

实用心电图图解

中国科学技术出版社

实用心电图图解

主编 高永献

编者 高永献 程汉章

陈春伟 张晨燕

审定 翁心植

中国科学技术出版社

内 容 提 要

本文是根据广大医务人员的要求,并在临床心电图教学实践的基础上编写的。全书共 11 章,内容包括:心电图的基础理论、正常心电图、房室肥大、心肌梗塞、冠状动脉供血不足、心律失常、心肌病变与心包炎、具有病因诊断意义的心电图、药物和电解质紊乱对心电图的影响、心脏起搏心电图以及动态心电图。

本书的特点是:把许多难于理解的抽象理论全部用图解显示出来,由直观到抽象,简明易懂。并且在每章节前均有提要,每幅图解说明一个问题。在某些章节中,还把原理图、病理解剖、临床心电图等有机地结合在一起,使读者一目了然,易于理解。

(京)新登字 175 号

实用心电图图解

主编 高永献

编者 高永献 程汉章 陈春伟 张晨燕

审定 翁心植

责任编辑:王文静

特约编辑:杨喜进

封面设计:张守义

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路 32 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

*

中国舰船研究院 714 印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:29 字数:600 千字

1992 年 12 月第一版 1992 年 12 月第一次印刷

印数:1—7000 每册定价:平装本 28.00 元,精装本 32.80 元

ISBN 7-5046-0976-5/R·180

前 言

心电图是临床实用价值较大而又简便常用的无创伤性的心脏检查方法,是心脏病诊断中必不可少的工具之一。心电图对某些心脏病如心肌梗塞、心律失常等具有独特的诊断价值。

心电图是内科医生,尤其是从事心血管病防治、研究人员必须掌握的一门诊断技术。近年来,随着经济建设和医疗事业的飞速发展,心电图检查技术已普及到基层,这就需要广大医务人员迅速、熟练地掌握这门检查技术。

《实用心电图图解》是在长期临床心电图教学实践基础上编写的。1987年曾作为幻灯教学片由中华医学音像出版社出版发行;1990年被卫生部教育司选为医学视听教材向全国推广应用。根据广大医务人员的要求,现重新修订出版,向全国发行。

缩短教学时间,提高教学质量,是编写《实用心电图图解》的主导思想。因此,本图解突出地显示了以下几个特点。

1. 理论与实践紧密结合。过去在心电图的理论教学之后,学员的识图能力一般比较差。图谱、幻灯教学片作为心电图的实践教材常被采用,但这二者又是互相分离的,尤其对自学者来说,单独看哪一种都是有困难的。把心电图的理论与实践紧密结合,融为一体,这是一种新的尝试。多年的教学实践证明:通过自学或教学之后,学员对心电图的测量、分析、诊断和理解能力大大提高,达到了预期目的。

2. 采用直观式的教学方法。在理论教学中,把许多难于理解的抽象理论全部用图解显示出来,由直观到抽象,简明易懂,易于掌握;在心律失常中广泛应用梯形图的分析方法,使读者一目了然,易于理解;在某些章节中,把原理图、病理解剖与心电图紧密结合,加深了理解,提高了教学效果。

3. 在结构上,保留了一般理论教科书的先后次序、循序渐进的特点。为弥补层次不清的缺陷,每章节前均有内容提要,以使读者能提纲挈领地掌握领会本章节的主要内容,并在本书最后列有附录和索引,以便读者查阅。

对初、中级医务人员来说,主要是掌握识图;对心电图专业人员,则要求同时掌握心电图原理。因此,本书对初、中级医务人员和心电图工作者都是适用的。同时,本书也选择了部分较为复杂的心电图,可供高级医务人员参考。

在临床心电图分析中,人们常常遇到一些疑难心电图,分析起来似是而非,因此可能有这样或那样的分析方法,得出的结论也不尽相同。本书也选择了一部分疑难心电图,以开阔初学者的思路。我们欢迎读者就书中的一些问题一起来讨论,以便提高我们的分析能力。

在《实用心电图图解》的编写过程中,得到了朝阳医院、北京中医医院等单位心电图室的大力支持。本书第十章心脏起搏心电图是由朝阳医院内科容凯主任审校的,并提供了部分资料,对此表示感谢。

由于时间仓促,我们的水平有限,书中错误在所难免,请读者批评指正。

编 者

1992年2月

目 录

前 言

第一章 心电图的基础理论	(1)
第1节 心电图的发生原理.....	(1)
第2节 心电图的导联和心电图机.....	(8)
第3节 心电向量与心电图.....	(21)
第4节 平均心电轴.....	(39)
第二章 正常心电图	(52)
第三章 房室肥大	(70)
第四章 心肌梗塞	(89)
第五章 冠状动脉供血不足	(141)
第六章 心律失常	(163)
第1节 心律失常总论.....	(163)
第2节 窦性心律与窦性心律失常.....	(172)
第3节 逸搏和逸搏性心律.....	(178)
第4节 过早搏动.....	(192)
第5节 心动过速.....	(217)
第6节 扑动和颤动.....	(231)
第7节 心脏传导阻滞.....	(246)
① 房室传导阻滞.....	(247)
② 窦房传导阻滞.....	(263)
③ 室内传导阻滞.....	(269)
第8节 干扰和脱节.....	(295)
第9节 预激综合征.....	(316)
第七章 心肌病变与心包炎	(337)
第八章 具有病因诊断意义的心电图	(350)
第九章 药物和电解质紊乱对心电图的影响	(366)
第十章 心脏起搏心电图	(385)
第十一章 动态心电图	(396)
第1节 动态心电图仪的结构.....	(396)
第2节 动态心电图仪的导联.....	(406)
第3节 动态心电图对心律失常的诊断价值.....	(409)
第4节 动态心电图对冠心病 ST-T 改变的动态观察.....	(440)
附录	(447)
附表1 P-P(R-R)间隔的格数、时间、心率换算表.....	(447)
附表2 心电轴偏转角度计算表.....	(449)
附表3 Q-T 间期正常最高值.....	(450)

附表 4 正常 P-R 间期最高限度表	(450)
附表 5 马氏二级梯运动测验登梯次数表	(451)
索引	(452)

第一章 心电图的基础理论

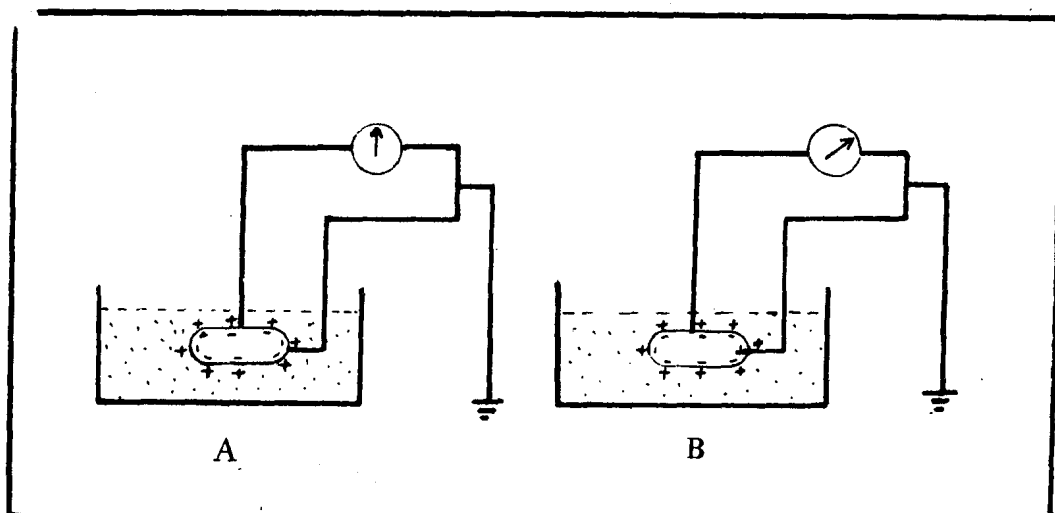
第 1 节 心电图的发生原理

提 要

心肌细胞的生物电现象
静息膜电位
心肌细胞的除极和复极
动作电位图与心电图
容积导电与心电图
心电图各波的形成

神经细胞的生物电现象是意大利学者 Galvani 于 1780 年首先用蛙的肌肉进行研究的。Valt 发明电位计后, Galvani 于 1794 年用微电计准确地测出了肌细胞的损伤电位, 随后又测出了神经细胞的静息膜电位和动作电位。从此, 生理学进入了一个新的领域——电生理学的新时代。

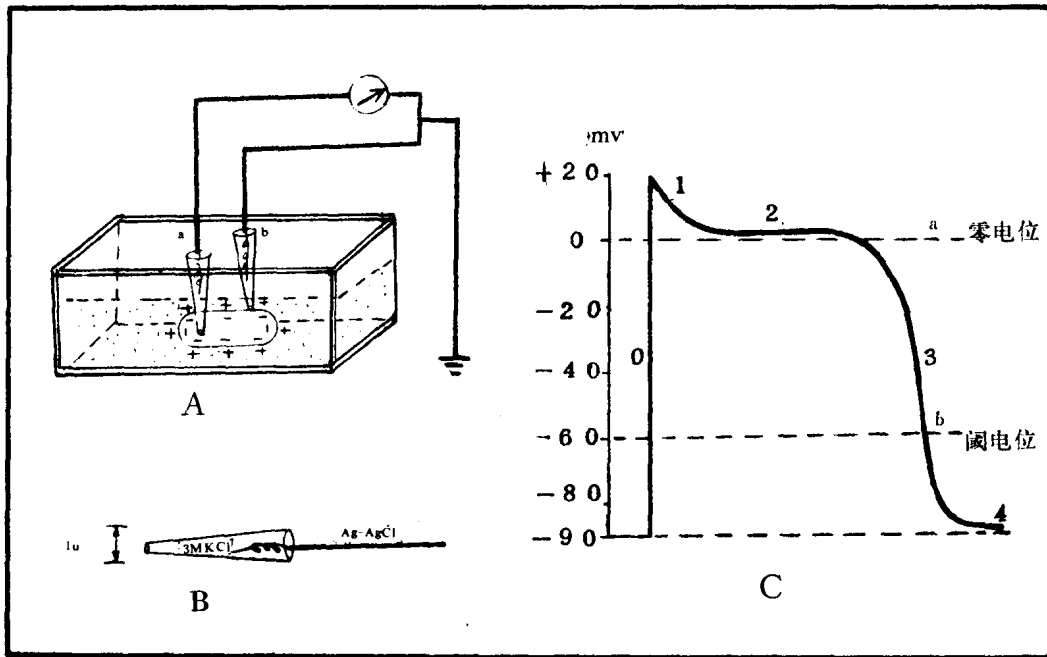
图 1 心肌细胞内外电位差的测定



A 图为两个微电极均放在细胞表面, 可以看到电位计的指针保持在零位。B 图为一个电极插入细胞内, 另一个电极置于细胞表面, 这时发现电位计的指针偏向负侧。这说明心肌细胞内

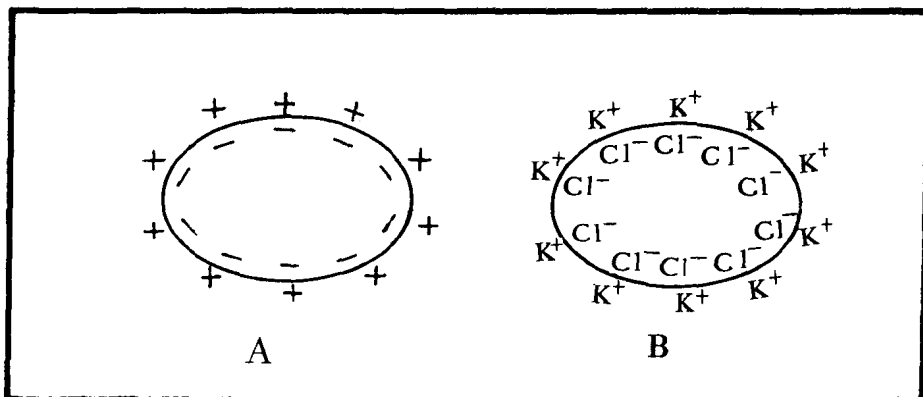
外产生了电位差,而且细胞内电位比细胞外电位低 $-80\sim-90\text{mV}$,此电位叫做心肌细胞的膜电位。

图 2 心肌细胞膜电位测定



A 图为将单个心肌细胞浸泡在盛有组织液的容器中,将微电极 a 插于心肌细胞内,微电极 b 置于心肌细胞外,无干电极接地,此时发现电位计指针偏向负侧。B 图为玻璃毛细微电极的构造。微电极的最大直径为 1μ ,管腔内充满 3 克分子氯化钾溶液和银-氯化银导线。C 图为描绘出来的动作电位图,分别用 0、1、2、3、4 相来表示,其中 a 为零电位线,b 为阈电位。那么心肌细胞的膜电位是怎样产生的呢?

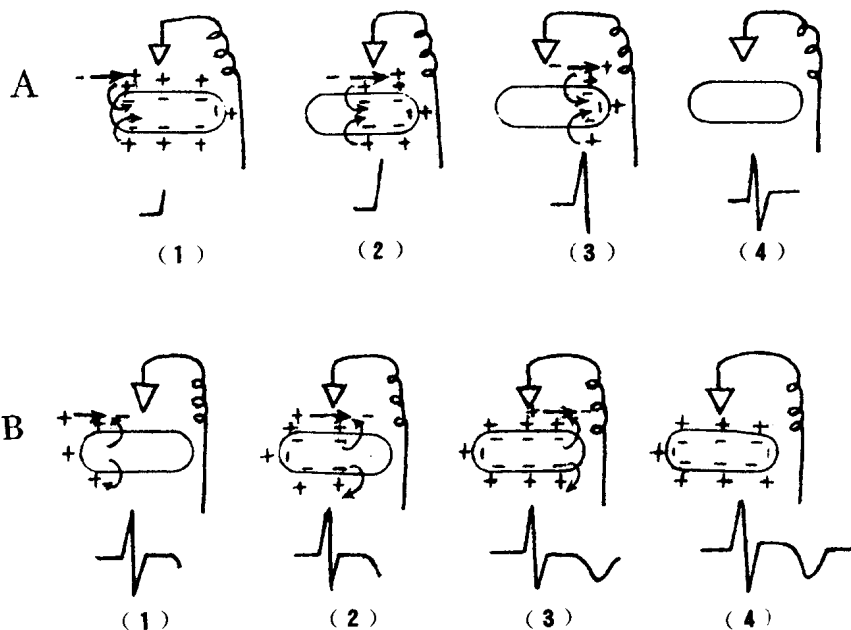
图 3 静止状态下心肌细胞内外离子分布



在静止状态下,心肌细胞膜外面带有一层正电荷,用“+”来表示;细胞膜内面带有一层负电荷,用“-”来表示。在静止状态下,电荷数目保持相对的平衡,故无电流产生,这种状态叫做心肌细胞的**极化状态**,这时的心肌细胞膜称之为**极化膜**。

心肌细胞膜内外电位产生的原因有二:(1) 心肌细胞膜内外离子种类分布不平衡,细胞内 K^+ 的分布是细胞外 K^+ 浓度的 38 倍,而细胞膜外 Na^+ 是细胞膜内 Na^+ 的 36 倍, Ca^{++} 基本上在细胞膜外,负离子主要是 Cl^- 和有机负离子。这种离子浓度差异促使 K^+ 自细胞内向细胞外渗透。(2) 细胞膜对离子具有选择的通透性。细胞膜是由脂质-糖-蛋白质构成的复合分子,带有负电位的一层薄膜。这层薄膜有利于 K^+ 的外渗,而 Na^+ 和 Cl^- 的通透性却受到一定的限制。这样,细胞膜内附着一层阴离子,细胞膜外面附着一层阳离子,致使膜内形成 $-80\sim-90mV$ 的负电位。

图 4 电偶学说与心电图



当极化状态下的心肌细胞一点受到刺激(机械、化学、电流)时,则发生两种改变:(1) 细胞膜的绝缘性发生改变,细胞膜的电阻迅速下降。(2) 细胞膜对离子的通透性迅速改变。首先是 K^+ 的通透性降低, Na^+ 的通透性增加。 Na^+ 由膜外的高浓度迅速向膜内扩散,于是膜内外电位发生了逆转,细胞膜内外的离子极化状态消失,这种变化过程叫做**除极**,或叫做**激动过程**。

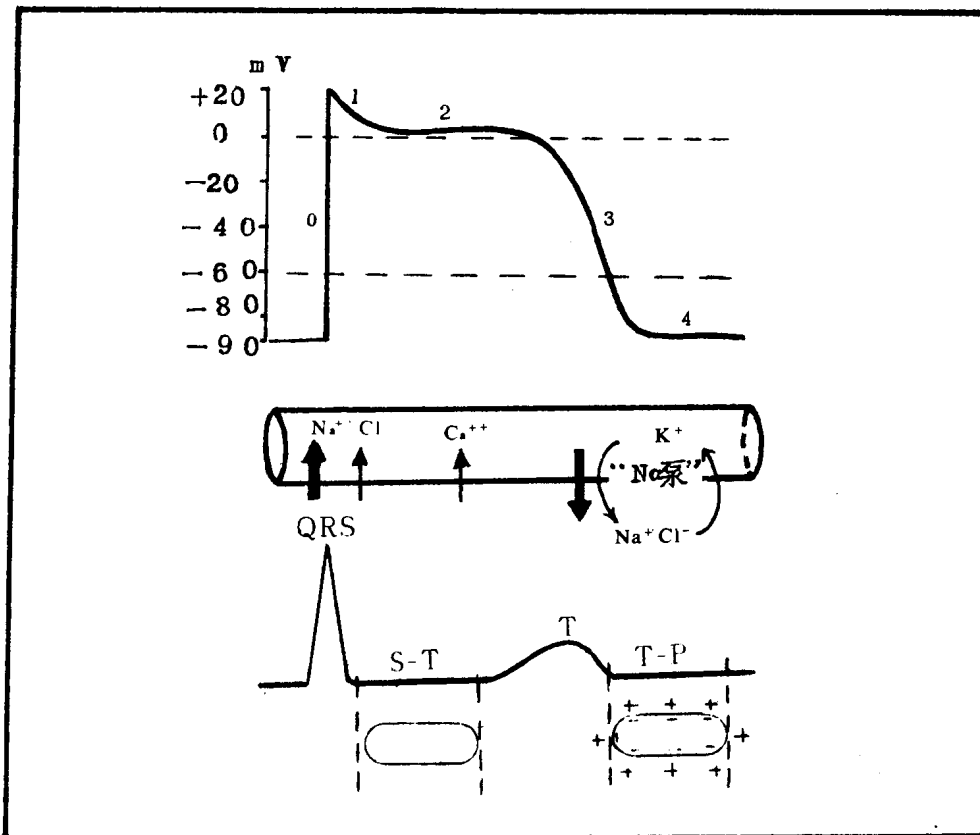
除极: 极化状态下的心肌细胞,细胞膜外排列一层正电荷,细胞膜内排列一层负电荷,细胞表面无电流活动,探查电极记录的是一条直线。极化状态下的心肌细胞一点受到刺激之后,细胞膜的电阻降低,离子的通透性发生了改变,细胞膜外的 Na^+ 通过刺激部位进入细胞内。这不仅使细胞内电位发生改变,同时使细胞膜表面的电位也发生了改变。已除极的部位电位低,未除极部位相对变高,这样使细胞表面产生了电位差。已除极部位叫**电穴**,未除极部位叫**电源**。**电穴和电源组成一对电偶**。除极过程实际上是一对电偶在移动,除极的方向是**电源在前,电穴在后**。当探查电极面对电源时,可记录到向上的波形,如图中A(1);当探查电极面对电穴时,记

录到向下的波形。探查电极越靠近电源，则正向波越高，如图中 A(2)；探查电极越靠近电穴时，则负向波越深，如图中 A(3)。

整个心肌细胞除极完毕，细胞膜表面不带有正电荷，细胞膜内不带有负电荷，这种状态叫做**除极化状态**。这时探查电极所记录到的是一条直线，如图中 A(4)。

复极：除极完毕后，心肌细胞靠“ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵”把细胞内的 Na^+ 排除到细胞外，而把 K^+ 转移到细胞内。这个过程不断地消耗能量，其能量来源于 ATP(ATP 在 ATP 酶作用下水解成 ADP，释放出磷酸和能量)。除极化状态下的心肌细胞在“ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵”的运转下，把 Na^+ 排出细胞外，把 K^+ 转移到细胞内，重新形成极化状态，这个过程叫做**复极**。单个心肌细胞的复极程序是先除极的先复极，后除极的后复极。图中 B(1)为复极开始，心肌细胞在“ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵”的作用下，膜外重新获得阳离子。已复极的部位电位高，叫电源，未复极部位电位低，叫电穴。电源和电穴又组成一对电偶。复极的方向是电穴在前，电源在后。当探查电极面对电穴时，记录到一个向下的波形；当探查电极面对电源时，负向波又逐渐回到零位，如图中 B(2)(3)所示。复极完毕，细胞又恢复到极化状态，如图 B(4)。

图 5 心肌细胞的动作电位图与相应的心电图之关系图解



当心肌细胞受到刺激而发生兴奋时，心肌细胞对离子的通透性发生一系列改变，引起离子的越膜运动，膜内外的电位差因而发生变化。这种随着兴奋过程而发生的电位变化叫做**动作电**

位。动作电位包括除极和复极两个过程,它是将微电极插入心肌细胞内而描记出来的电位曲线。而心电图是体表记录下来的整体心脏的除极和复极过程所产生的电位曲线。

电生理学研究证明,心肌细胞分为快反应细胞(如心肌细胞、传导束和浦顷野氏纤维)和慢反应细胞(如窦房结和房室结的P细胞)。快反应细胞的 Na^+ 、 Ca^{++} 的内流分别通过快、慢两种不同的通道来实现的,慢反应细胞仅有慢通道而不具有快通道,其除极完全是由于 Ca^{++} 的内流引起。因此除极速度慢,静息膜电位小,传导速度慢,不应期长。

动作电位曲线可分为下列5个时相:

0相:为除极化期,相当于心电图上的R波。此时 Na^+ 快通道开放, Na^+ 快速进入细胞内。此期时间短,不到2毫秒。

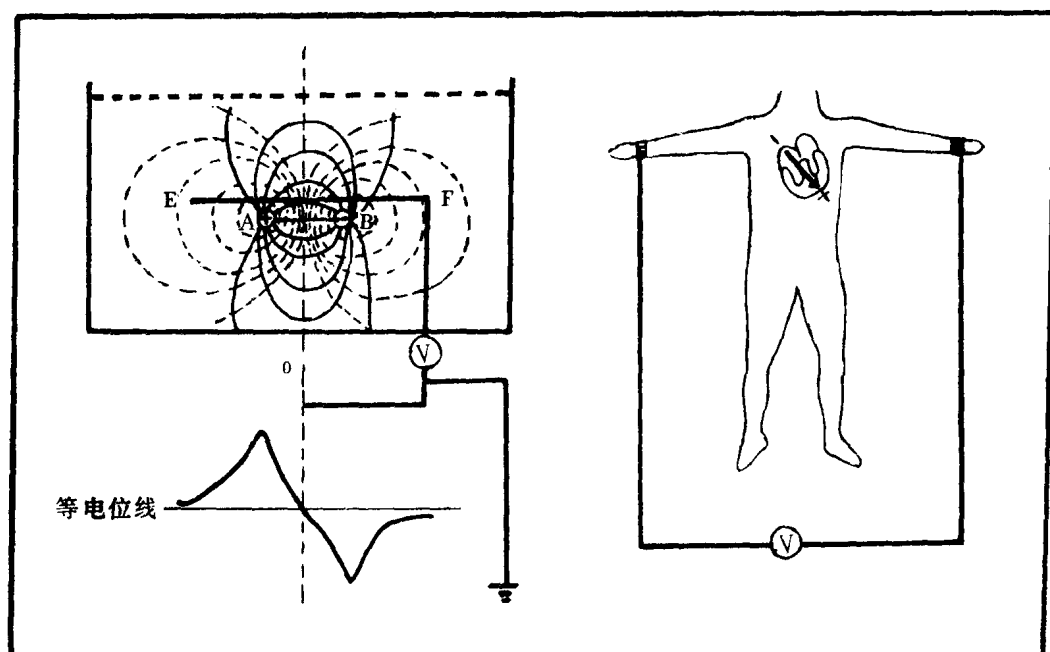
1相:为快速复极化期,相当于心电图上的j点。此时 Na^+ 的快通道失活, Na^+ 停止内流,而 Cl^- 快速内流。此期10毫秒左右。

2相:为缓慢复极化期,相当于心电图的S-T段。此时慢通道激活, Ca^{++} 缓慢内流。此期大约100毫秒,细胞外 Ca^{++} 浓度越高,内流越快,2相的时间越短,反之则长。

3相:为终末复极化期,相当于心电图的T波。此时 K^+ 从细胞内流向细胞外,细胞内电位迅速下降,复极完毕。此期约100~150毫秒。

4相:为电舒张期,相当于心电图的T-P段。此时细胞膜上的“钠泵”排出 Na^+ 、 Ca^{++} ,而将 K^+ 摄入细胞内,使细胞膜内的各种离子又恢复到兴奋前的静息电位时期。

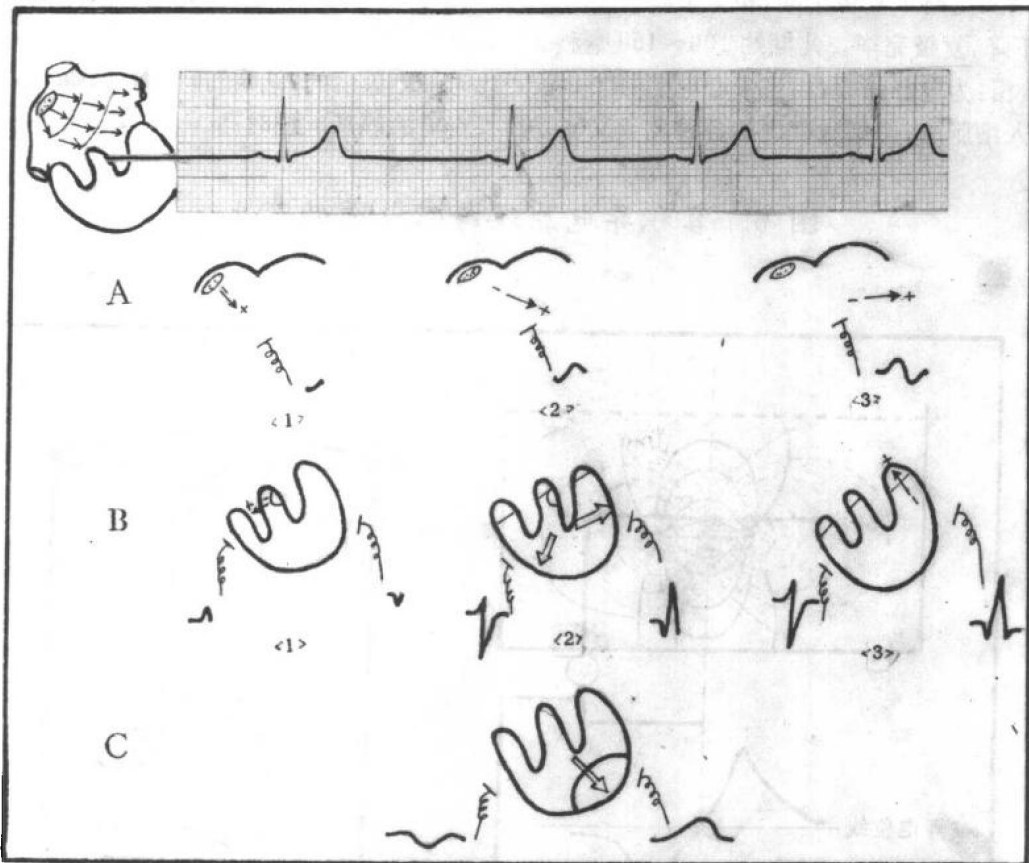
图6 容积导电原理与心电图的产生



将一个电池的阴阳两极放于一个稀释的食盐溶液中,由于溶液是一个导体,电流必然从阳极流向阴极,不同强度的电流贯穿布满溶液中,这种导电方式电学上叫做**容积导电**。在容积导电体内,与阴阳两极等距离的垂直平面上各点的电位为零。将一电极置于零电位线上,探查电极置于E点。如将探查电极从E点移向F点,则电压从小到大,然后又从大到小。当探查电极移至等电位线时,电压为零。当电极继续向F点移动时,负电位越来越大;当探查电极超过B点时,则负值又越来越小,最后又回到等电位线。

人体含有多种电解质,具有良好的导电性能。人的心脏相当于在容积导电体内,心脏电激动过程的电源和电穴相当于容积导电体的阳极和阴极。这种影响不仅在心脏细胞内,而且传到人体各部位,所以我们可以人体表面测到电位差。心电图机接收到电信号后经过放大,加以记录,即得心电图。

图 7 P-QRS-T 波的形成图解



A 图为 P 波的形成, B 图为 QRS 波的形成, C 图为 T 波的形成。

P 波的形成 P 波代表左右心房除极综合波。激动首先起自窦房结的起搏细胞(P 细胞), 通过结间束传导到左、右心房, 使左、右心房全部除极。其方向: 向左、向下、向后。A(1)为激动自窦房结发出, 电源在前, 电穴在后, 由于距离探查电极较远, 受电源的影响较小。A(2)为电偶

的移动接近探查电极,受电源的影响最大,P波的正值最大。A(3)为电偶背离探查电极时,受电穴的影响最大,描记出向下的负向波。

P波的形态是随探查电极的位置而定的。当探查电极位于心房的左下方时,电源总是对着电极,所以P波总是直立的。当探查电极位于心房右上方时,电穴总是背着探查电极,所以P波总是倒置的。

QRS波的形成 QRS波代表心室除极波。第一个向下的波叫Q波,第一个向上的波叫R波,第二个向下的波叫S波。心室的除极程序:激动通过左束支的分支传到室间隔,引起室间隔除极,然后通过左、右束支的分支使左、右心室同时除极。心室除极是由心内膜向心外膜进行的。B(1)为室间隔左上中 $\frac{1}{3}$ 处开始除极,方向为向右、向前、向上。探查电极在右胸前导联时,描记出向上的r波,在左胸前导联时描记出向下的q波。B(2)为激动通过左、右束支及浦顷野氏纤维传导激动心室,由于左室壁比右室壁厚,故左室产生的电动势也比右室大。所以,当探查电极放于右胸前导联时,描记出向下的S波,而在左胸前导联则描记出向上的R波。B(3)为心室基底部除极,方向为向右、向后、向上。由于其电动势较小,所以对右胸前导联的探查电极影响较小,而在左胸前导联则形成小的s波。除极完毕,在右胸前导联形成rS波,在左胸前导联形成qRs波。

T波的形成 T波为心室复极波。单个心肌细胞是先除极的先复极,而整个心室肌则是先除极的后复极,后除极的先复极,即从心外膜向心内膜进行。复极时电穴在前,电源在后,所以在左胸前导联描记出向上的T波,如图中的C。

关于心室复极为什么从心外膜开始向心内膜进行,可能和以下因素有关:(1)心内膜由于血流关系易于散热,而心外膜由于有脂肪包围不易散热,心外膜的温度比心内膜要高 1.5°C ,心肌细胞代谢发生快,故外膜先开始复极。(2)内、外膜的压力不同,心内膜受血流的压力比较大。压力的大小与代谢的速度有关,压力大,代谢慢,所以复极首先从压力较小的心外膜开始。

第 2 节 心电图的导联和心电图机

提 要

爱氏三角与标准导联

魏氏“中心电站”与单极肢体导联

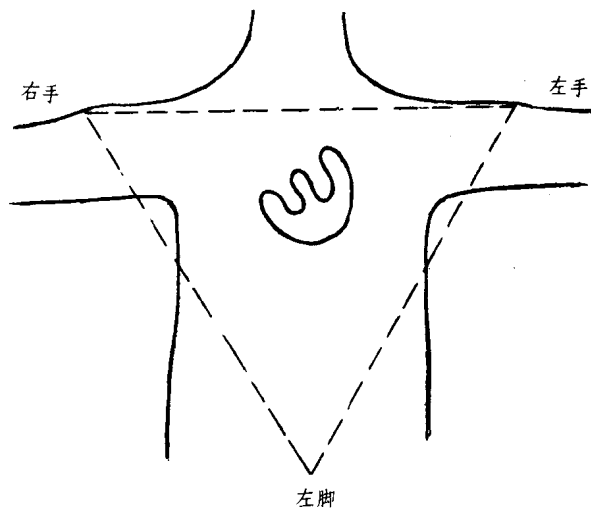
单极心前导联

六轴系统和心电图各导联之间的关系

心电图机的原理

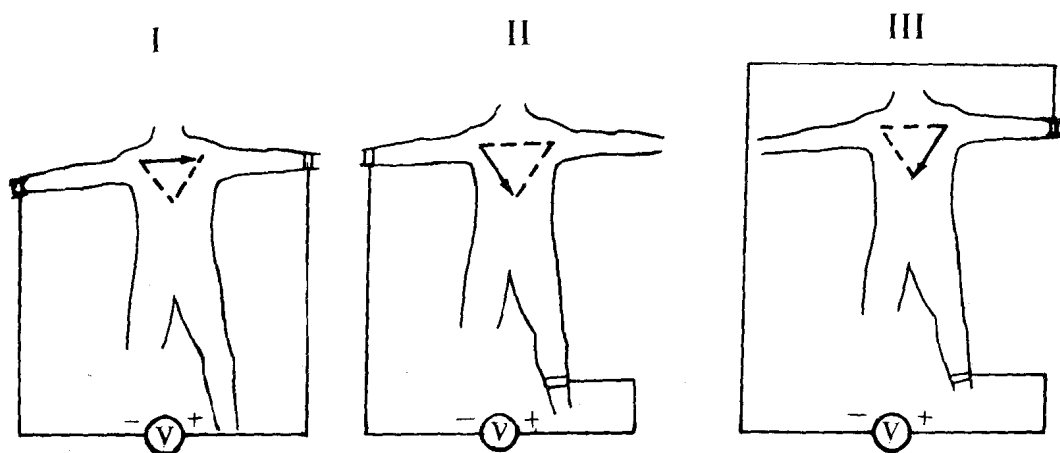
心电图机的使用及常见故障的排除

图 8 爱氏三角与标准导联



1903年, Einthoven 提出以下设想: (1) 人体是一个均匀的容积导体; (2) 把人体左手、右手、左脚看成是一个等边三角形的三个顶点, 而心脏位于等边三角形的中心; (3) 心脏与上述三个肢体在同一平面上; (4) 心脏的激动过程犹如位于体内的一对电偶在移动。根据这个学说设计了心电图三个标准导联, 或叫做双极导联。

图 9 双极导联连接方法图解



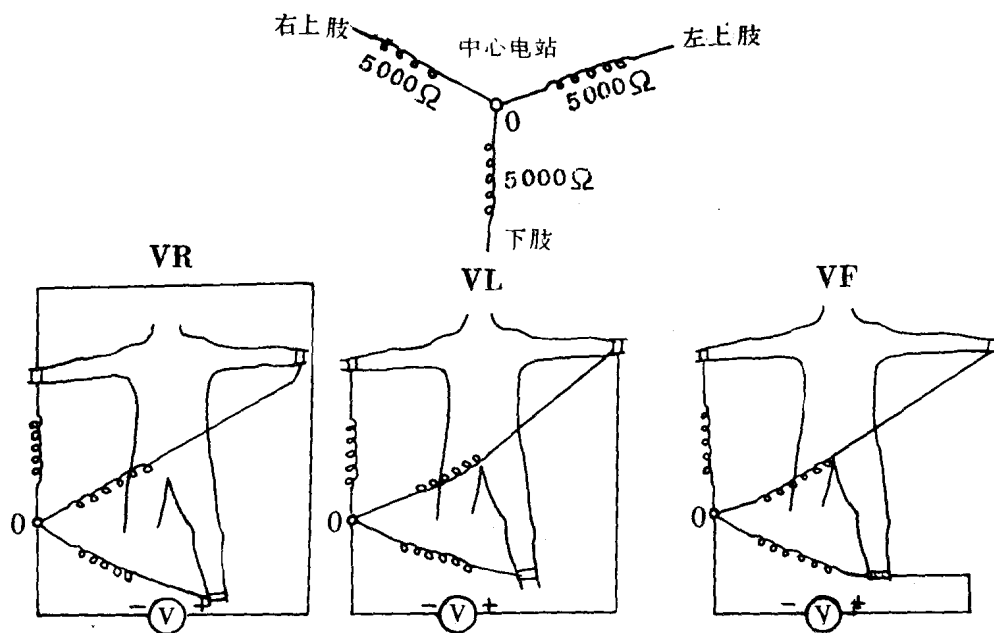
I 导：左上肢连于心电图机的正极，右上肢连于心电图机的负极。

II 导：左下肢连于心电图机的正极，右上肢连于心电图机的负极。

III 导：左下肢连于心电图机的正极，左上肢连于心电图机的负极。

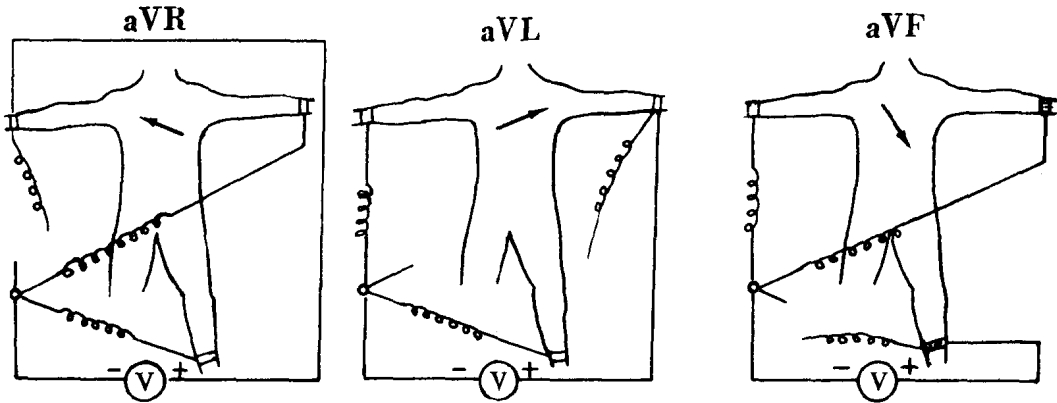
双极导联仅仅反映人体两点间的电位差，但不能反映哪个电极在变化。心电图工作者希望有一个电极的电位恒定，或电位变化很小，而另一个电极测得的电压则能反映单一肢体导联的电位变化。为了解决这个问题，19 世纪 40 年代 Wilson 根据 Einthoven 学说提出了“中心电站”理论。

图 10 魏氏“中心电站”与单极肢体导联



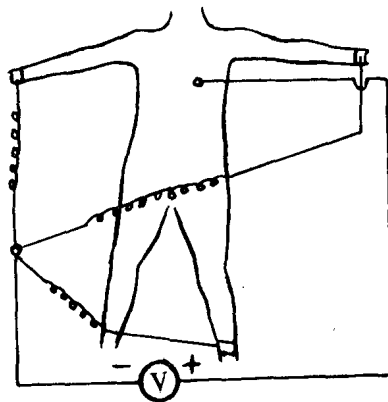
魏氏学说的主要理论是：等边三角形的中心点 O 到三角形各顶点的连线 OR、OL、OF 就是单极肢体导联的导联轴。若把 O 点看作“中心电站”，在三个导联轴上分别接上 5000Ω 的电阻，这样使“中心电站”的电位接近于零。将“中心电站”与心电图机的负极相联，正极分别接于右上肢、左上肢和左下肢，构成了单极肢体导联，分别用 VR、VL 和 VF 来表示。但这样测得的电压很小，不便观察。为了解决这个问题，Goldberger 创用了加压肢体导联。

图 11 单极加压肢体导联连接方法图解



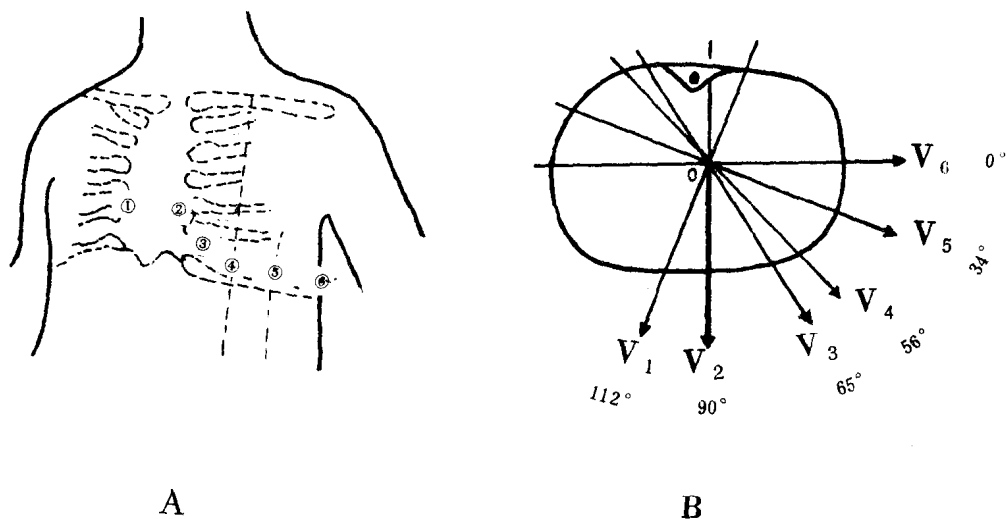
当描记某一肢体的加压肢体导联心电图时，就将该肢体导联与“中心电站”连接的 5000Ω 电阻切断，然后用导线将该肢体与心电图机正极相连，“中心电站”接于心电图机的负极。分别用 aVR、aVL 和 aVF 来表示。当描记 aVR 导联心电图时，右手接正极，“中心电站”接负极；当描记 aVL 导联心电图时，左手接正极，“中心电站”接负极；当描记 aVF 导联心电图时，左脚接正极，“中心电站”接负极。这样描记出来的心电图的电压比单极肢体导联高 50%。

图 12 单极胸前导联的连接方法图解



将“中心电站”连接于心电图机的负极，把探查电极连接于心电图机的正极。

图 13 胸前导联电极安放位置图解



V₁: 胸骨右缘第四肋间。

V₂: 胸骨左缘第四肋间。

V₃: V₂ 和 V₄ 的连线中点。

V₄: 胸骨左缘第五肋间与锁骨中线交界处。

V₅: V₄ 同一水平线与左腋前线交界处。

V₆: V₅ 同一水平线与左腋中线交界处。

胸前各导联之间的夹角如 B 图所示。在特殊情况下,还可以应用以下附加导联:

V_{3R}: 胸骨右缘,与 V₃ 相对应处。

V_{5R}: 胸骨右缘,与 V₅ 相对应处。

V₇: V₅、V₆ 水平线与腋后线交界处。

V₈: V₇ 同一水平线与肩胛线交界处。

V₉: 脊柱左缘,与 V₈ 同一水平线交界处。

通常使用的导联有 I、II、III、aVR、aVL、aVF、V₁、V₃ 和 V₅ 9 个导联,称做常规导联,必要时加做 V₂、V₄、V₆ 导联,共 12 个导联。