

心电图学讲义

第二军医大学第一附属医院

一九七六年七月

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

学制要缩短。课程设置要精简。教材要彻底改革，有的首先删繁就简。

学好本领，好上前线去。

前 言

遵循伟大领袖毛主席“把医疗卫生工作的重点放到农村去”和“为全体军民服务”的光辉指示，医疗保健事业在全国、全军蓬勃发展，心电图的临床应用乃亦日趋普遍，工农兵学员迫切希望掌握看心电图的本领，俾能更好地为伤病员服务。

无产阶级文化大革命前，在修正主义教育路线影响下，认为心电图深奥难懂，工农兵学员是不会学会的，因此历来对心电图的教学不重视，理论严重脱离实际，成为临床课程中的点缀品。无产阶级文化大革命后，随着教育革命的深入，几年来在校院党委和内科支部的领导下，广大工农兵学员支持和鼓舞下，积极改革了对心电图的教学方法，重点放在学会怎样看图，理论部分仅限于结合实际说明关键问题为主。经几个年级的教学实践，收效较大，学员普遍反映满意，并一致要求把实习过程内容编印成册，以适应开门办学的需要。

为此，奉我校训练部首长的指示，写成这本讲义，并蒙二院同志审阅。由于水平所限，谅必存在纰缪之处，希同学们批评指正并提出宝贵改进意见。

一 院 内 科 教 学 组

一 九 七 六 年 七 月

目 录

心电图的基本概念.....	1
心肌细胞的电位变化规律.....	2
除极的连锁反应与向量概念.....	5
容积导电概念.....	7
探查电极位置与波形方向的关系.....	9
心脏激动的传递程序与 PQRSTU 的产生过程.....	15
导联.....	23
图型与导联的关系.....	27
时间与电压的正常范围.....	38
习题一 如何阅读心电图.....	45
习题二 怎样诊断心房肥大.....	53
习题三 怎样诊断心室肥厚.....	58
左心室肥厚.....	58
右心室肥厚.....	61

左右心室肥厚.....	64
习题四 房室束支传导阻滞.....	68
左房室束支传导阻滞.....	68
右房室束支传导阻滞.....	71
左束支分支阻滞.....	74
习题五 怎样诊断急性心肌梗塞.....	79
习题六 慢性冠状动脉供血不全.....	91
习题七 心肌炎与心包炎.....	96
习题八 电解质平衡失调与药物影响.....	100
血钾过低.....	100
血钾过高.....	102
血钙改变.....	102
洋地黄.....	105
锑剂.....	106
习题九 怎样诊断常见心律失常.....	107
窦性心律失常.....	112
期前收缩.....	116
阵发性心动过速.....	125

颤动与扑动.....	132
房室传导阻滞.....	139
保护功能所致心律失常.....	145
习题十 综合复习	148
附录	159
(一) R-R 间距与心率对照表.....	159
(二) Q-T 间期与心率关系表.....	160
(三) 心电轴偏移度数测定表.....	161
(四) 习题答案.....	163

心电图的基本概念

心肌的电激动导致心脏机械性收缩。这种电激动过程的电位影响反映在身体表面，经心电图机记录而成为心电图。一帧典型的心电图是由P波、QRS波群、T波和U波以及各波之间的间隔平段所组成（图1），其中P波是反映心房的电激动过程，QRS波群是反映心室的电激动过程，而T波则是心室在电激动后复原时所形成。心房在电激动后也需复原，但是由于心房电复原与心室电激动几乎适在同时发生，而且心房电复原产生的电位影响极小，因此在正常心电图上看不到心房的电复原波。P波与QRS波群之间有一个间隔平段，称为P—R段，这是代表心房电激动传导至心室的过程中通过房室结与房室束时所耽搁的部分时间。QRS波群与T波之间的间隔平段称为ST段，这个段和T波一样，也是心室在电激动后复原过程的一部分，只是由于心室电复原开始阶段的电位变化速度慢，反映在身体表面的电位影响极小，因而在心电图上仅仅描记为接近基线的平段。U波在正常心电图上是一个极低的小波，它并不专指心脏哪个特殊部分的电变化，仅被笼统地认为

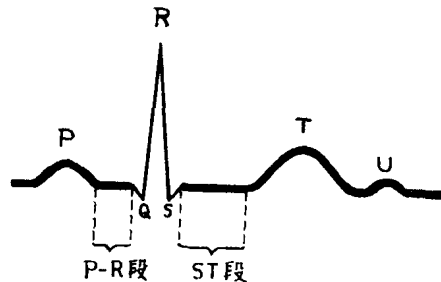


图1 典型心电图的波段

是由于心肌激动后的“激后电位”所致。

心肌的电变化是怎样发生的？为什么心房的电激动所造成的波是一个单纯的P波，而心室电激动引起的却是一个复杂的、由三个波合组成的QRS波群？T波既是反映心室电激动后复原过程的电位影响，其形态为什么与心室电激动所形成的波群如此不同？对于诸如此类的一些问题必须有个基本概念，然后才能更好地理解病理情况下可能发生的各种心电图变化。

【心肌细胞电位变化规律】 心肌细胞在未激动前细胞膜内侧与细胞膜外面呈一定的电位差。以心室肌细胞为例，细胞内的电压比细胞外约低90毫伏，如把细胞外的电压作为零点，则心室肌细胞内的电压约为-90毫伏（图2）。之所以有此电位差，主要是由于细胞内与细胞外的离子分布浓度不同所致。例如钾，细胞外液中的浓度为4~5毫当量/升，而细胞内的钾约为150毫当量/升，细胞内比细胞外约高

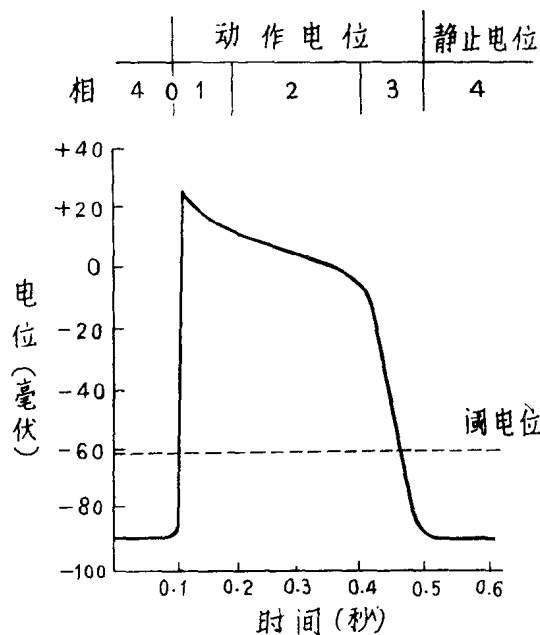


图 2 心室肌细胞的电位变化

30 倍。钠则相反，血清钠为 140 毫当量/升上下，细胞内含量很少，细胞外比细胞内高十数倍。其他离子如氯等在细胞内外的分布亦均不同。心肌细胞未激动时细胞膜对这些离子具有不同的渗透性，钾可有极少量的渗出，而钠则几乎绝对不能渗入细胞内（据认为细胞内有“钠泵”，可随时把钠拒之于外）。所以，虽然钾与钠在心肌细胞膜内外两侧的浓度相差许多倍，但当心肌细胞静止时（不在激动时），这二个离子不能任意进出，从而造成细胞内 -90 毫伏的电位差。此时心肌细胞均处于这个稳定电位状态，细胞膜外电位高，是阳极，细胞内电位低，是阴极，呈极化状态，并无电流发生（图 3）。

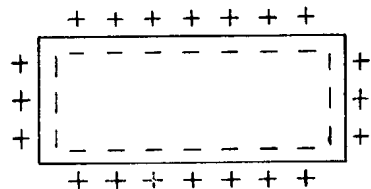


图 3 心肌细胞的极化状态

当心肌细胞受到刺激（物理的、化学的或电的刺激）时，细胞膜对离子的渗透性突然发生改变，特别是钠的渗透尤为明显。可能由于此时“钠泵”暂时停工，细胞外的钠在其浓度高过细胞内数倍的优势下渗入细胞内。虽其实际渗入量未必很大，但这股倾向于渗入的势力已足以打破细胞内外原来的浓度分布局面，于是细胞膜内侧与细胞膜外面原有的电位差迅速缩小，细胞内电压陡然上升。当细胞内电压自 -90 毫伏上升至大约 -60 毫伏（心室肌细胞的阈界电位）时，即使此时刺激已不存在，细胞内电位仍继续迅速升高，甚至矫枉过正，反而超过细胞外的电位，细胞内电压暂时变成了 +20 毫伏以上。从极化状态突然转化为现在这个情况称为除极，这一过程极为迅速，只需不到百分之一秒钟即可完成（图 2 的 0 相）。

除极后立即随以复原的过程，称为复极。心肌细胞的复极过程虽在除极后马上开始，但其进行速度远较除极过程为慢，可区分为三个阶段，首先是细胞内电位自+20毫伏迅即下降至细胞外的电位水平，即细胞内外无明显电位差（图2的第1相），继而在此水平上下维持一段短时间（图2的第2相），然后急转直下，细胞内电位迅速退回至-90毫伏（图2的第3相）。经过这三个阶段的电位变化，复极完成，心肌细胞乃又回到极化状态（图2的第4相）。在复极过程的第1相与第2相中，钠离子当然已不再继续渗入细胞内，但除极过程中已经渗入细胞内的钠此时仍未排出，即使第3相中钠亦尚未外排，第3相时细胞内电位的迅速下降主要是由于细胞内钾的向外渗出增加所致。迨第4相开始时，细胞内“钠泵”重新开动，驱出原先渗入细胞内的钠，同时收回第3相中渗出的钾。上文曾提及正常心电图上的U波是“激后电位”所致，所谓激后电位据认为可能就是由于回收钾的作用所造成。

归纳上述，心肌细胞的电变化包括二个部分：①静止电位，即极化状态；②动作电位，包括除极过程与复极过程。这是产生心电图的基础。心房除极过程（所有心房肌细胞的相继除极，不是指一个细胞）产生P波；心室除极过程（所有心室肌细胞的相继除极）形成QRS波群；心室复极过程（所有心室肌细胞第3相的综合电变化）产生T波。第1、第2相电压改变速度慢，变化幅度小，而且心肌细胞发出的电由于心外组织起电阻的作用，当其传导至身体表面时往往只有原来电压的1%左右，因此在身体表面记录不到明显波动，于是祇能形成ST段这一个平段而不能产生具体明确的波。注意！图2是单独一个心室肌细胞电位变化的图形，不等于心电图，心电图是整个心房与心室除极、复极过程中电位变化的综合现象，图形

完全不同，不可混为一谈。心肌细胞的电变化是心脏机械性收缩、舒张的动力，但不等于就是心脏的机械活动，因此也不可把心电图上的各个波与心脏的收缩期或舒张期混为一谈。

【除极的“连锁反应”与向量概念】 当二个紧邻的心肌细胞均在极化状态时，它们细胞膜外面均为阳电荷，电位相同，相互之间并无电流发生。现在如其中一个细胞发生除极，则该细胞原有的外高内低的电位差消失，细胞膜外面的阳电荷已不复存在，此时这个已除极细胞与其紧邻的未除极细胞之间产生了电位差，未除极细胞的细胞膜外电位高于已除极细胞外面的电位，于是未除极细胞外面的阳电荷不再能继续保留，势必向低电位处流失。因此，第一个细胞除极必然促使紧邻的第二个细胞跟着除极，第二个细胞除极后与第三个细胞之间发生了电位差，从而引起第三个细胞的除极。如此不断推进，构成“连锁反应”，直至所有邻接的心肌细胞统统除极为止。正因为这个“连锁反应”，所以在正常心脏当窦房结发出电激动后可顺次引起右心房、左心房和心室的除极过程，从而导致心房、心室的机械性收缩。

由于这个“连锁反应”是多方向而不是朝单一方向推进的，因此一个心肌细胞的除极将引起其左右、前后、上下各方面紧邻细胞的除极，这就产生了向量问题。所谓向量，是既代表推进方向又代表推进力量的一个综称。心肌细胞千百万，排列又较特殊（为了提高收缩排血效率，心肌纤维束多呈螺旋形排列），当心房或心室除极时，在同一瞬间可有不可胜数的方向不同、力量不同的向量，而且这些向量还在不断改变着方向与力量。心电图机当然不可能同时把不计其数的向量分别加以记录，但是所有同一瞬间出现的向量均可组合成为综合向量而在心电图上反映出来。例如几个方向完全相同的向量可起相加作用而成为一个大的向

量；方向完全相反的向量则相减抵销而成为一个指向优势一方的小向量，或者因两方势均力敌而完全抵销。若有两个向量的方向既不完全相同又不完全相反而成为一个角度时，则可借平行四边形法则来推断其综合向量，方法为：把两个向量作为平行四边形的邻边，其对角线即为其综合向量（图4）。

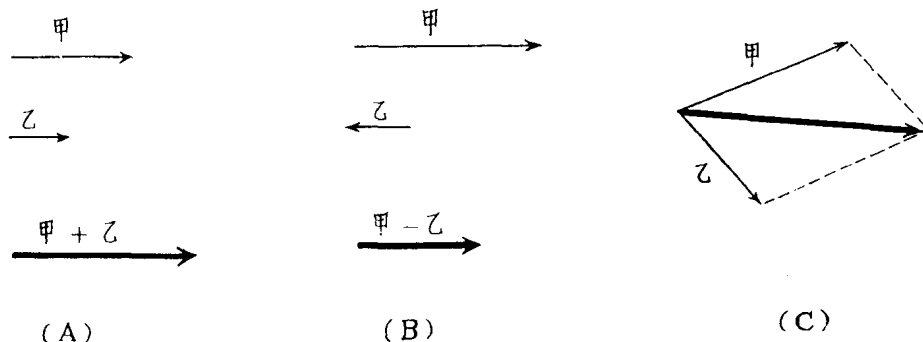


图 4 综合向量示意图

以上说明当心肌细胞在极化状态中受到刺激时由于细胞膜内外之间电位差的消失，细胞膜外面的阳电荷不复存在，乃与邻接细胞外面发生电位差，从而导致邻接细胞的相继除极。

这个连锁反应样的除极过程产生不断发展变化着的诸多向量，同一瞬间的诸多向量又可集中反映为综合向量，心电图机记录的就是这个综合向量的动态过程。心电图上各个波的形态各异，有的向上，有的向下，高低深浅宽度亦不相同，这是向量变化的结果。除极过程中向量头部面对着探查电极时出现向上的波，探查电极对着向量尾部时出现向下的波，波的高低深浅取决于向量的大小，波的宽窄则反映向量持续时间的长短。一句话，向量决定心电图。

【容积导电概念】 如把一个电池的两极浸入一盆盐水中，此时阳极与阴极之间虽无电线联系，但仍能过电，这是因为盐水也是导电体之故。由于整盆盐水（全部容积的盐水）都起导电作用，所以称为容积导电。这就意味着这盆盐水的全部容积中无论哪里均负有电荷，靠阳极的一边为阳电荷，靠阴极那边为阴电荷；各处电压的大小则随距离电极的远近而定，靠近电极处电压高，愈远愈低（图5），等电环圈上各处的电位则相同。心脏在胸腔内好象电池浸在盐水中的情况差不多，心脏发出的电通过体液与组织传导至全身各处。根据容积导电的法则，身体各部位所感应到的电压大小不相同，例如左肩部的电压比右肩部的电压高，腕部的电压比左肩、右肩的电压都高，心前区因邻近心脏而电压更高。左臂各处（无论是左上臂、左前臂、左腕或左手）的电压与左肩部的电压大致相同，这是因为左臂实际上仅仅是左肩的延伸线，好比从左肩接出一根电线来相似，所以做心电图时电极板放在左臂高低不同任何位置并不影响电压。当然，做心电图时一般总是把电极板固定在腕部屈侧关节上方约1寸处而不放在前臂中部或上臂，这首先是为了方便，同时也因为电极板如放在前臂中部或上臂时将过于接近臂肌，从而可能受到肌肉颤动的干扰，并非为了考虑电压的不同。同理，右

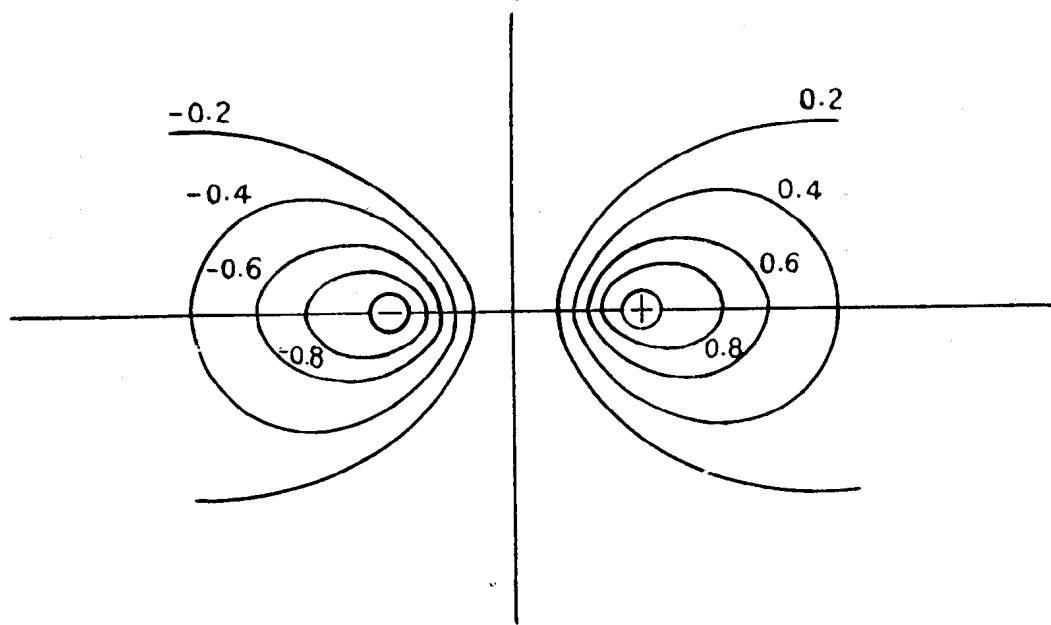


图 5 容积导电等电环圈示意图

臂等于右肩的延伸线，右臂各处均反映右肩部的电压；左腿则反映髋部的电压。

从心脏发源的电传导至身体表面，其电位影响除受容积导电法则的制约因而各部位可呈不同电压外，还由于沿途有电阻影响的关系，所以在皮肤表面测得的电压仅及心肌内原来电压的1%上下。心室肌细胞除极时电压变动幅度达100毫伏以上（从静止电位即极化状态时的-90毫伏骤跳至+20毫伏以上），而在正常心电图上各波的电压则多为1~2毫伏上下，例如P波一般均为0.1~0.25毫伏，超过0.25毫伏者表明心房肥大，R波的正常电压视探查电极安放位置的不同而高低悬殊，但一般亦不超过1.0毫伏（探查电极置于右心室前胸壁）或在2毫伏上下（探查电极置于左心室附近胸壁），前者如超过1.0毫伏或后者超过2.5毫伏时将分别考虑右心室或左心室肥厚的可能性。

【探查电极位置与波形方向的关系】 前文述及当心肌除极时第一个心肌细胞先失去其细胞膜外面的阳电荷，紧接着第二个细胞、第三、第四……等细胞膜外面的阳电荷顺次相继流失，好象一对电偶在向前移动（所谓电偶是电学上一种形象化的设想，意指一个电源和一个电穴组成一对电偶，电从高电位的电源流入低电位的电穴）。在除极过程中，先是第二个细胞外面的电位高于第一个细胞外面的电位，第二个细胞外面的阳电荷向低电位处流失，第二个细胞外面的阳电荷流失后第三个细胞外面的电位乃高于第二个，于是第三个细胞外面的阳电荷又流失，这样发展下去直至所有紧邻的心肌细胞均除极为止。从这个推进过程看，好比一对电偶在向前移动着，总是电源在前导，电穴在后随，即高电位（正电位）在前，低电位（负电位）在后，或者更简单地说阳电在前，阴电在后（图6）。当然，除极的“连锁反

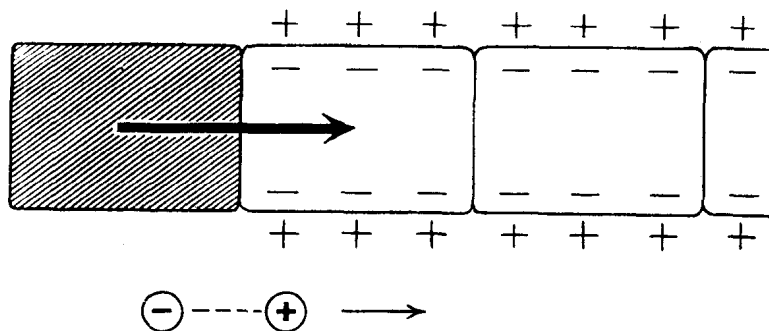


图 6 除极推进方向与电偶移动示意图

应”是多方向而不是朝单一方向的，但前文已阐明同一瞬间的不知其数的向量均可集中反映为一个综合向量，这里所指的电偶向前移动情况也就是代表综合向量的动态过程。若此时把探查电极放在前面，即靠近电源的那一边，则探查电极面对着除极综合向量的头部阳电，因而将描记出向上的波。当电偶向前移动时，探查电极开始先切在最外围的等电环圈上，电压不太高，波稍向上。随着电偶逐渐移近，探查电极相继切在第二环圈、第三环圈……上，电压渐高，波乃步步上升，直至除极结束，电偶消失，波降至基线为止（图 5 与图 7）。反之，如探查电极置于另一边，即对着电穴的那一边，则探查电极面对着这个除极综合向量尾部阴

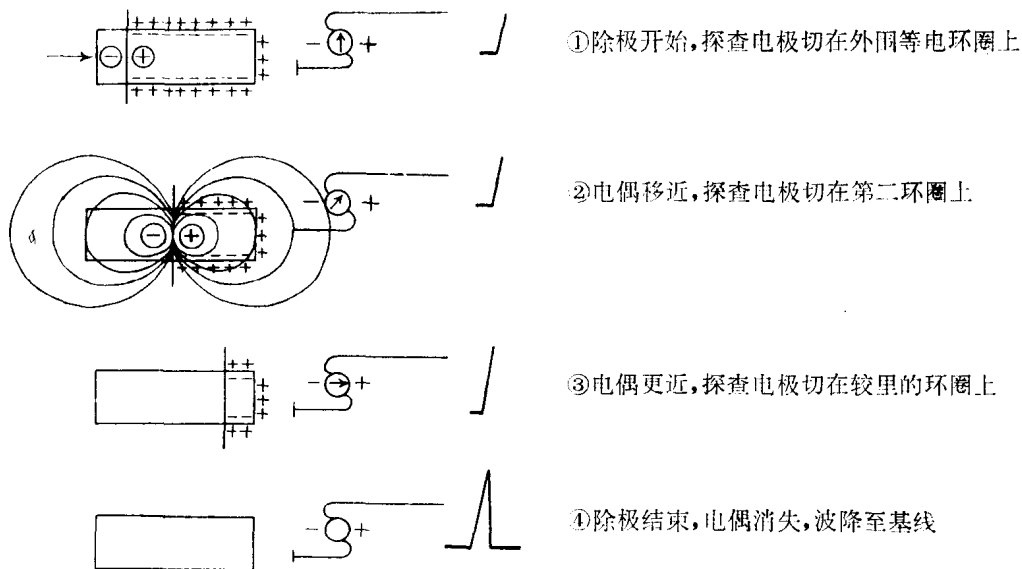


图 7 电偶移动与波高度的关系