

《临床心电向量图学教程》

河南省漯河市中医院心电图室 潘二明主任

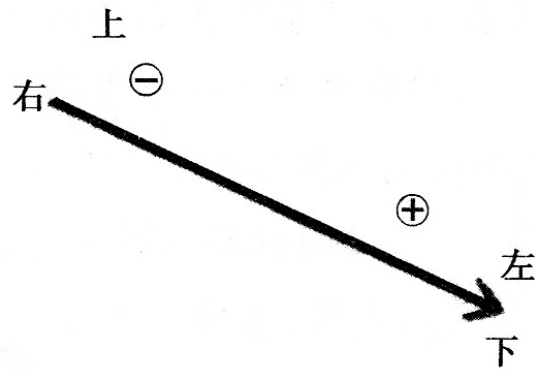
河南省省直第一医院心电图室 李琦主任

第二讲 心电向量图基础

心电向量图（vectorcardiogram, VCG）是一种将心脏在生物电活动中所形成的立体图形经转换后以平面图的形式表现出来的心电检查技术，主要用于心血管病的辅助诊断。心电向量图在诊断房室肥大、室内阻滞、心肌梗死、心肌缺血、心室预激、肺心病、心肌病等方面优于心电图，能弥补心电图的不足。学习心电向量图，更有助于理解心电图图形产生的原理，有助于提高心电图尤其是疑难心电图的诊断水平。

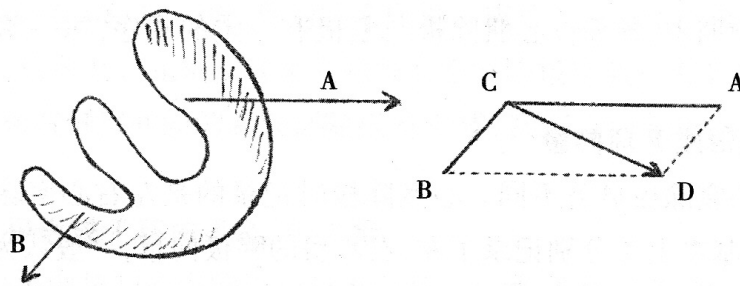
第一节 心电向量的概念

心脏收缩之前，先产生电活动。心肌细胞在生物电活动中会产生电动力。在心肌细胞未兴奋部位，处于极化状态，电荷分布为内负外正。在心肌细胞已兴奋部位，则处于反极化状态，电荷分布为内正外负。在已兴奋和未兴奋的心肌细胞之间，形成一对电量相等、电性相反的电荷组成的双极体，即电偶(dipole)。电偶的电源（正电荷）与电穴（负电荷）之间存在电动力，其方向由电穴指向电源。因此，电偶是既有大小、又有方向的一种向量（vector）。这种由心肌电活动产生的既有大小，又有方向的电动力称为心电偶向量，简称心电向量（见图）。



心电偶向量示意图

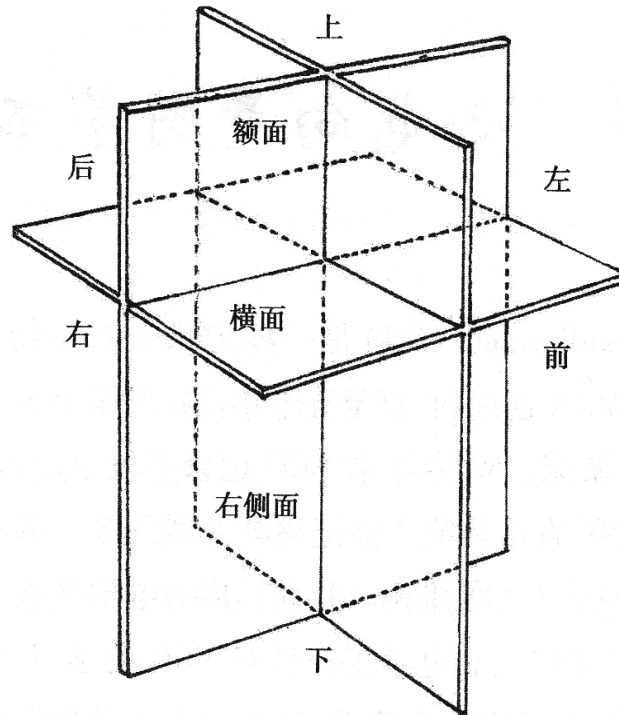
心电向量是一个变量。由于心脏是一个形态不规则的空腔器官，其肌纤维走行方向不一致，其心肌除极和复极过程又是按一定时间顺序进行，且在不同瞬间其参与心肌除极和复极的细胞数不同，所以在心肌兴奋的每一瞬间，在心脏内都形成很多大小不等、方向不同的电偶。这些电偶所产生的向量可按以下原则进行综合：两个向量方向相同时相加，方向相反时相减；两个向量互成角度时按平行四边形法则取其对角线，对角线的长短即为综合向量的大小，对角线的方向即为综合向量的方向；若为多个向量，则按上述原则逐个综合。通常把在心肌除极和复极过程的某一瞬间全部心肌细胞心电向量的综合称为瞬间综合向量，简称瞬间向量（见图）。



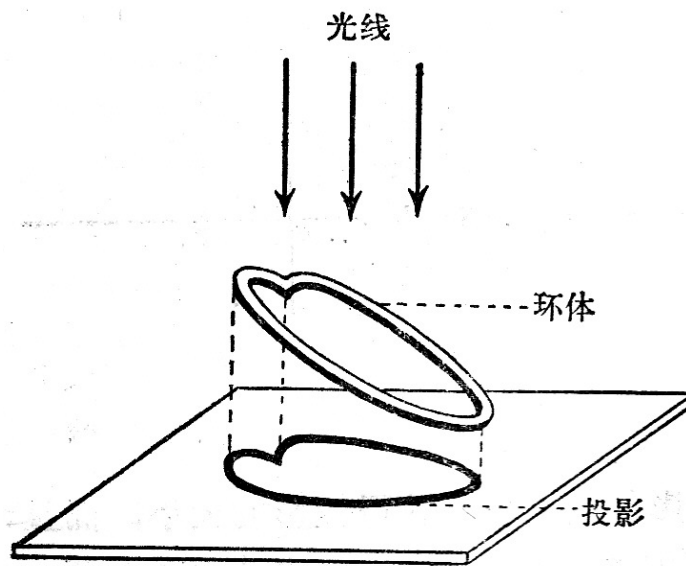
瞬间综合向量示意图

在一个心动周期中，会产生无数个瞬间向量。如果把心肌除极或复极过程中每一瞬间向量记录下来，则可见其尖端所经过的路径呈现为不规则的环形曲线。这种环形曲线存在于三维空间，故为空间心电向量环，也称为立体心电向量环。心房除极产生 P 空间向量环，心室除极产生 QRS 空间向量环，心室复极则产生 T 空间向量环。把 P-QRS-T 空间向量环投影到三个互相垂直

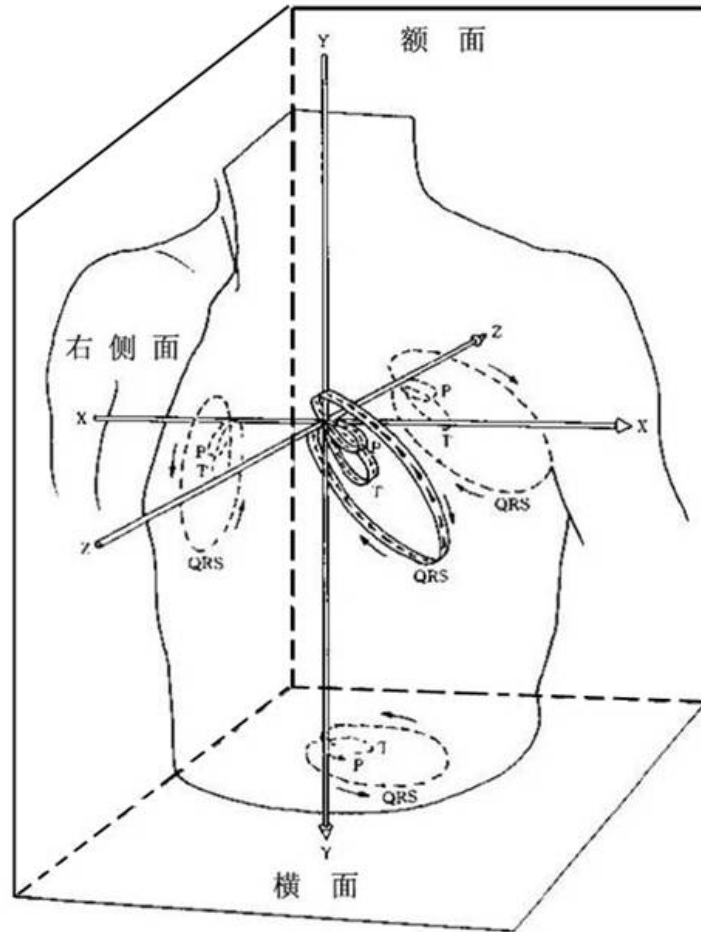
的平面上，则形成 P-QRS-T 平面心电向量图。临床应用心电向量图机描记的心电向量图就是在体表记录的空间 P-QRS-T 向量环在三个互相垂直平面上的投影，其实质是反映心脏在除极和复极各瞬间产生的电动力在空间的方位和大小（见图）。



立体三维空间示意图



空间心电向量图环在平面上的投影



空间心电向量环在额面、横面、右侧面上投影形成平面向量环

第二节 心电向量图的导联

心电向量图的导联是记录心电向量图所采用的特定的导线联接方法，称为导联体系。国内多采用 Frank 校正导联体系。

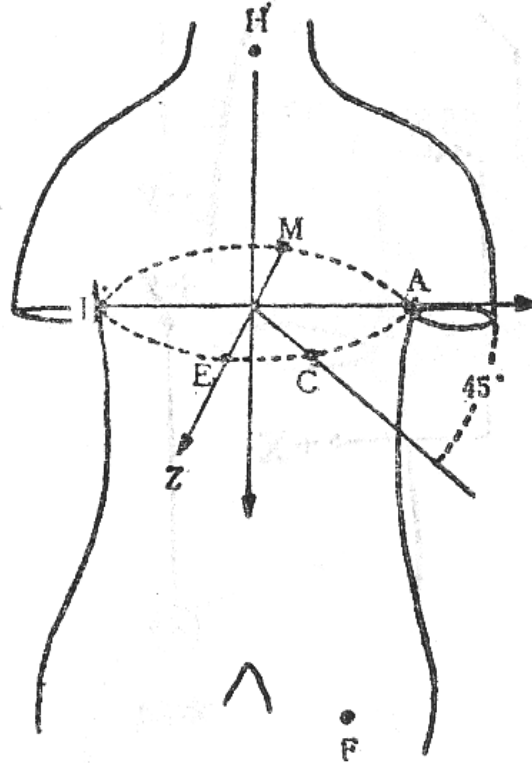
弗兰克导联

1. 弗兰克 (Frank) 导联体系，用 7 个电极：胸部 5 个电极均放置在胸骨第 5 肋间水平、即前正中线 (E)，后正中线 (M)，右腋中线 (I)，左腋中线 (A)，前正中线和左腋中线之间 (C)；此外在左小腿 (F) 和颈后 (H) 分别安放电极，同时将右足接地线 (见图)。除地线外共七个电极，电极连接时均通过适当的电阻以构成 X、Y 和 Z 轴。

2. 在操作前，检查仪器的性能，校正标准电压，一般取平卧位，如不能平卧，可取坐位，待被检查者呼吸平稳，在显示屏观察心电向量图，图形无干扰时开始记录。

注意事项

电极安放部位要准确。成人胸部电极安放部位以胸骨第 5 肋间水平线为准。记录前，应复查确保电极位置准确，接触良好，导联线连接无误。



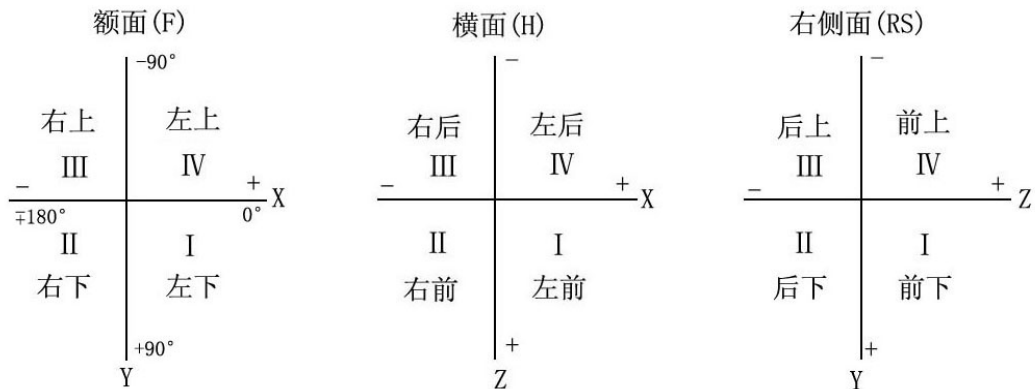
弗兰克 (Frank) 导联体系电极位置

第三节 标记方法

一、导联轴和观察面 上述 7 个电极通过一套电阻网络连接，可构成 3 个导联轴和 3 个观察面。A、C 联合（正极）与 I（负极）构成左右横向导联轴即 X 轴；M、F 联合（正极）与 H（负极）构成上下纵向导联轴即 Y 轴；A、C、E 联合（正极）与 M（负极）构成前后（矢状）导联轴即 Z 轴。X 轴与 Y 轴组成额面（F 面），X 轴与 Z 轴组成横面或称水平面（H 面），Y 轴与 Z 轴组成侧面（S 面）。额面采取从前向后看，故又称前额面；横面采取由上向下面看，又称上横面；侧面常取右侧面（由右向左看），也有取左侧面（由左向右看）。此三个面交于一点，称为中心点或零点，该点表示无电动力。F、H 和 S 三个面构成一个立体，形成空间向量环的几何坐标体系。

二、轴和面的标记方法 目前统一规定：在 X 导联轴上以左侧为正、

右侧为负；在 Y 导联轴上则以下为正、上为负；在 Z 导联轴上取前为正、后为负。水平线左端为 0° ，右端为 $\pm 180^\circ$ ；垂直线上端为 -90° ，垂直线下端为 $+90^\circ$ 。以 0° 为准，顺时针转为正角度，逆时针转为负角度。每个面有 4 个方位，以顺时针转依次命名为 I 象限 ($0^\circ \sim +90^\circ$)、II 象限 ($+90^\circ \sim +180^\circ$)、III 象限 ($-180^\circ \sim -90^\circ$)、IV 象限 ($-90^\circ \sim 0^\circ$)。但多数还是以真实方位表示，如额面 I 象限称左下、II 象限称右下、III 象限称左上、IV 象限称右上（见图）。



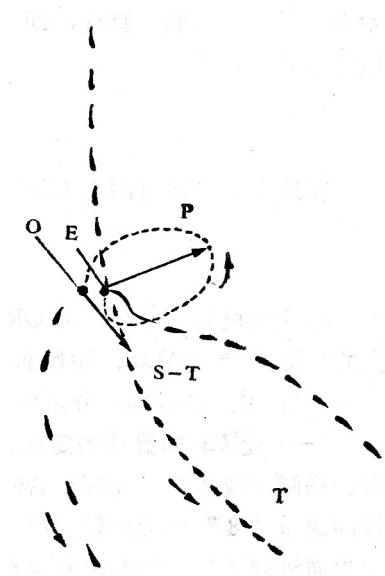
心电向量图标记方法

第四节 心电向量图的分析方法

心电向量图测量分析的项目很多，至今意见并不一致，虽然有的项目临床实用价值不大，但对初学者，仍有相当用处，今分述于下：

一、E 点（等电点）

E 点相当于心电图的基线（T-P 段）。X、Y、Z 三个座标轴均通过此点形成额面、侧面和横面三个互相垂直的面（见图）。

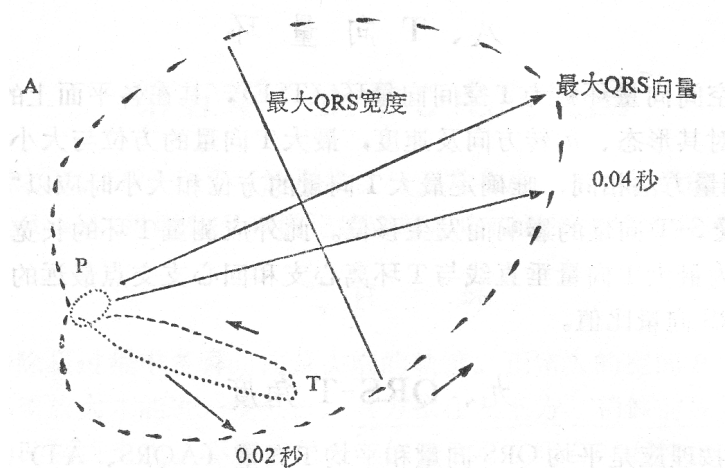


E 点附近的放大图

二、时间及振幅定标

时间：心电向量环是由许多泪点组成的，每一个泪点一般代表 2ms，仪器不同，设置也不同，有设置多个档次，可以调节。

振幅：给 X、Y、Z 三个导联轴分别输入 1mV 电压，即 10mm = 1mV，一般用 20mm/1mV（放大 2 倍）或 40mm/1mV（放大 4 倍），仪器设置有多个档次，可以调节。



P、QRS、T 环示意图

三、P 环

心房除极所形成的空间 P 向量环，其投影在向各面上，便分别形成额面、

侧面和横面上的 P 环。分析 P 环包括其形态、运转方向、最大 P 向量的方位、振幅及 P 环位于各象限的面积等。由于 P 环太小，详细分析多有困难，常须放大观察。测量方法可参考 QRS 环的测量方法。

心房复极向量以 Ta 为代表。由于 Ta 向量的存在，使 P 环不闭合。测量自 P 环的开始点至其终止点联一直线，即为 Ta 向量，其长度代表 Ta 向量的大小，角度代表 Ta 向量的方向，此项目临床实用价值不大，测量者较少。

四、P-R 间期

P-R 间期在静止心电图向量图上无法测量，只能在时间心电图向量图测量，测量从 P 环的开始至 QRS 环的开始为时间心电图向量图上的 P-R 间期。

五、QRS 环

心室除极的向量环，为 QRS 空间向量环，其在各面上的投影，即为额面、侧面及横面的 QRS 环。分析 QRS 环，分定性（观察形态）与定量（测量数值）两方面。

（一）QRS 环的定性分析

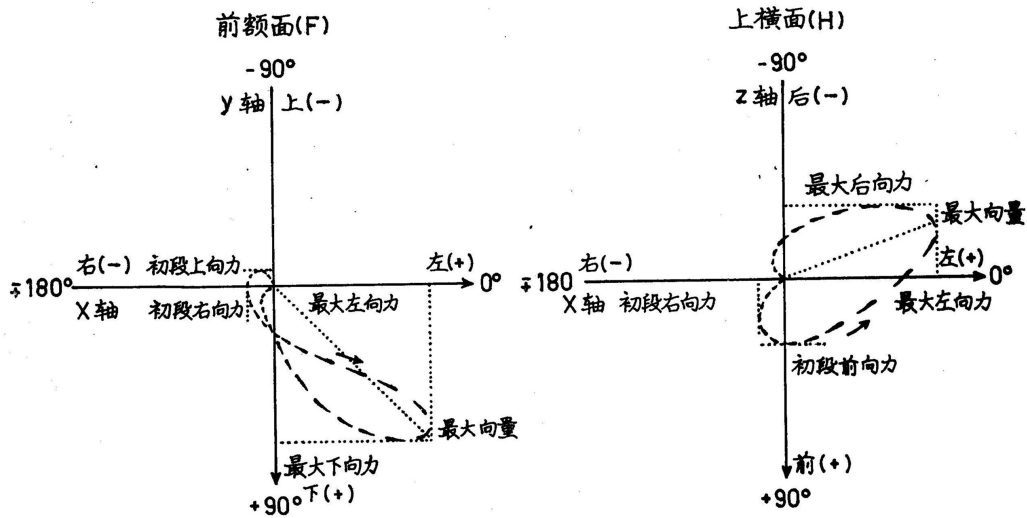
QRS 环的定性分析主要观察环的形状，如呈三角形，椭圆形或梭形等及环是否圆滑，有无扭曲，所在方位，运转方向，QRS 环一般分为三种运行方式：包括顺钟向、逆钟向或呈“8”字形运行，顺钟向运行用 CW 表示，逆钟向运行用 CCW 表示，“8”字形运行又分为两种，起始呈顺钟向运行用 CW/CCW 表示，起始呈逆钟向运行用 CCW/CW 表示。一般认为小环的长径 > 大环的 1/4 者，才称为“8”字形，否则称为近端或远端的扭曲。

为便于对 QRS 环进行分析，可将该环分成起始部、主环体部和终末部三部分。起始部即自身 QRS 环起始点至转变方向之前，大约在开始后的 10~20ms 以内，亦称为 Q 环。主环体部为 QRS 环最大部分，亦称为 R 环，它又可分为离心支与归心支两部，两者常被转折点所分开。终末部即转回原点以前的部分，亦称为 S 环。其终止点不一定与原点“O”相重叠，而称为“J”点，此点亦为 T 环的起始点。

（二）QRS 向量环的定量分析

关于定量分析，使用的项目繁多，且至今还未得到统一。临床上常用的

有以下几项：



QRS 环各方位及振幅测量示意图

1. 最大 QRS 向量：是从 QRS 环的起始点“O”至 QRS 环的最远点的连线，虽然三个面上的最大 QRS 向量常是最大空间向量环的投影，但应该注意，空间 QRS 向量环有可能对某个面是接近垂直的，此时其投影，便缩短。在这种情况下空间 QRS 向量环的最大向量即被缩短，便不能成为该面上 QRS 环的长轴。最大 QRS 向量出现时间大约在 40ms 左右，除测量其大小外并需测量其角度。此外还应测量初始各瞬间向量的方向与大小。如 10ms、20ms、30ms 及 40ms 向量的方位与大小，其方法是各从 O 点开始至相应时间泪点前端的连线。应该指出，起始向量运行比较缓慢，有时泪点重叠不易分清，对此应特别注意，以免影响对运行时间的判断。

2. 最大 QRS 宽度：最大 QRS 宽度为最大 QRS 向量的垂直线与 QRS 环两侧交点最远的距离。

3. QRS 环时间：QRS 环时间为自 QRS 环开始至其终止所占有的总时间，按泪点计算。

4. QRS 环向左向量（左向力）：从原点到 QRS 环左侧最大向量与 X 轴垂直直线交点间的距离。

5. QRS 环向右向量（右向力）：从原点到 QRS 环右侧最大向量与 X 轴垂直直线交点间的距离。正常 $< 0.1\text{mV}$ 。

6. QRS 环向上向量（上向力）：从原点到 QRS 环初段向上最大向量与 Y

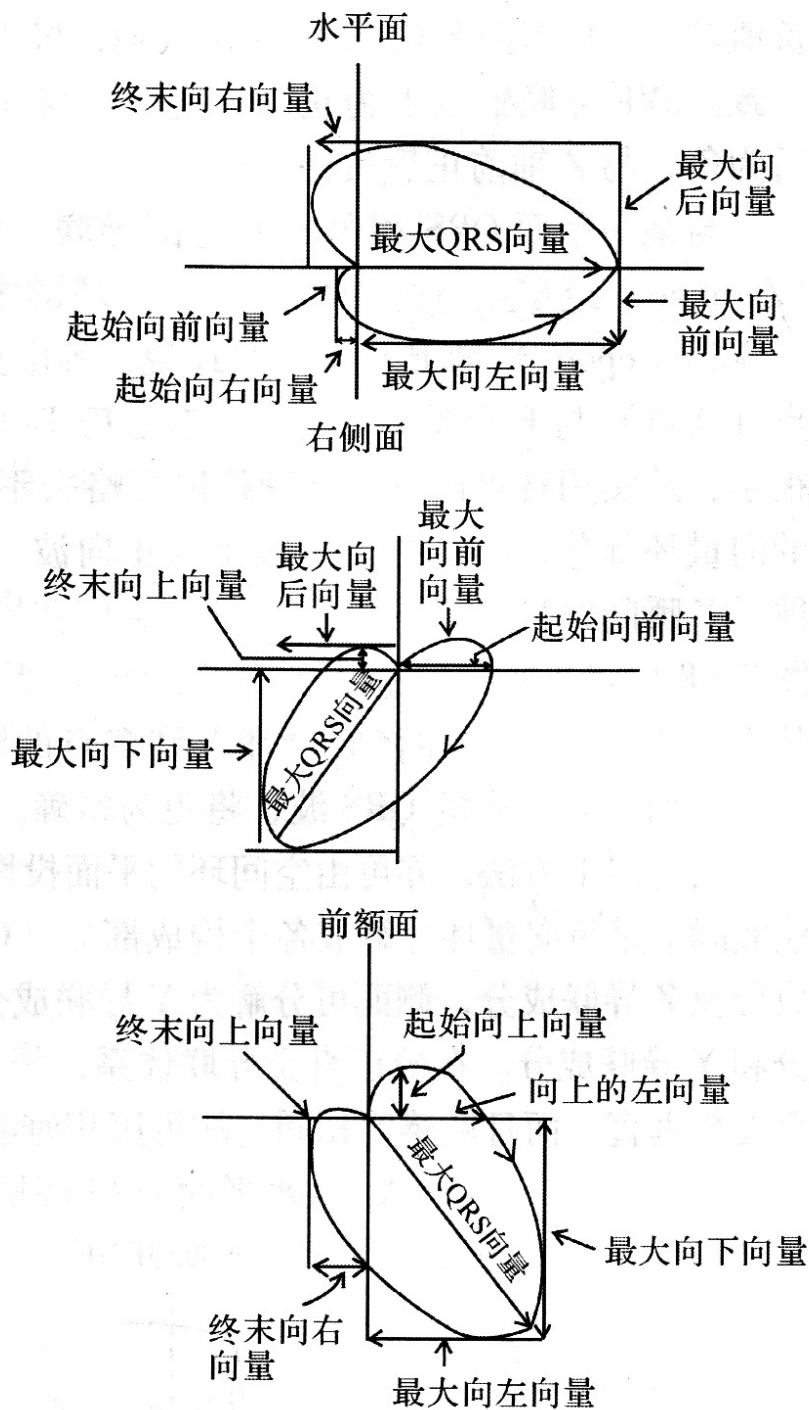
轴垂直线交点间的距离。正常 $< 0.2\text{mV}$ 。

7. QRS 环向下向量（下向力）：从原点到 QRS 环最大向下向量与 Y 轴垂直线交点间的距离。

8. 上向指数：QRS 环上向力与下向力之比值。正常 < 0.2

9. QRS 环左上向量：从原点到 QRS 环初段向上向量与 X 轴交点间的距离。正常 $< 0.3\text{mV}$ 。

此外，S-T 向量、T 向量、QRS-T 角及 P 环等均可分为定性与定量分析。

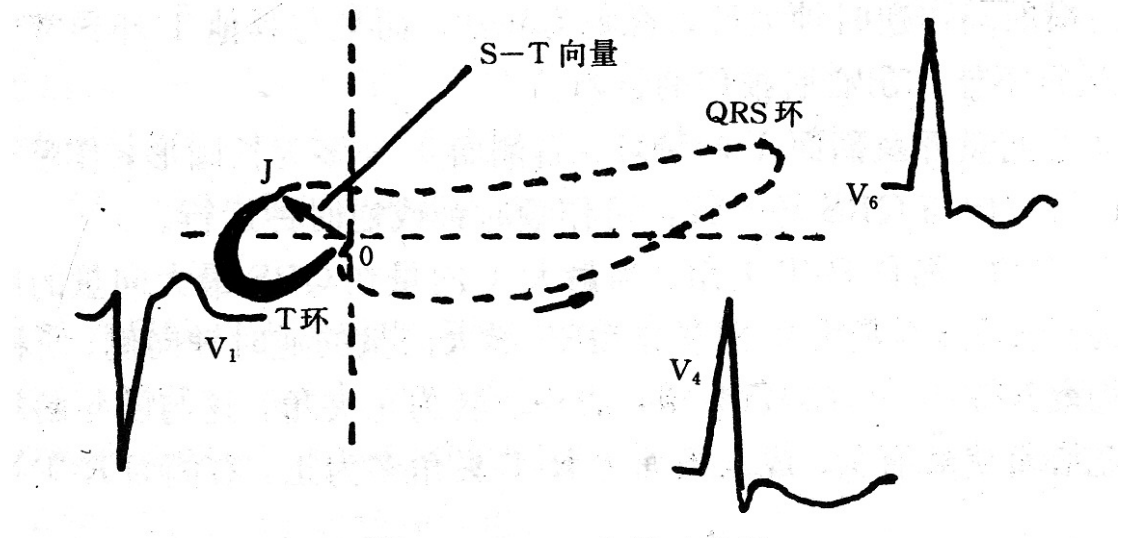


三个面 QRS 环向量的测量方法示意图

六 S-T 向量

多数正常人，心室除极完毕到复极开始这一段时间，可有短暂的电活动静止期，QRS 环终末部可回到中心点，整个 QRS 环是闭合的。但有少数正常人，心室除极尚未结束，部分心肌就开始复极，QRS 环终末回不到中心点，

QRS 环不闭合。如果 QRS 环不闭合，从 QRS 环起点指向 QRS 环终点的矢线即 ST 向量（见图）。一般人无 ST 向量，如有也较小（ $<0.05\text{mV}$ ），多指向前下偏左。在病理情况下，ST 向量增大，甚至方向可与 QRS 主环方向相反。若在向量图上见到明显 ST 向量，则相当于心电图上 ST 段移位。



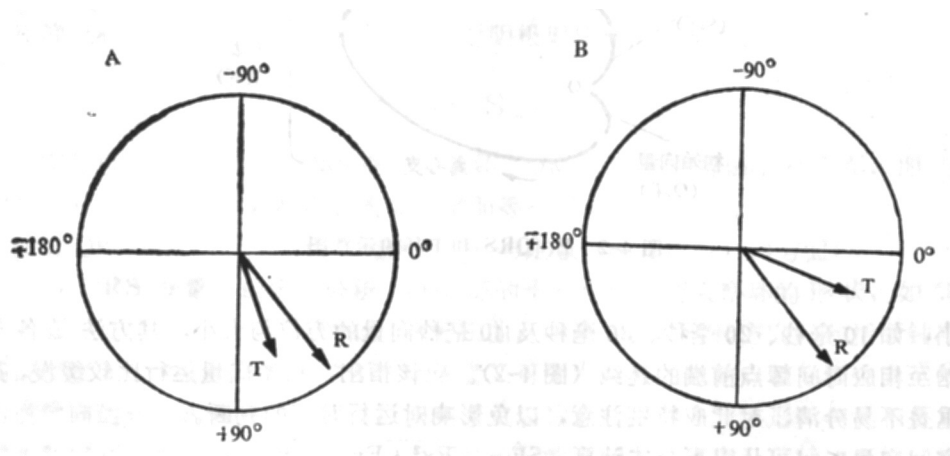
S-T 向量示意图

七、T 向量环

心室复极的空间向量环称为 T 空间向量环，其在各平面上的投影称为 T 环。对其形态、运转方向、速度、最大 T 向量的方位与大小及最大宽度等，均与 QRS 环的测量方法相同，T 环的长宽比值（长为最大 T 向量长度，宽为最大 T 向量垂直线与 T 环离心支和回心支交点最远的距离），最大 QRS 向量与最大向量 T 比值。

八、R (QRS) -T 角

QRS-T 角度按理应是平均 QRS 向量和平均 T 向量角的差，但实际上平均向量很难测得，因此常以最大向量代替之，即最大 QRS 向量与最大 T 向量角度之差，如果最大 T 向量在最大 QRS 向量之顺时针一侧为正，如正多少度，反之则为负，如负多少度。



测定 QRS-T 夹角示意图

R 为 QRS 环最大向量，T 为 T 环最大向量，A 图：T 向量在 R 向量之顺时针一侧，称为正角度，B 图：T 向量在 R 向量之逆时针一侧，称为负角度。

九、U 环

U 环为偶见于 T 环之后的小环，但大部分不能明确辨认。

总 结

心电图向量图测量分析的项目很多，大致分为定性和定量两种，环体的形态、大小、方位、环的旋转方向和运行速度等，属于定性分析。瞬时向量、最大向量与起始向量的角度和大小、向量环在每一象限中所占的面积大小之比等属于定量分析。从临床需要出发测量分析的项目主要包括：

1. 形态 对 P、QRS、T 环的形态，用直观判定，如圆形、椭圆形、梨形、桑叶形、柳叶形、8 字形、线形等。观察中应注意环体是否光滑、有无切迹、凹陷、凸起或突然转向等，对判定有无心肌梗塞有一定意义。

2. 旋转方向 是重要的诊断根据，分逆钟转、顺钟转、8 字转，后者一般应标明起始向量呈顺钟转或逆钟转。

3. 最大向量振幅 测量各面由原点到各环的最远点之间连接线的距离，是为各环的最大向量振幅，以毫伏（mV）计算。

4. 长 / 宽比例 沿最大 QRS 环向量的平行线与其垂直线在 QRS 环外切线成矩形，长为 L，宽为 W，求 L / W 比。测定 T 环长宽比的方法同上，但应求三个面中 T 环最大的长 / 宽比。

5. QRS / T 之比 是 QRS 最大向量振幅和 T 最大向量振幅两者的比值，用于诊断心室肥厚或心肌缺血。

6. 最大向量角及 R (QRS) -T 夹角 QRS 环最大向量角为 QRS 环最大向量振幅与水平轴之间的夹角，以度为单位。同理，以此法测出 T 环最大向量角。两者之间的夹角为 R-T 夹角，T 最大向量角在 QRS 最大向量角之顺时针侧为正，在逆时针侧为负。

7. QRS 环起始部和终末部方向 用实际方位描述，如水平面起始部向右前，终末部向右后；额面起始部向左上，终末部向右上等。

8. 向量环运转速度 心电向量图的时间标记是以每一个辉点为 2ms。根据泪点出现的密度以计算向量环运转的速度。

9. ST 向量 当 QRS 环不闭合，即环体从原点开始运行一周未能回到原点时，即形成 S-T 向量。S-T 向量的方向与偏移程度和心肌的复极变化有密切关系。

10. 瞬时向量 在临床应用常观察 0.02 秒起始向量、0.02~0.06s 主体部向量和 0.06~0.10s 的终末部向量。