、心肌细胞的生物电现象

(一)心肌细胞的分类

根据组织学和生理学特点,可将心肌细胞分为两类。