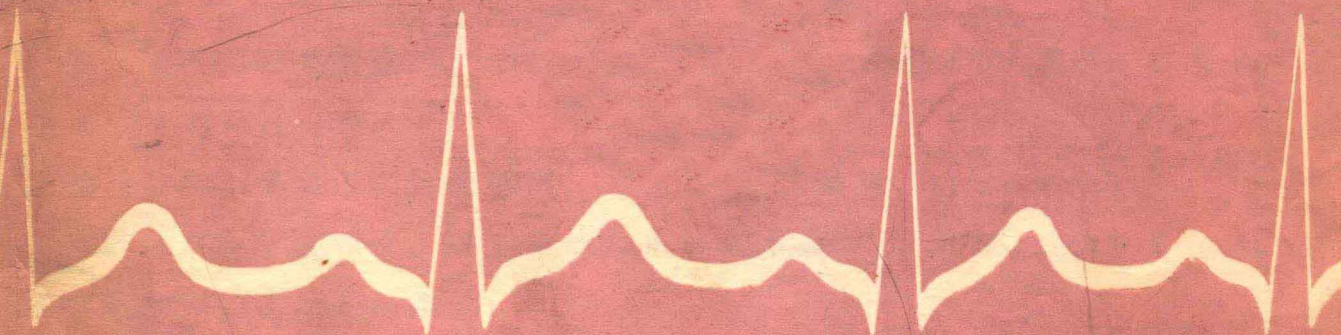


心电图

专题讲座



辽宁医药编辑部

中华医学会沈阳分会

前 言

在英明领袖华主席为首的党中央领导下，全党全军全国人民抓纲治国，深揭狠批“四人帮”取得伟大胜利的大好形势下，我省卫生战线的广大医药卫生人员的革命热情与全国一样空前高涨。为促进我省医药卫生事业的迅速发展，提高医疗质量，更好地为工农兵服务，特将中华医学会沈阳分会举办的心电图学习班的专题讲座讲稿汇编成册，做为我省广大医药卫生人员业务学习的参考材料。

鉴于近年来心电图这门科学发展较快，本汇编的资料只涉及其中一些与临床关系较大的部分内容。

因为编辑水平不高，时间仓促，定会有缺点错误，欢迎批评指正。

本汇编在编印过程中，得到中国人民解放军第二〇二医院、沈阳市第八人民医院的协助，在此表示谢意！

编 者

1977年6月20日

目 录

心电图的基础知识	徐葆仁(1)
心细胞的电生理学特性与抗心律失常药的作用机理	张克义(26)
差异性心室内传导	赵魁丹(36)
隐匿性传导	赵魁丹(40)
心律失常中的干扰与脱节	童正坤(45)
心律失常中的单向阻滞、传出阻滞与折返现象	严秉智(56)
房室传导阻滞	太史昆(65)
预激症候群	崔尚志(73)
心电图运动试验的有关问题	陈晋瑞(94)
心律失常严重性的估计及其治疗	金春和(103)
病态窦房结综合征	金春和(109)
心电向量知识	童正坤(115)

心电图的基础知识

沈阳医学院基础部物理教研组 徐葆仁

心脏是血流的动力器官，它还可自动发出电激动。它好比一个“小发电机”埋在胸腔里，随时发出电来。心脏的电激动和它的机械性收缩都是周期性的，电激动出现在机械性收缩之前。心脏发出来的电分布在人体全身，使体内和体表的部位产生不同的电位变化。用心电图机把这种变化着的电位按时间顺序描记成一条连续曲线，就是心电图。一组典型的心电图波形由下列各波和波段所构成（图1）。

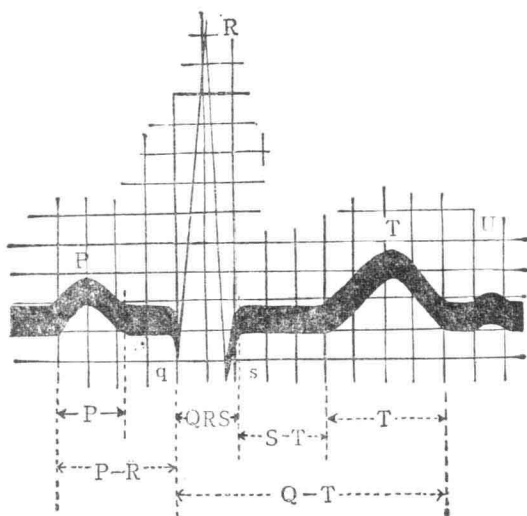


图1 心电图各波段示意图

P 波：反映心房除极过程的电位变化。

p-R 间期：代表心房开始除极至心室开始除极的时间。

QRS 波群：反映心室肌除极过程的电位变化。

T 波：反映心室肌复极过程的电位变化。

S-T 段：从QRS波群终点到T波起点间的线段。

Q-T 间期：从QRS波群起点到T波终点的时间。

U 波：代表动作电位的后电位。

既然心电图各波段是由心肌激动过程所引起，那就首先应当了解心电的发生原理。

一、心电发生原理

(一) 心肌细胞的除极与复极

1. 电位的概念

众所周知，任何物体都是由原子、分子组成的。如果物体内部的正负电荷数目相等，我们就说该物体是电中性的。如果一物体内部的正负电荷数目不等，即带有多余的正电荷或负电荷时，我们就说此物体具有一定的“电位”。并规定，若物体带有多余的正电荷，它的电位就是正的，正电荷越多，正电位就越高；若物体带有多余的负电荷，它的电位就是负的，负电荷越多，负电位就越低。有时，一电中性物体，虽然内部正负电荷数相等，但正负电荷的分布不是均匀对称的，那么这物体的各部分的电位并不相等，聚集正电荷之处，电位是正的，正电荷聚集得越多越密，正电位就越高；聚集负电荷之处，电位是负的，负电荷聚集得越多越密，负电位就越低。

由于电位的高低是相对的，所以衡量一点电位的绝对高低，一般常以人为规定的零电位点为标准。电中性的物体可以指定为零电位，例如大地，人们规定它的电位是零，因为它非常之大，给它一些正电荷（或负电荷）不显得多，取出一些电荷也不显得少，是个稳定的电中性物体。

高低电位之差叫做电位差，又称电压。如果用导线把高低电位之间连成电路，在电力作用下，正电荷将由高电位处流向低电位处，从而形成电流。

必须强调，电位差是指两点间电位之差，而电位是指一点而言。电位的值是指该点电位比零电位高多少或低多少，所以某点电位大小也可以说是该点与零电位之间的电位差。

电位和电位差的单位是一样的，常用的有伏(v)和毫伏(mv)，它们的关系是：

$$1 \text{ 伏} = 1000 \text{ 毫伏}。$$

2. 电偶的概念

由电量相等，符号相反，相距很近的一对电荷组成的总体称为电偶。电偶有两个极，一极聚集正电荷，叫做电偶的正极（或称“电源”）它的电位是正的；另一极聚集负电荷，叫做电偶的负极（或称“电穴”），它的电位是负的。通过两极所连的直线叫做电偶轴，两极间连线的中点叫电偶中心（图2），它的电位是零。

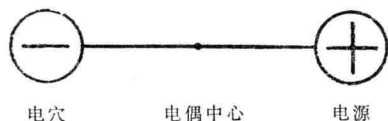


图2 电偶的示意图

3. 心肌细胞除极与复极时电偶的形成

心肌细胞是电中性物体，在静息状态下，细胞膜外面聚集正电荷，膜内聚集同等数量的负电荷。因此，心肌细胞内外的电位不同，膜外呈正电位，膜内呈负电位。细胞膜内外侧存在的电位差叫做膜电位，

大约为80~90毫伏。这是由于膜内外离子分布不均所造成的。通常，膜内钾离子(K^+)的浓度远远大于膜外，而膜外的钠离子(Na^+)的浓度远远大于膜内。细胞膜对各种离子具有选择性的通透能力。在静息状态下，细胞膜只对 K^+ 具有较大的通透性，所以细胞内的 K^+ 大量向膜外渗透，而细胞膜对负离子(例如蛋白负离子或 Cl^-)的通透能力却较小。这样，透出的 K^+ 受

膜内负离子的相引作用就不能远离细胞膜。于是，膜外排列有一定数量的正电荷，膜内排列有同等数量的负电荷，细胞就呈现了极化状态。这时正负电荷分布的电重心是重合在一起的，因此对外界不产生电场，也就是对外界没有形成电偶（图3之A）。

当心肌细胞的某处（例如甲侧）受到刺激，则受刺激部位细胞膜的通透性发生改变，对 Na^+ 的通透性变大。于是膜外的 Na^+ 大量进入膜内，从而使膜内电位变得较膜外为正，这一过程叫做除极过程。在膜外，由于除极部分的 Na^+ 渗入膜内，故其电位较邻近未除极部分的电位低，电流自未除极的电位较高的部位流向除极部位，从而使其余未除极部位也陆续

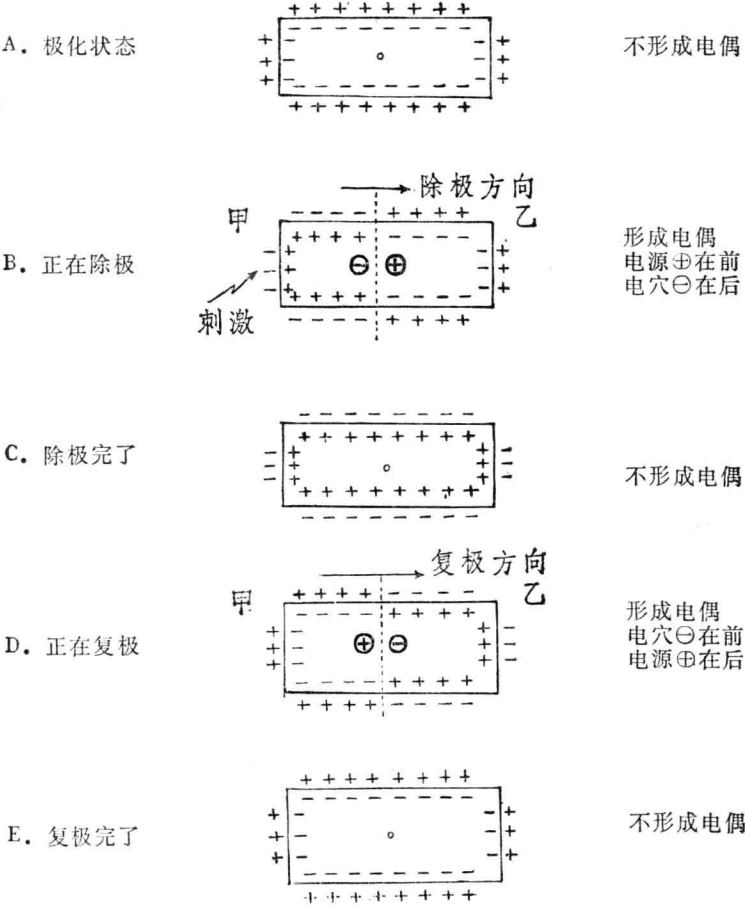


图3 心肌细胞受刺激后除极与复极过程中电偶的形成

发生除极过程。在除极到某一时刻（图3之B），已除极部分膜外带负电荷，膜内带正电荷；而未除极部分，膜外仍为正电荷，膜内仍为负电荷。这样一来，整个细胞的正负电荷分布就不对称了，正电荷分布的电重心偏向乙侧，负电荷分布的电重心偏向甲侧，正负电荷分布的电重心不相重合，拉开一小段距离。故心肌细胞正在除极时，其电荷分布就形成了电偶，沿着除极方向看，是正极（电源）在前，负极（电穴）在后，如图3之B所示。

当心肌细胞除极完了时，整个细胞呈极化状态逆转，膜内带正电荷，膜外带负电荷，正负电荷的分布重心又重合在一起，故又不形成电偶（图3之C）。

除极过程完了后，细胞膜对 Na^+ 的通透性降低，对 K^+ 的通透性则又升高，于是膜内 K^+ 向膜外移动，这个过程叫做复极过程。若先除极处甲端先复极，这时整个细胞的电荷分布情况如图3之D所示，其正负电荷的分布重心又不重合，正电荷的分布重心偏向甲侧，负电荷的分布重心偏向乙侧，因之正在复极时的心肌细胞，其电荷分布又形成电偶，沿着复极方向看，是负极（电穴）在前，正极（电源）在后。

最后，整个心肌细胞复极完了，完全恢复原来静息时的极化状态，心肌细胞的电荷分布又不形成电偶（图3之E）。

为了保持细胞内外离子的平衡，心肌细胞通过“钠-钾泵”及时地从细胞内排出过多的 Na^+ ，同时将细胞外过多的 K^+ 转移到细胞内。把 K^+ 、 Na^+ 从低浓度处转移到高浓度处是需要消耗能量的，这好象水泵把水从低处抽到高处需要消耗能量做功一样，据认为，这些能量是来源于细胞代谢过程中的三磷酸腺苷系统。

（二）心肌的除极与复极

1. 电偶向量

常用的量有两种。一种量只用数量就可以说明问题，如长度、温度等，这种只有数量大小的量叫做标量。另一种量，不仅要指明它的数量大小，还要指明它的方向性才能说明问题，如力、速度等。这种既有数量大小、又有方向性的量叫做向量。

电偶既有数量大小，又有方向性，故电偶是向量。电偶的数量大小是什么呢？就是电偶电动势（临床上又称为电动力）。一个电中性体，其正负电荷由均称分布到不均称分布形成电偶状态，是需要消耗能量做功的。所谓电偶电动势，就是用来衡量形成电偶时，聚集电荷做功的多少。电偶两极的电荷数目聚集得多，正极电位就高，负极电位就低，两极的电位差就大，我们就说电偶电动势大，简称大电偶；反之，电偶两极的电荷数目聚集得少，简称小电偶。所谓电偶的大小，不是指其形状的大小，而是指电偶两极电荷聚集的多少，即电偶电动势的大小，在数值上等于两极的电位差。例如电偶的正极电位为 $+5\text{mv}$ ，负极电位为 -5mv ，则电偶电动势为 $(+5\text{mv}) - (-5\text{mv}) = 10\text{mv}$ 。

电偶的方向是怎样规定的呢？通常规定电偶正极所指的方向作为电偶的方向，它实际上是表示正电荷聚集分布的方向。表示电偶向量的最好方法是用支箭，箭杆的长度表示电偶电动势的大小，箭头的方向指示电偶正极的方向，箭尾的位置放在电偶中心上，如图4所示。表示电偶大小和方向的这支箭叫做电偶向量。图4A的电偶方向自右向左，箭杆较短，表示电偶电动势较小；而图4B的电偶电动势则较大，方向是指向左下方。以后为方便起见，电偶两极的 $\oplus\ominus$ 符号可略去不画，只要画支箭就完全可以表示出电偶的大小和方向了。

几个电偶向量可以综合成一个电偶向量，叫做综合向量。诸向量综合时，主要考虑的是电偶向量的大小和方向，不是箭尾的位置，因此对被综合的向量可以做平行移动。当两个向量方向相同时，其综合向量等于两个向量大小之和，如图5A所示。当两个向量方向相反时，其综合向量等于两个向量大小之差，如图5B所示。若两个向量的方向既不相同也不相反，而是互成角度，综合向量的求法采用“平行四边形法则”，如图5C所示。

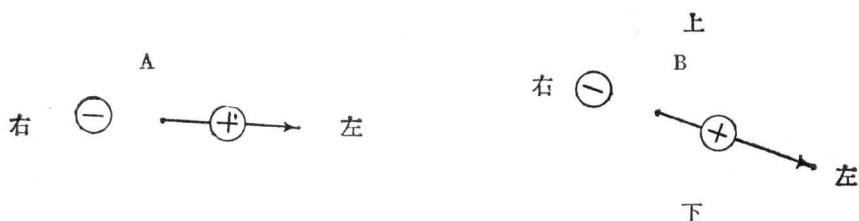
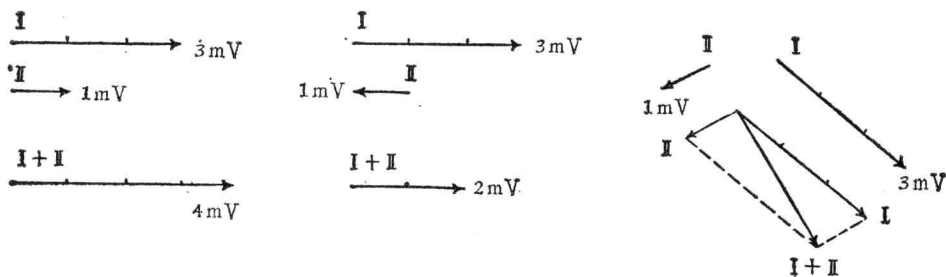


图 4 电偶向量



A. 两个向量方向相同

B. 两个向量方向相反

C. 两个向量互成角度

图 5 向量的综合

2. 心电图向量

心脏是由几块心肌（如心房肌、心室肌等）构成的，一块心肌则是由大量的心肌细胞互相衔接组成的。一块心肌的除极或复极，同时伴随着很多心肌细胞的除极或复极。心肌除极时，是以除极面（已除极部分与未除极部分的交界面）的形式向前扩展的。在除极面前方的所有心肌细胞尚处于静息的极化状态，对外界不形成电偶；在除极面后方的所有心肌细胞都已除极完了，对外界也不形成电偶。唯独在除极面上正在除极的许许多多心肌细胞，形成了一系列小电偶，它们都是电源在前，电穴在后，排成电偶层，随着除极面向前推进着。一般健康的心肌，其细胞大体上是均匀分布的，因而除极面上分布的小电偶也是均匀的，即单位除极面上分布的电偶数目是均等的。除极面上小电偶总数与除极面积成正比，除极面积越大，小电偶数目越多；反之，就越少。

同时除极的这许多小电偶向量的方向不尽相同，把这许多向量按照平行四边形法则依次地综合起来，这个最后综合成的向量叫做瞬间心电图向量，简称心电图向量，如图 6 所示。心电图向量所代表的那个电偶叫做心电图偶，也可以说心电图偶是由许多心肌细胞形成的小电偶综合而成的。心肌除极时，心电图向量的方向跟除极方向相同。

心肌除极后，紧接着有个恢复其极化状态的过程，即有个复极过程，它乃是大量心肌细胞复极过程的综合，其心电图向量的综合方法与除极过程是相同的，只是由于心肌细胞复极时所形成的小电偶，沿着复极方向总是电穴在前，电源在后，因此复极的心电图向量方向一定和除极方向相

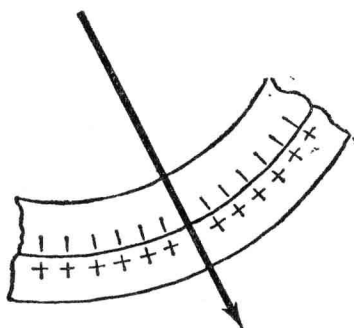


图 6 除极面的心电图向量示意图

反。具体过程在讲心室复极时再讨论。

(三) 空间心电图向量环的产生原理

1. 心脏的兴奋传导系

心肌分为两类，一类是具有收缩功能的普通心肌，另一类是具有产生和传递兴奋激动功能的特殊心肌。这两类心肌传导激动的速度不同，普通心肌传导较慢，特殊心肌传导较快。兴奋传导系主要是由窦房结、结间束、房室结、房室束、左、右房室束支以及浦氏纤维等特殊心肌组织构成。窦房结是心脏正常激动的起源，位于上腔静脉入口与右心房交界处。结间束是窦房结与房室结之间的传导径路，分有前、中、后三个传导束。房室结位于房间隔的右后部，向下延续即是房室束，房室结与房室束构成房室交界区，再向前下伸延到达室间隔膜部，分成左、右房室束支，分别位于室间隔的左、右侧心内膜下。左束支分支较早，在室间隔左侧起始部位，即分为前、后两束纤维，前支分布于左室的左前上部，后支分布于左室的右后下部。右束支分支较晚，沿室间隔右侧下行直到接近心尖处才开始分支成浦氏纤维（图 7）。左、右束支在心室内膜下分成无数浦氏纤维与普通心室肌纤维相连接。

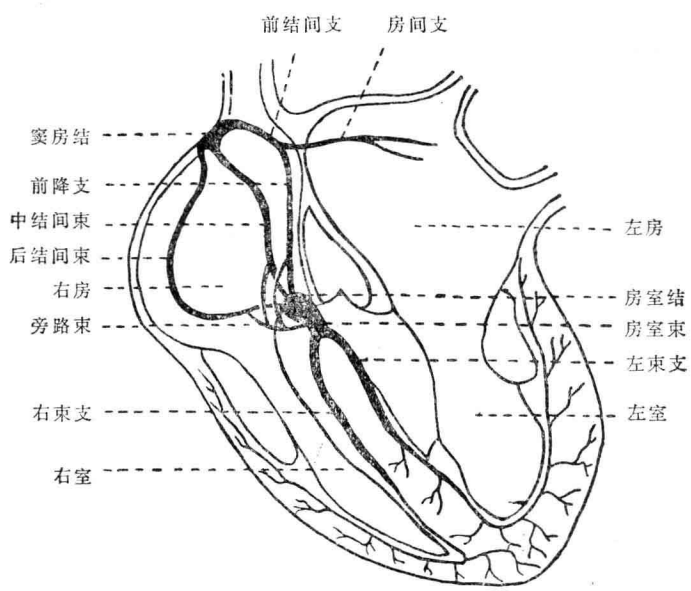


图 7 心脏兴奋传导系统示意图

2. 心房除极心电图向量环(P 环)

正常左心房位于左后方，右心房位于右前方。窦房结位于右房后上部，窦房结发出激动，首先传至心房，然后再传至心室。整个心房除极总时间约为 0.1 秒大体上前 $\frac{1}{3}$ 时间为右房除极，中 $\frac{1}{3}$ 时间为左、右心房同时除极，后 $\frac{1}{3}$ 时间是左房除极。

右房除极时，其瞬间综合向量大致指向前下方稍偏左；左、右房同时除极的瞬间综合向量指向左下方稍偏前，向量较长；左房除极的瞬间综合向量指向左后方稍偏下。整个心房除极的综合向量的大小和方向，在每瞬间都是随时间变动的。表示每一瞬间综合向量变动规律的最好方法是采用心电图向量环。把各瞬间向量的箭尾都平行移动于一点，连接各瞬间向量的箭头

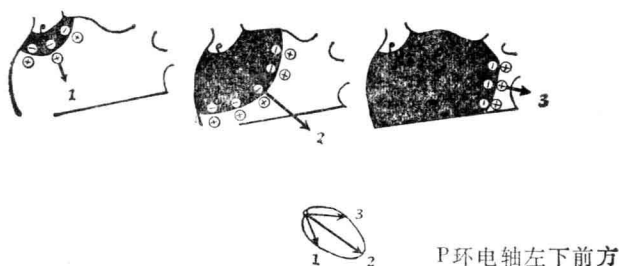


图 8 心房除极与 P 环示意图

所形成的轨迹，叫做心电向量环。心房除极过程中各瞬间综合向量的箭头所形成的轨迹就是 P 向量环，简称 P 环（图 8）。P 环的初始向量较小，指向前下方稍偏左；中间向量较大，指向左下方稍偏前；终末向量较小，指向左后方稍偏下。将 P 环每隔一小段时间内取个瞬间向量，再把这许多瞬间向量（在心房除极总时间内）综合起来得到一个综合向量称为平均向量，它所指的方向叫做 P 环的电轴，即环体突出的方向。引用向量环电轴的意思是说明向量环所有瞬间向量变动的总倾向。P 环的电轴指向左下方稍偏前，与中间向量 2 的方向差不多。

3. 心室除极心电向量环（QRS 环）

左心室位于左后方偏下，右心室居于右前方偏上。整个心室除极总时间比心房除极短，其除极过程大致分为以下四个阶段：

A. 室间隔除极向量。激动经房室交界区到达室间隔，首先在室间隔左侧中 $\frac{1}{3}$ 处，自左向右除极（因左束支先分支），故室间隔除极向量指向右前方，偏下或偏上（图 9 的向量 1），其除极时间不超过 0.01 秒。

B. 前尖部除极向量。心室除极到 0.02 秒时，激动扩展到心尖部，左、右室心尖部同时进行除极。右心尖部壁较薄，故激动由右束支很快扩展到心外膜，除极面较小，产生的向量较小；而左心尖部壁较厚，除极面较大，产生的向量也大。因此综合向量指向左前方稍偏下（图 9 的向量 2）。

C. 左心室除极向量。除极开始后 0.04 秒左右，室间隔和右室壁的绝大部分均除极完毕，只有右室后基底部和左室侧壁在继续除极。由于左室壁较厚，除极面很大，形成一个相当大的指向左下方稍偏后的向量（图 9 的向量 3）。

D. 基底部除极向量。除极至 0.06 秒时，右室全部及左室大部心肌已除极完了，只剩下左室壁后基底部和室间隔的一小块基底部除极仍在进行，因该处浦氏纤维分布最少，故是最后除极。这基底部的综合向量指向左后方稍偏上（图 9 的向量 4）。

把心室除极各个瞬间向量的箭尾平行移动于一点，连接各瞬间向量的箭头形成的轨迹就是心室除极心电向量环，简称 QRS 环。整个 QRS 环的运转时间约为 0.08 秒。将 QRS 环在该时间内每一小段时间取个瞬间向量，再把这许多瞬间向量综合起来，这综合向量的方向叫做 QRS 环的电轴。QRS 环电轴指向左下后方，与最大瞬间向量的方向相差不多。

4. 心室复极心电向量环（T 环）

心室除极后紧接着有个复极过程，它与除极过程有所不同。心室复极过程与兴奋传导系无关，而与心肌的代谢功能有关，因而一切可以影响代谢过程的因素，如温度、压力和供血

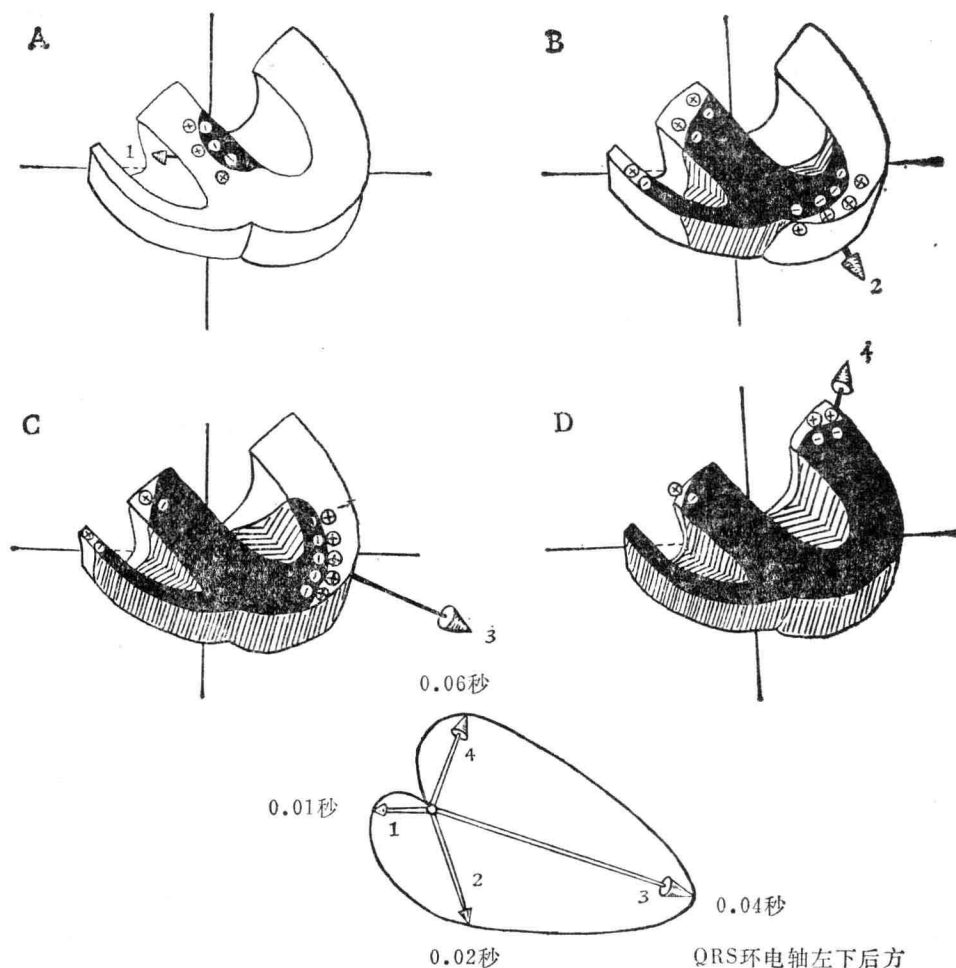


图 9 心室除极和QRS环的示意图

情况等都会在不同程度上影响着心肌细胞复极的快慢。一般说来，温度高、压力小、供血好的部位，其细胞复极就快些。心室复极时各部心肌细胞同时进行，只是心外膜侧的心肌细胞比心内膜侧的要复极得快一些，即心外膜侧产生的小电偶比心内膜侧产生的要早一些。心室复极过程并不象除极过程那样形成个“复极面”，由于心肌细胞复极时所形成的小电偶，都是电源在心外膜侧，电穴在心内膜侧，即心肌细胞复极所形成的小电偶向量均指向心外膜，故复极的综合心电向量也是指向心外膜（图10）。连接心室复极各瞬间向量的箭头形成的轨迹就是心室复极心电向量环，简称T环。T环的电轴指向左下前，相当于心尖的方向。

为什么外膜下心肌细胞比内膜下的复极较快些？目前普遍认为，外膜下心肌包着一层脂肪组织，使热量不易散失，温度较高，而内膜下心肌因贴近血流，将热量不断带走，故温度较低；另外，外膜下心肌所受压力较内膜下要小些，所以外膜下心肌细胞的复极要比内膜下快些。

附带指出，既然心室除极后有个复极过程，按理心房除极后也应有个复极过程，但因心

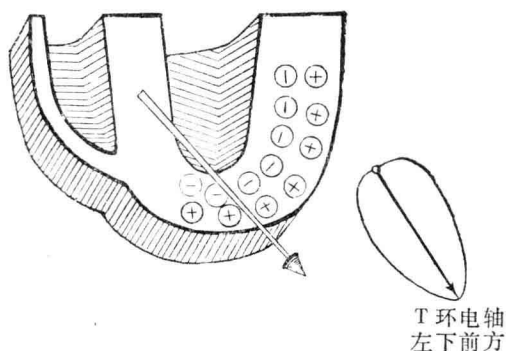


图10 心室复极和T环示意图

房的复极向量很小，且心房复极时正值心室肌处于除极过程中，因而心房复极波（Ta 波）被 QRS 波掩盖而不容易显示出来。

总之，心脏究竟发出什么样的“电”呢？简单回答，就是发出 P、QRS、T 三个心电向量环那样的“电”。P 环环体较小，时间较长；QRS 环体较大，时间较短；T 环细长，大小介于中间，时间最长。每一个心动周期就发出这样三个阶段的“电”，通俗讲就是发出这样三股“电”，分别在心电图上形成 P 波、QRS 波群与 T 波（图11）。

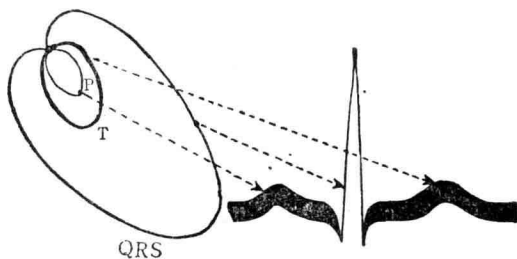


图11 心向量环与心电图波形的关系

二、心电图的导联

上面介绍了心脏兴奋传导过程中所发出的三股“电”，但是心电测量并不是将电极直接连到心脏上，而是从人体表面把心电引导出来加以描记。在临床上常有哪些引导心电的联接方式？为理解这个问题，下面首先介绍一个容积导体实验。

（一）电偶在容积导体中产生的电位分布

在盛有稀盐水的水槽中，放入一个电偶（电池的正负两极）。由于稀释的盐水是导体（电解液），其中含有大量可移动的正、负离子，它们在电偶电动势的作用下，按照一定的路线流动起来而形成电流，如图12B 所示。正离子受电偶正极的排斥，受电偶负极的吸引，由电偶正极向负极移动；而负离子受电偶负极排斥，受电偶正极的吸引，由电偶负极向正极方向移动。在物理学上，把正离子流动的方向（或负离子流动的反方向）规定为电流的方

向，因此也可以说，电流是发源于电偶的正极（电源），归穴于电偶的负极（电穴）。在整个水槽内的上下、左右、前后各方向布满了无数条的电流线，这种导电的方式称为容积导电，水槽中的稀盐水称为容积导体。

当电偶放入容积导体中时，由于容积导体的空间各个方位均存在无数条电流线，在容积导体内各处都具有一定的电位。电偶电源的电位最高，是正电位；电穴的电位最低，是负电位；电偶中心是零电位。在每条电流线上，各点电位都是沿着电流线的方向而逐点下降的。

容积导体内的各点电位可以用电压表探测，把电压表的负极（无关电极）接在电偶中心（零电位点），电压表的正极（探查电极）放入容积导体中任何一点（见图12 A）。实验表明，在容积导体中，由于电解液的导电性能是均匀一致的，所以每一条电流线的中点就是零电位

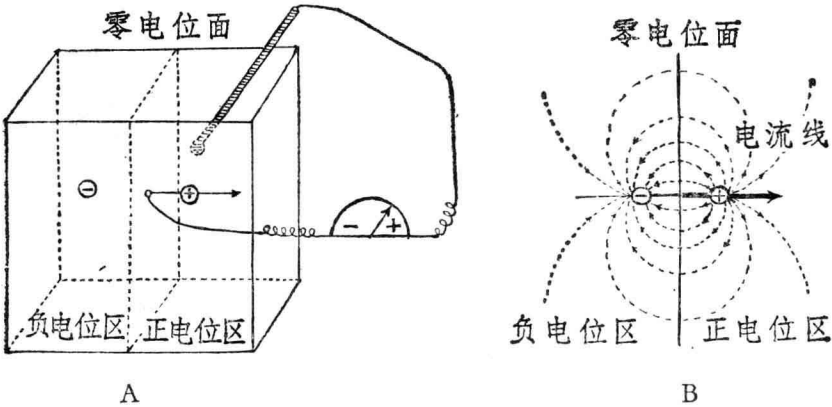


图12 电偶在容积导体中产生的电位分布示意图

点。把无数条电流线中间的零电位点连接起来（通过电偶中心）构成零电位面，该面把整个容积导体的空间分割成两个半区，靠近电源侧的半区内，其中各点电位都是正的，叫做正电位区；靠近电穴侧的半区内，其中各点电位都是负的，叫做负电位区（图12）。在正电位区（或负电位区）内的各点电位并不相同，越接近电源处电位越高，越接近电穴处电位越低。

值得注意的是，零电位面总是垂直于电偶两极间的连线（电偶轴）的。当电偶转动时，零电位面也随着转动，正（负）电位区也跟着转动，这时容积导体中各点的电位都要发生相应的变化。

人体的组织液含有各种正、负离子，它好比是一个容积导体。心脏产生的心电偶在体内产生心电流，从而使人体内和体表各处均分布有一定的电位。例如前面讲过，心室除极过程中所产生的心电向量环（QRS环）的电轴是指向左下后方的，故其零位面、正、负电位区的分布情况如图13所示。其中零位面与电轴垂直，右上前方为负电位区，左下后方为正电位区。在心脏激动过程中的每一瞬间，心电向量始终在不断地变化着，因此体内和体表的电位分布也必然出现相应的改变。如果用导线将体表某部位与心电图机（以下简称心电图机）连接起来，就能将体表的电位按着激动的时间顺序记录下来，这样描记下来的连续曲线就是心电图。

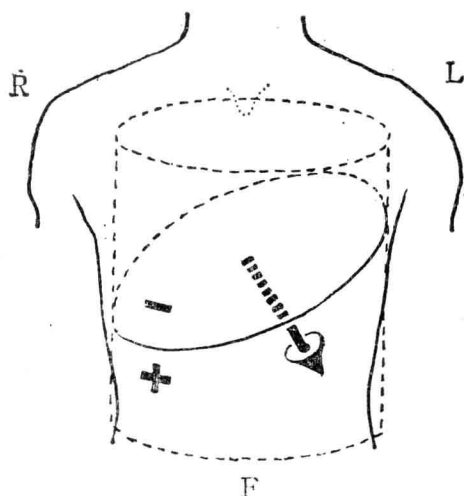


图13 人体电位分布示意图

+ 为正电位区，- 为负电位区

(二) 常用的心电图导联

将两电极置于人体表面的任何两点，并与心电图机相连接，就可以将这两点间的电位差导入心电图机中去，从而描出心电图来。这种放置电极板导入电位差的方式或电极板与心电图机相联接的线路，称为心电图的导联。由于人体体表各点均有不同的电位，所以我们可以人体表面任意选择出无数个导联来。但是在临床心电图，为便于对不同患者或同一患者不同时期的心电图进行比较，电极板安放的位置和电极板与心电图机的正负极连接均有严格的规定，目前在临床上常规采用的导联方式有以下三种：

1. 双极肢体导联

此种导联的历史最长，又称为标准导联，其具体连接方式如图14所示。

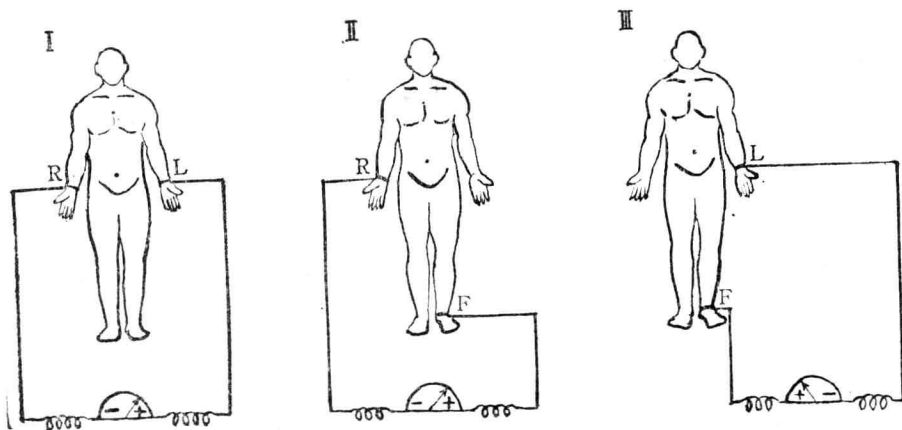


图14 标准导联的连接方式

(1) 导联Ⅰ：将左上肢电极板与心电图的正极端相连，右上肢电极板与负极端相连，反映的是左上肢(L)与右上肢(R)的电位差。当L的电位高于R时，便描记出一个向上的波形；当R的电位高于L时，则描记出一个向下的波形。

(2) 导联Ⅱ：将左下肢电极板与心电图的正极端相连，右上肢电极板与负极端相连，反映的是左下肢(F)与右上肢(R)的电位差。当F的电位高于R时，描记出来的波形向上；反之，波形向下。

(3) 导联Ⅲ：将左下肢电极板和心电图正极端相连，左上肢电极板和负极端相连，反映的是左下肢(F)和左上肢(L)的电位差。当F的电位高于L时，描记出来的波形向上；反之，波形向下。

2. 单极肢体导联

由于标准导联只是反映体表某两点之间电位差的变化，而不能探测某一点电位差的变化。如果把心电图的负极(无关电极)接在零电位点上，将探查电极接在人体任一点上，就可以测得该点电位的变化，这种导联方式称为单极导联。心脏激动时所产生的心电图中心便是零电位点，按理它应作为无关电极的连接点，但在实际上是行不通的。Wilson氏提出，把右上肢R、左上肢L、左下肢F的三个电极板各通过一个高电阻($5K\Omega\sim 300K\Omega$)、用导线连接在一点，称为中心电端，以T表示(图15)。理论和实验都证明，中心电端T的电位在心脏激动过程中的每一瞬间始终很稳定，并接近于零。因此中心电端完全可以同心电图中心的零电位点等效。在实际上，就是把心电图的无关电极与中心电端连接，探查电极分别接在人体的右上肢R，左上肢L和左下肢F上，就分别得出右上肢单极导联VR、左上肢单极导联VL、左下肢单极肢体导联VF，这种导联方式叫做单极肢体导联。它探测的是各肢体的电位变化。

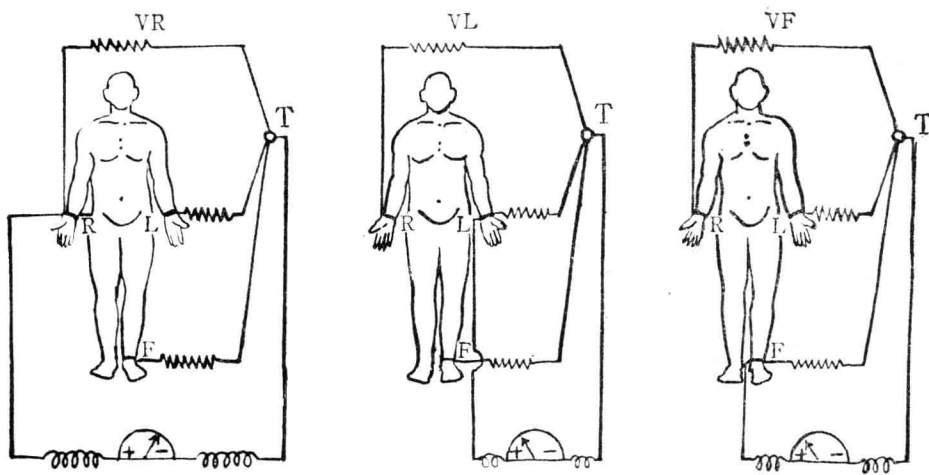


图15 单极肢体导联的连接方式

由于单极肢体导联的探查电极离心脏都比较远，因此VR、VL和VF各导联的心电图波幅均较小，在临床上不便于观测和分析。为了解决这一矛盾，Goldberger氏提出在上述导联的基础上略加修改，方法是在描记某一肢体的单极单联心电图时，将该肢体与中心电端

相连接的高电阻断开，这样就能使心电图波幅增加50%（可通过数学运算证明），同时心电图波形保持原样不变，这种导联方式称为加压单极肢体导联，分别以 aVR 、 aVL 和 aVF 表示（图16）。

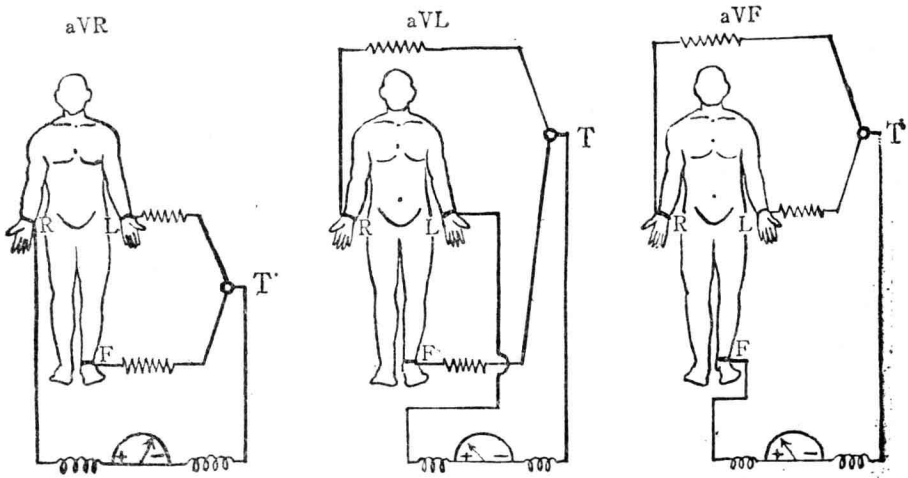


图16 加压单极肢体导联的连接方式

3. 单极心前导联

将心电机的无关电极与中心电端相连接，把探查电极放置于心前区的一定部位，这就是单极心前导联，简称胸导（图17）。采用这种导联方式，探查电极与心脏很接近，只隔着一层胸壁，因此这种导联的心电图波形振幅很大，有利于临床观察。

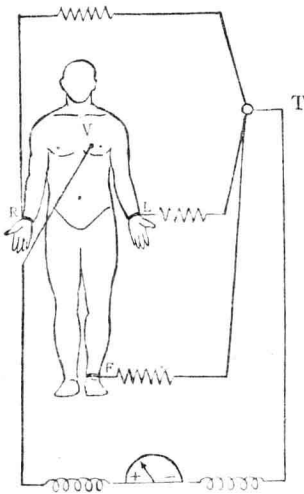


图17 单极心前导联的连接方式

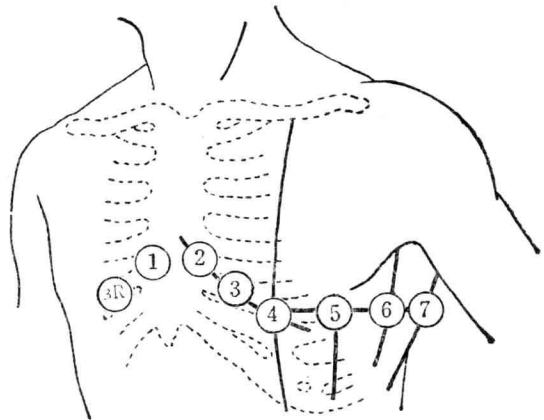


图18 心前导联探查电极的位置

单极心前导联常用的几个位置（图18）是：

- V_1 右侧第四肋间隙紧靠胸骨右缘
- V_2 左侧第四肋间隙紧靠胸骨左缘

V_3 V_2 与 V_4 连线的中点

V_4 左侧第五肋间隙与左锁骨中线相交处

V_5 位于左腋前线上, 与 V_4 同一水平

V_6 位于左腋中线上, 与 V_4 同一水平

在常规心电图检查时, 多数情况减用三个心前导联 (V_1 、 V_3 、 V_5) 即可满足临床需要。但在个别情况下, 例如疑有右室肥大、右位心或心肌梗塞时, 还需添加其它一些心前导联。属于这方面的有 V_{3R} (右侧胸壁相当于 V_3 对应的位置); V_{5R} (右侧胸壁相当于 V_5 对应的位置); V_7 (位于左腋后线上, 与 V_4 同一水平) 等。

(三) 导联轴

在某一导联的正 (探查电极)、负 (无关电极) 两个电极之间画一条假想的直线, 称为该导联的导联轴。标准导联的导联轴可以画一个等边三角形来表示 (图19)。等边三角形的三个顶点 R、L、F 分别代表右上肢、左上肢和左下肢。R 与 L 的连线代表导联 I 的导联轴, RL 中点的 R 侧为负 (-), 接心电机的无关电极; L 侧为正 (+), 接心电机的探查电极。同样, RF 是导联 II 的导联轴, RF 中点的 R 侧为负, F 侧为正; LF 是导联 III 的导联轴, LF 中点的 L 侧为负, F 侧为正。

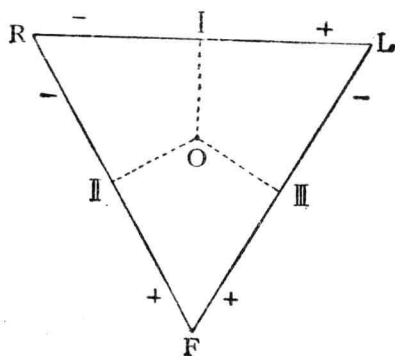


图19 标准导联的导联轴

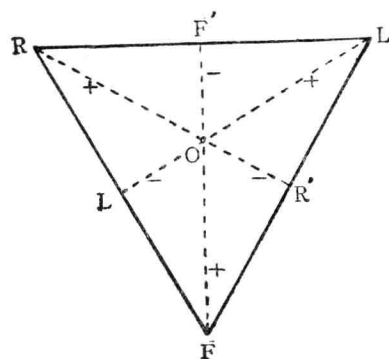


图20 单极肢体导联的导联轴

等边三角形的中心O相当于心电偶中心, 即零电位点或中心电端。按导联轴的定义不难看出, OR、OL、OF 分别是单极肢体导联 VR、VL、VF 的导联轴; RR'、LL'、FF' 分别是 aVR、aVL、aVF 的导联轴, 其中 OR、OL、OF 段为正, OR'、OL'、OF' 段为负 (图20)。

标准导联和加压单极肢体导联的导联轴都位于额面 (从被检者的前面看其上下左右所构成的平面), 为了更清楚地表明这六个导联轴之间的关系, 可将三个标准导联的导联轴平行移动到三角形的中心, 使其均通过心电偶中心O, 再加上加压单极肢体导联的三个导联轴, 这样就形成额面上的六轴系统 (图21)。每一根轴从中心点O分成正负两半, 各个轴之间相隔 30° 。以顺时针的角度为正, 逆时针的角度为负, 例如导联 I 的正侧为 0° , 负侧为 $+180^\circ$; 导联 aVF 的正侧为 $+90^\circ$, 负侧为 -90° ; 导联 II 的正侧为 $+60^\circ$, 负侧为 -120° (或 $+240^\circ$); 依次类推。

六轴系统的六个导联轴的12根轴线把 360° 周角平均分割, 每 30° 一根轴线。这样, 六轴