

临床心电图量图学

第一军医大学 陆振刚 刘 池 编著
顾世忠 张建国

广东科技出版社

临床心电图向量图学

第一军医大学 陆振刚 刘 池 编著
赖世忠 张建国

广东科技出版社

内 容 简 介

本书简明扼要地介绍了心电向量图学的基本概念、正常图形和各种病理情况的心电向量图改变，并以心电向量概念解释心电图波形的变化。

本书分十三章，对心房、心室肥厚、室内传导阻滞、预激综合征、心肌梗塞、冠状动脉供血不足、肺心病、心瓣膜病及原发性心肌病的心向量改变都作了具体的描述，并归纳出诊断与鉴别诊断要点；对一些新进展如心肌梗塞并发束支传导阻滞、间隔支阻滞和心室起搏心电图也有具体的介绍。本书可供心血管病专业工作者、内科医师、医科大专业院校师生参考。

临床心电向量图学

第一军医大学 陆振刚 刘 池 编著
赖世忠 张建国

*

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

广东新华印刷厂印刷

850×1168毫米32开本 8.375印张 210,000字

1982年6月第1版 1982年6月第1次印刷

印数1—5,000册

统一书号 14182·47 定价 1.10元

前 言

空间心电向量图（简称心电向量图学）自应用于临床以来，对心脏病的辅助诊断有很大价值，目前国内已较普遍开展这项工作。1978年我院胡先文教授编写了《空间向量心电图学》讲义，简明地介绍了这门科学。近年来，临床心电向量图学有了迅速的发展，为反映国内外心电向量图工作的经验和成就，适应广大读者的需要，我们编写了这本《临床心电向量图学》。在编写过程中，力求贯彻理论与实践相结合的原则，简明扼要地总结我们的点滴经验，同时对国外有关心电向量图学方面的新进展有选择地作了介绍。经心血管疾病专家原广东省人民医院谭湘耀院长审阅了全部书稿，并推荐出版。上海第一医学院附属中山医院姚正义医师为本书提供了宝贵意见，本院心电向量图室的同志参加了许多具体工作，在此，一并表示感谢。由于我们业务水平有限，还会存在不少缺点和错误，诚恳地希望广大读者给予批评指正。

编 者

一九八一年冬

目 录

第一章 心电向量图的产生原理.....	(1)
心电向量的概念.....	(1)
空间心电向量环的产生原理.....	(4)
空间心电向量的投影概念.....	(9)
心电向量图与心电图的关系.....	(15)
第二章 心电向量图描记器工作原理及导联体系.....	(19)
心电向量图描记器工作原理.....	(19)
心电向量图的导联体系.....	(22)
第三章 心电向量图的分析.....	(28)
心电向量图的标记方法.....	(28)
心电向量图的分析.....	(29)
X、Y、Z导联心电图.....	(36)
第四章 正常心电向量图与正常心电图.....	(39)
P 向量环与 P 波.....	(40)
QRS 向量环与 QRS 波群.....	(42)
ST 向量和 ST 段.....	(50)
T 向量环与 T 波.....	(52)
U 环与 U 波.....	(54)
第五章 心房肥大.....	(57)
右心房肥大.....	(58)
左心房肥大.....	(60)

双侧心房肥大·····	(61)
心房肥大诊断要点·····	(62)
第六章 心室肥厚·····	(63)
左心室肥厚·····	(63)
右心室肥厚·····	(77)
双侧心室肥厚·····	(87)
第七章 心室内传导阻滞·····	(92)
左束支传导阻滞·····	(94)
右束支传导阻滞·····	(101)
左前支阻滞·····	(110)
左后支阻滞·····	(117)
室内双束支阻滞·····	(120)
室间隔支阻滞·····	(124)
第八章 预激综合征·····	(130)
预激综合征的发生原理·····	(131)
预激综合征的心电向量图表现·····	(133)
诊断与鉴别诊断·····	(141)
预激综合征合并其他异常·····	(142)
第九章 心肌梗塞·····	(144)
心肌梗塞心电向量图改变的发生原理·····	(144)
各部位心肌梗塞的心电向量图表现·····	(149)
心肌梗塞合并束支传导阻滞·····	(180)
第十章 冠状动脉供血不足·····	(193)
ST 向量的改变·····	(193)
T 向量环的改变·····	(196)
冠状动脉供血不足心电向量图诊断要点·····	(206)
第十一章 阻塞性肺气肿与慢性肺原性心脏病·····	(207)
阻塞性肺气肿·····	(207)
慢性肺原性心脏病·····	(210)

第十二章 先天性心脏病、心瓣膜病、原发性心肌病的	
心电向量图.....	(224)
先天性心脏病.....	(224)
心瓣膜病.....	(237)
原发性心肌病.....	(245)
第十三章 心脏电起搏的心电向量图表现.....	(252)
心房起搏.....	(252)
右心室起搏.....	(253)
心肌梗塞时右心室心尖部起搏图形.....	(256)
左心室起搏.....	(257)

第一章 心电向量图的产生原理

心肌在作机械性收缩之前，先有电激动而产生电力。心肌电力是一个既有大小又有方向的量，可用物理学名词“向量”来表达。心脏是一个立体器官，在激动过程的每一瞬间所产生的心电向量都占有一定的空间位置，即有上下、左右、前后的立体关系。这种反映立体的向量，称为空间心电向量。将心动周期中各个空间心电向量的运行轨迹连接起来，就构成一个空间心电向量环。临床心电向量图学就是将体表上变动着的心电向量记录下来，结合其他临床资料加以分析，以辅助临床诊断的一门科学。

近二十几年来，由于心电向量图描记器和导联体系的改进，临床心电向量图学有了迅速的进展，表明它有一定的实用价值。目前，心电向量图学尚是一门新兴科学，其发展前途是宽广的，值得我们学习和研究。

心电向量的概念

1. 心电向量的形成：

有关心电产生的基本原理，在许多心电图学书籍中已有详细论述，这里仅重复叙述有关的电偶概念。了解心肌细胞的激动过程之后便可知道，心肌细胞的除极和复极可用电偶学说来说明。电偶是由一对强弱相等、距离很近的正负电荷所组成。正电荷叫做电偶的电源，负电荷叫做电偶的电穴，二者的假想连线称为电偶轴。生理学上的电偶是指细胞极化膜两侧的电荷排列，以及激

动过程中细胞膜上的电荷运动现象。心肌细胞的除极、复极过程，就是细胞膜上一系列电偶的移动过程，由此产生了心肌电力，形成心电图向量。

心肌细胞除极时，除极点的细胞膜表面失去了正电荷而成为电穴，其前方尚未除极的膜上因具有相对高的电位而成为电源，这样就组成了一个电偶。电源在前，电穴在后。由于电偶两极间存在着电位差，于是产生电流。电源的正电荷不断地流入电穴，其电位则随之下降，当降到一定程度后，该处细胞膜发生除极，形成了新的电穴，于是电偶随着除极波的扩展而向前移动，直至除极完毕为止。单个心肌细胞的复极过程同样也是一系列电偶的移动过程，即先复极的细胞膜上是正电位，其前方尚未复极的膜上呈负电位，构成电穴在前、电源在后的电偶，沿着复极方向而向前移动，直至复极完毕为止。单个心肌细胞复极过程的电位变化恰与除极过程相反。

单个心肌细胞在激动过程中产生的电力是有大小和方向的。其大小取决于电偶的强度，即细胞极化膜极化电压的大小；其方向则是电偶移动的方向，也就是激动波推进的方向。这种既有大小又有一定方向的心肌电力，称为心电图向量，通常以一个带有箭头的线段表示之。线段的长度代表心电图向量的大小，箭头所指的方向代表心电图向量的方向，线段的头端代表正电荷，尾端代表负电荷。见图 1—1 A。

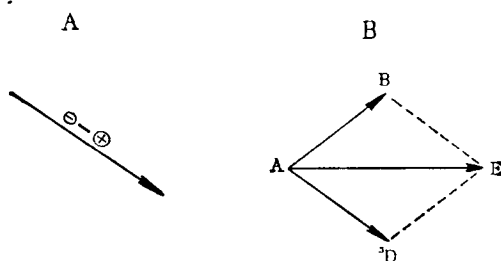


图 1—1 心电图向量的表示方法及向量的综合

如果把上述过程简化, 可以认为单个心肌细胞在激动过程中形成一个简单电偶, 产生一个心电向量。一块心肌有若干个心肌细胞, 激动时所产生的电偶数即为该块心肌细胞数的总和, 将所产生的心电向量加在一起, 即为该块心肌的综合向量。由于心肌细胞的排列各不相同, 因而产生的心电向量的方向也就不同, 各占一定的空间位置。这些方向不同的心电向量在空间综合成为一个总的向量, 称为空间综合向量。多个向量的综合, 一般是按照物理学合力形成的原则求出。例如, 两个向量的方向互相平行而强度不同, 其综合向量为二者的总和; 若两个向量的方向完全相反而强度不同, 其综合向量是二者的差数; 如果两个向量的方向互成一定角度, 则以平行四边形求对角线的方法求出综合向量。如图 1—1 B 所示。向量 AB 和 AD 互成一定的角度, 以二者为平行四边形的两个边, 其对角线 AE 即为二者的综合向量。

2. 除极面心电向量的综合:

心肌是由很多心肌细胞组成的合体。心肌除极时, 已除极部分与尚未除极部分形成一个交界面, 称为除极面。在除极面上有很多电偶排列成一个电偶层, 正极在前, 负极在后, 沿着除极波推进的方向向前扩展。由于健康心肌细胞的电解质分布是均匀的, 各个心肌细胞的极化电压也是相等的, 因此, 单位面积的心肌除极时所产生的电偶数及其强度也就是相等的, 故除极面综合向量的大小与除极面的面积成正比, 即除极面积越大, 电偶数目就越多, 所产生的综合向量也就越大。除极面综合向量的方向与除极方向相同, 都垂直于除极面。

为了进一步说明问题, 假设有一个厚度一致碗形肌自内向外均匀地进行除极, 见图 1—2。其除极面自内向外逐渐扩大, 所产生的向量也逐渐增大。在除极过程中分别产生 aa' 、 bb' 、 cc' 、 dd' 等对向量。 aa' 这对向量的大小相等, 但方向完全相反, 故互相抵销; 其余各对向量按求平行四边形对角线的方法进行综合。从图中可以看出, bb' 、 cc' 、 dd' 各对向量的综合向量都是向下

的，故整个碗形肌除极的综合向量 ER 也向下，并和覆盖碗形肌的 XY 平面相垂直。

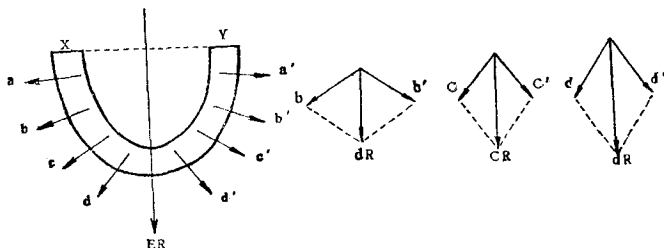


图 1—2 碗形肌除极过程的向量分析

心脏是一个有腔的锥形器官，这器官的各房、室壁厚度并不相等。另一方面，正常的心脏激动的起源在窦房结，并且激动的传导有一定顺序。因此，在除极过程中的每一瞬间，除极面的大小和除极方向不仅都在不断地改变，而且除极面的形状也不规则。尽管如此，各个瞬间综合向量的大小仍然取决于除极面的大小，瞬间综合向量的方向仍然符合前述向量综合的原则，即为合力所指的方向。当有两个或多个大小不等的除极面时，综合向量必然偏于除极面大、电偶数多的那一方。

空间心电图向量环的产生原理

1. P 向量环（心房除极环）：

正常心脏的激动起源于窦房结，经前、中、后三个结间束和房间束（Bachmann 束）向两个心房传布。激动在心房肌的传导速度约为每秒 800~1000 毫米。两侧心房的除极顺序是：右心房首先除极，其次是房间隔及其邻近的心房肌联合除极，最后是左心房除极。由于右心房的解剖位置是在左心房的右前方，而左心房是在右心房的左后方，故房内激动波的传布方向是自上向下、

自右向左、自起点处向前后扩展的。右心房除极产生的综合向量 P_1 朝向前下略偏左。房间隔及其邻近心房肌除极所产生的综合向量 P_2 向下略向前，比 P_1 更为向左。左心房除极的综合向量 P_3 朝向左后。空间 P 向量环就是心房除极过程中各瞬间综合向量的运行轨迹。见图 1—3。

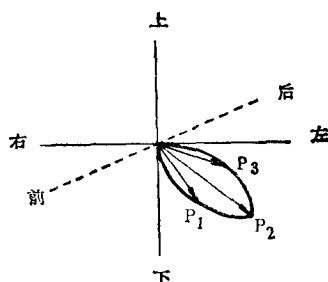


图 1—3 心房除极的瞬间综合向量及 P 环

心房复极的顺序与除极的顺序相同，即从右心房开始复极，但复极向量的方向是向右上后，与除极向量的方向完全相反。心房复极时产生的 T_a 向量很小，且易被中心光点和 QRS 环的起始部所掩盖，需要放大十几倍才能看出。从 P 环的起点 E 到其终点 O 的连线，就是 T_a 向量的方向和振幅（参见图 4—1）。

2. QRS 向量环（心室除极环）：

心房除极完毕之后，激动通过房室结沿希氏束和左、右束支下传，到达左、右心室的内膜下浦顷野纤维网后，使左、右心室进行除极。左束支在穿过室间隔膜部之后，于室间隔肌部的上端除分为前、后分支外，还存在第三个分支即室间隔支，其纤维分布于室间隔左侧面中部。右束支沿室间隔右侧内心膜下行至三尖瓣前乳头肌处才开始分支。由于左束支分支较右束支为早，故心室除极的最早部分是室间隔左侧面的中 1/3 处，而室间隔右侧面的除极约比前者晚了 5~10 毫秒。二者的除极向量综合构成心室除极的起始向量。随后是心尖部及其邻近的左、右心室前壁激动，

再次是两侧心室的外侧壁激动。由于右室壁较薄而左室壁较厚，故大部分右室壁除极已结束，而左室壁仍在继续除极。通常左心室基底部和右心室肺动脉圆锥部是心室除极的最后部分。心室游离壁的除极方向，是从心内膜面朝向心外膜面。激动在浦肯野纤维上的传导速度约为每秒 4000 毫米，而心室肌的传导速度约为每秒 400 毫米。整个心室的除极历时约 0.06~0.10 秒，平均为 0.08 秒。依上述除极顺序，心室除极的瞬间向量可简化为以下几个主要向量。

(1) 室间隔早期除极向量 室间隔的除极顺序较为复杂。根据对灌注人心及活狗心的研究资料，室间隔左侧面有三个区域同时最早除极。见图 1—4 中的 10 毫秒区。

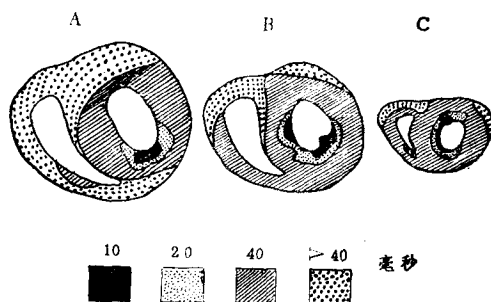


图 1—4 心室各部位的激动顺序

图示室间隔左侧面中部、前旁隔区及后旁隔区为心室激动的最早区域。A 为室间隔的上部横切面，B 为室间隔的中部横切面，C 为室间隔的下部横切面。

室间隔左侧面最早除极的三个区域是：①二尖瓣附着处下方的高位前旁隔区（左前支分布），②室间隔左侧面中央区（间隔支分布），③约从心尖到心底部 1/3 距离的后旁隔区（左后支分布）。前旁隔区的除极方向是向前、左、上，而后旁隔区的除极方向是向后、右、下，二者的除极向量方向相反而大部分互相抵消。室间隔左侧面中央区的除极方向自左向右，自后向前。因此，

上述三个区域的除极向量主要来自室间隔的左室面中央区，其综合向量的方向是向右前。室间隔右侧面的除极是从三尖瓣前乳头肌处开始的，约比室间隔左侧面晚 5~10 毫秒。该处的激动除迅速向周围扩展外，主要是自右向左除极。这就是说，整个室间隔肌块是由左、右两面向中央除极的。由于室间隔左侧面的激动开始较早，除极面较大，故室间隔早期激动的主要方向是从左向右。因左心室居于右心室的左后方，右心室居于左心室的右前方，室间隔的位置较为偏斜，故起始向量指向右前，偏上或偏下则视心脏的位置而定。见图 1—5 A。

(2) 前壁除极向量 除极开始后 0.02 秒左右，激动经浦野纤维迅速下传，使心尖部及其邻近的左、右心室前壁同时除极，除极方向自心内膜面朝向心外膜面。右室前壁的除极向量朝

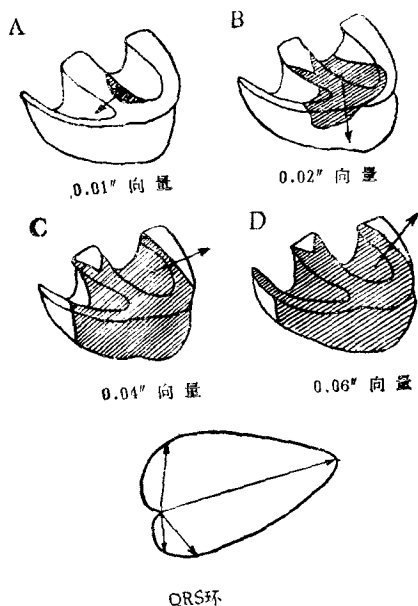


图 1—5 心室除极过程的主要向量及 QRS 环

向右前下，左室前壁的除极向量朝向左前下，因左室除极面大于右室除极面，故该瞬间综合向量朝向左前下。见图 1—5 B。

(3) 左室游离壁除极向量 除极开始后 0.04 秒左右，室间隔和大部分右室游离壁均已除极完毕，只有心室后基底部和左室侧壁仍在继续除极。由于左室除极面远大于右室，故形成一个最大向量，朝向左后下，见图 1—5 C。

(4) 基底部除极向量 除极开始后 0.06 秒左右，左右心室绝大部分心肌均已除极完毕，但左心室后基底部和右心室肺动脉圆锥部仍在继续除极，二者的综合向量构成心室除极的终末向量，朝向后上，可偏左或偏右，见图 1—5 D。在部分人尤其是儿童，因右心室占优势，右室基底部产生的向量可较大，致使终末向量朝向右后上。心室基底部的浦顷野纤维分布较稀少，除极速度较慢，在心电向量图上表现为 QRS 终末部光点较为密集。

QRS 向量环就是心室除极过程中各瞬间综合向量的轨迹。

3. T 向量环 (心室复极环)：

心室肌的复极是一个复杂的缓慢的过程。单个心肌细胞的除极仅需 2 毫秒，整个心室的除极约需 80 毫秒；而单个心肌细胞的复极过程却需 200~300 毫秒，整个心室的复极约需 400 毫秒才能完成。复极电压也远比除极电压为低。从心电向量图上能看到，T 环的时间为 QRS 环的数倍，且 T 环远比 QRS 环为小。这些情况提示复极波的推进，可能与传导系统无关，T 环的形成可能有多种复杂的机理。

单个心肌细胞的复极方向与除极相同，但整个心室肌的复极方向却与其除极方向相反，即从心外膜面开始，向心内膜面推进。因此，复极向量与除极向量的方向相反，T 环与 QRS 环的方位大致相反。在心电图上表现为以 R 波为主的导联 T 波直立。这种情况的确切机理尚不清楚，一般认为与心内膜面心肌的温度较低，承受的压力较高，使该处心肌代谢过程减慢有关。近年来的研究表明，心室肌的复极顺序与心肌细胞的动作电位有关。有人

观察了心室壁各层心肌的不应期，认为心内膜下层心肌的不应期长，中层心肌的不应期短，心外膜下层心肌的不应期居于两者之间，心室壁的复极方向也可能与心内膜下层心肌不应期长有关。

心室的复极顺序是从室间隔及左室心尖部开始的。室间隔大致是从左、右两侧同时复极，所产生的向量互相抵销，于是左室心尖部的复极向量(T_1)占优势，其方向朝向左前下。其次，室间隔、左室心尖部和侧壁的复极，便形成朝向左前下的最大 T 向量(T_2)。以后左室心尖部与侧壁继续复极，形成更为向左的晚期 T 向量(T_3)。将复极过程中各瞬间 T 向量的运行轨迹连接起来，就形成空间 T 向量环，见图 1—6。T 向量环的电力无疑是来自左、右两个心室。因右心室的复极向量很小，左心室的复极向量占绝对优势，故各瞬间 T 向量都朝向左方，整个 T 环朝向左前下。

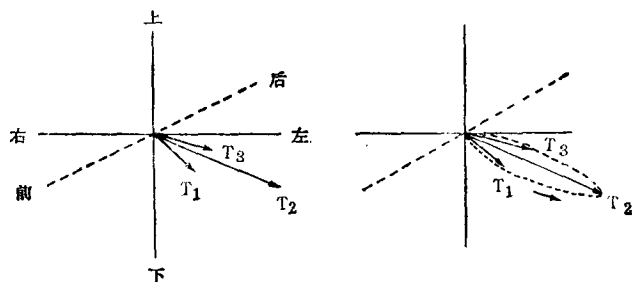


图 1—6 心室复极的瞬间综合向量及 T 环

空间心电图向量的投影概念

1. 空间心电图向量环在平面上的投影：

对立体的空间心电图向量环的描记，有很多技术上的困难，目前只能用间接的方法描记。已知空间任何一点的位置都可通过上下、左右、前后三个方位来确定，而空间心电图向量环也可同样通

过三个互相垂直的平面来表达。分别以垂直于某一平面的光线投照在空间心电向量环上，使其在三个互相垂直的平面上分别形成影象，即能得到空间心电向量环的三个平面图形。临床上所用的心电向量图，就是空间心电向量环在上横面、侧面（左或右）、前额面上的投影，分别称为横面、侧面、额面心电向量图。在横面上可观察心电向量环在左右、前后方位的运动情况；在侧面上观察心电向量环在前后、上下方位的运动情况；在额面上观察心电向量环在左右、上下方位的运动情况。通过三个平面的观察，可确定各个瞬间向量的空间方位，从而推断空间心向量环的立体形象，见图1—7。从图中可以看出，由于投照方向不同，故同一个立体向量环投影在不同平面上的形态也就不同，环的运行方向也就有差异。

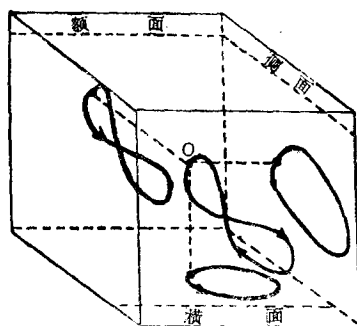


图1—7 空间心电向量环在三个平面上的投影

根据投影原理，一个空间向量在三个平面的X、Y、Z轴上的投影，能将该向量分解成三种成分，见图1—8。图示空间向量ER在三个平面的X、Y、Z轴上的投影。在额面上，空间向量ER投影在X轴（横轴）的左侧和Y轴（上下轴）的下侧，分别得出a、b两种成分；在右侧面上，该向量投影在Y轴的下侧和Z轴（前后轴）的后侧，得出b'、c两种成分；在横面上，该向量投影在X轴的左侧和Z轴的后侧，得出a'、c'两种成分。aa'同在X轴的