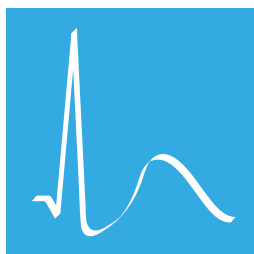




第 1 章

心电图基础知识



1

心电图导联

心电图问世百年有余，迄今仍是临床上常用的一项无创检查，不仅为临床医师提供筛查心脏疾患的线索，同时还具有直接诊断价值，例如急性心肌梗死、长 QT 综合征、Brugada 综合征等。随着临床循证医学的发展，心电图的预后信息也越来越受到重视，成为流行病学研究、危重症患者的预后评估和临床随访的常见检查工具。



每一次心跳都是心脏电活动的反映。传导至人体体表的心电活动非常微弱，需要借助特殊的仪器，即心电图机才能记录下来，然后通过图形化显示和输出。医师通过观察图形化的“心电活动”，

筛查、诊断和随访心脏疾病，这就是心电图检查。微弱的心电通过特殊的导线“引入”至心电图机，这些导线就是心电图学中的导联。我们常用的心电导联系统称为 Wilson 12 导联（图 1-1）。

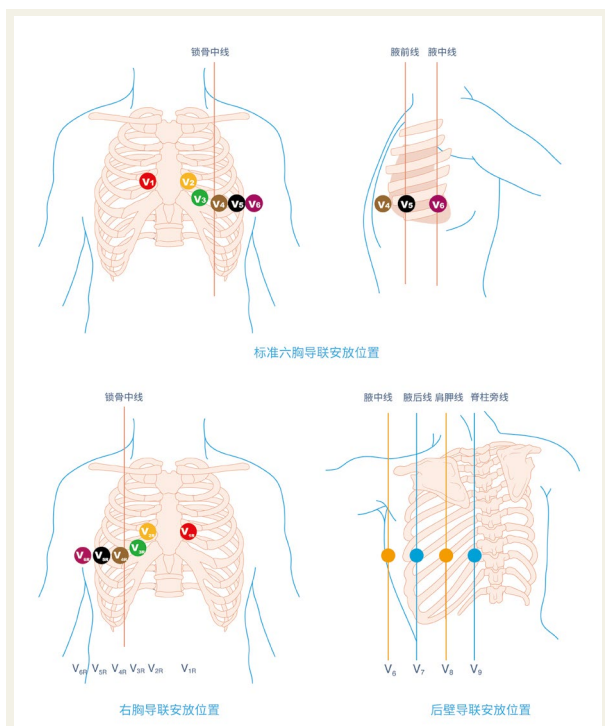


图 1-1 胸导联安放位置

图示胸导联的安放位置示意图。胸导联都是单极导联，每一个电极能够探查直径 3cm 范围的心肌。这些电极不直接接触心脏，心电图学上称为半直接导联



I、II 和 III 导联为标准双极肢体导联，aVR、aVL 和 aVF 为加压单极肢体导联，V₁-V₆ 导联为单极胸导联，它们组成标准 12 导联心电图。



□ 肢体导联连接方法

有红、黄、绿、黑四种颜色的电极，其中红色电极连接右手，黄色电极连接左手，绿色电极连接左下肢，黑色电极连接右下肢为地线。



□ 胸前导联连接方法

V_1 : 第四肋间的胸骨右缘旁;

V_2 : 第四肋间的胸骨左缘旁;

V_3 : V_2 与 V_4 连线中点;

V_4 : 第五肋间的左锁骨中线处;

V_5 : V_4 同一水平面的左腋前线处;

V_6 : V_4 同一水平面的左腋中线处。



□ 右胸导联连接方法

V_{1R} : 即 V_2 导联;

V_{2R} : 即 V_1 导联;

V_{3R} : V_{2R} 与 V_{4R} 连线中点;

V_{4R} : 第五肋间的右锁骨中线处;

V_{5R} : V_{4R} 同一水平面的右腋前线处;

V_{6R} : V_{5R} 同一水平面的右腋中线处。



□ 后壁导联连接方法

V_7 : $V_4 - V_6$ 导联同一水平面的左腋后线处;

V_8 : $V_4 - V_7$ 导联同一水平面的左肩胛线处;

V_9 : $V_4 - V_8$ 导联同一水平面的左脊柱旁线处。

接诊胸痛患者时，建议首次采集 18 导联心电图，加做 V_{3R} 、 V_{4R} 、 V_{5R} 、 V_7 、 V_8 、 V_9 导联，全面评估心肌缺血部位和范围。

采集系列心电图时，建议在初次胸导联安放部

位用色笔做好标记，其后在相同部位采集胸导联心电图，以便系列心电图进行比较，特别适用于急性心肌梗死患者在住院期间的心电图随访，了解心肌梗死的恢复和进展情况，

右室和后壁心肌梗死的 ST 段抬高持续时间较短，尽早完善 18 导联心电图有助于捕捉这些特殊部位的心肌梗死。



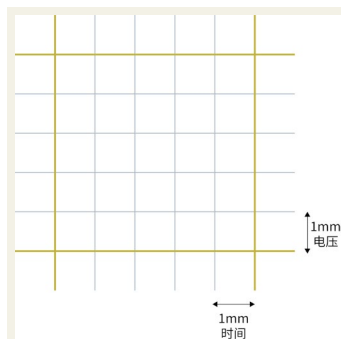


图 1-2 心电图纸的坐标

心电图纸的横向坐标代表时间，纵向坐标代表电压，亦即振幅

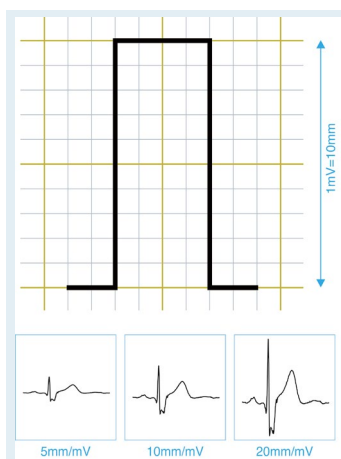


图 1-3 定准电压

日常工作中，心电图机设置的定准电压是 10mm/mV，即输入 1mV 电压，心电图基线偏移 10mm。当心电图波振幅非常矮小时，定准电压可以设置为 20mm/mV，放大大心电图；当心电图波振幅非常高时，超出心电图记录纸或相邻导联波形严重重叠，定准电压可以设置为 5mm/mV，缩小心电图

有利于医生及时制定正确治疗策略。

2

心电图记录纸和定标

心电图纸是一种坐标纸，有利于全世界的医师设定统一的记录标准，以便不同国家和地区的医师能够相互交流采集的心电图，规范学科建设。

心电图纸由横线和竖线交织的小方格构成，每一条线相距 1mm，横线代表时间，竖线代表电压。日常工作中，国际上建议心电图机工作的走纸速度为 25mm/s，则横向每 1mm 代表 40ms（图 1-2）。

每描记一份心电图，外加 1mV 电压时，基线应准确地抬高 10mm，这外加的 1mV 电压称为定准电压。日常工作中，国际上建议心电图机工作的定准电压是 10mm/mV。定准电压出现于每一个导联转换的排头，本书如无特殊说明，定准电压均为 10mm/mV，为制图方便，均省略



激光打印输出的心电图能永久保存。热敏心电图记录纸打印输出的心电图，随时间推移，心电图会逐渐消失，不能长期保存。

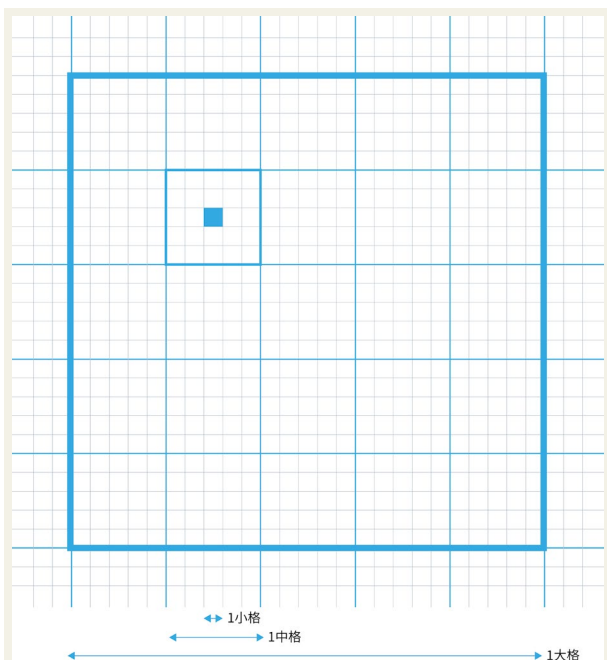


图 1-4 心电图记录纸

心电图记录纸由 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的小方格组成。走纸速度为 25mm/s 时，每 5×5 个小方格组成中方格，横向时间 200ms ；每 5×5 个中方格组成大方格，横向时间 1s

定准电压（图 1-3）。

每五个小方格组成中方格，横向时间正好为 200ms ；每五个中方格组成大方格，横向时间正好为 $200\text{ms} \times 5 = 1000\text{ms}$ ，即 1s （图 1-4）。记住这些常用的时间，能帮助我们肉眼快速测量心电波的

间期。

为了临床和心电图分析的实际需要，在除了常用的 25mm/s 和 10mm/mV 标准心电图外，心电图机还能将走纸速度另设为 12.5mm/s 、 50mm/s ，将定准电压设为 2.5mm/mV 、 5mm/mV 、 20mm/mV 等几

种模式。因此，判读心电图时，应首先观察心电图的走纸速度和定准电压。

心电图是重要的临床资料，应嘱受检者采用专门的文件袋妥善保管，以便日后随访时，医师对比分析不同时间采集的心电图，评估疾病进展和治疗情况。

3

心电向量环

心脏是一个立体器官，整体心脏的电活动是空间三维的，而心电图是平面二维输出的，心电信息从空间三维向二维平面的转化需要借助心电向量的概念。心脏除极时，在空间会产生无数的瞬时除极向量，把这些除极向量的空间运行轨迹记录下来，就是空间心电向量环。

三维空间是由 X 轴、Y 轴和 Z 轴构成的，XY

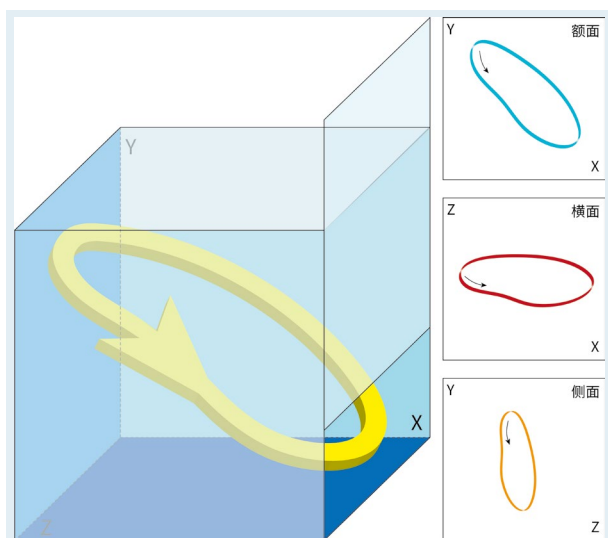


图 1-5 空间心电向量环

左图示三维 QRS 空间心电向量环。右图示空间向量环投影在额面，即为额面 QRS 环；投影在横面，即为横面 QRS 环



当前，心电图机和心电图工作站采集心电图后，通过内置程序进行信息转化，直接输出心电图图形，无需医师进行繁琐抽象的信息转化。



轴构成左、右和上、下方向的额面，XZ 轴构成左、右和前、后方向的横面，YZ 轴构成上、下和前、后方向的侧面，空间心电图向量环分别投影在额面、横面和侧面就构成了三个平面心电图向量环（图 1-5）。这就是心电图学上的第一次投影。

心室除极的空间心电图向量环投影在额面就形成了额面 QRS 环，投影在横面就形成了横面 QRS 环。额面 QRS 环继续投影在额面导联轴上，就形成了肢体导联心电图；横面 QRS 环投影在横面导联轴上（胸导联），就形成 6 个胸导联的心电图（图 1-6）。

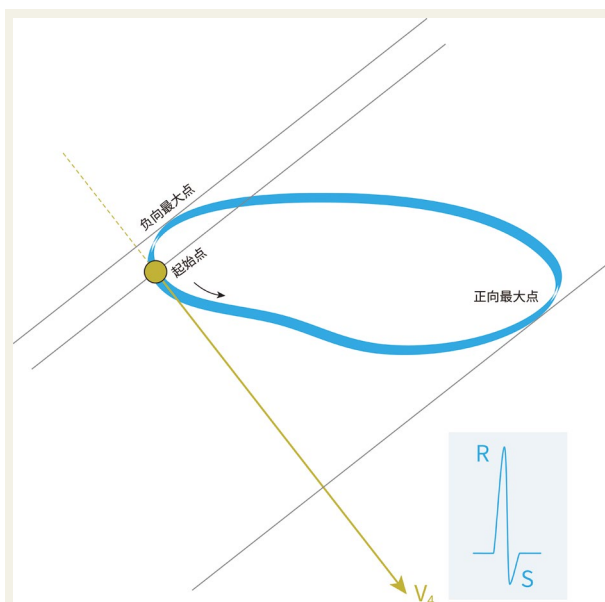


图 1-6 二次投影学说：横面 QRS 向量环在 V_4 导联的投影

投影常选择三个标志点进行考察，即向量环的起始点、正向最大向量点和负向最大向量点，沿导联轴中点做导联轴垂线，把导联轴分为正侧和负侧，投影在导联轴正侧部分的高度（振幅）形成正向 R 波，投影在导联轴负侧部分的高度（振幅）形成负向 S 波

心电图向量图当前已鲜用于临床。不过，有时懂一点粗浅的心向量知识，能帮助理解心电图波形的形成。



这就是心电图学上的第二次投影。心房和心室的除极与复极都会产生各自的除极与复极空间向量环。

空间心电向量环经过两次投影，就形成了平面心电图，这就是心电图的二次投影学说。

4

双极和单极导联

心电图导联是指记录体表心电图的方法，正极、负极和心电图机要形成一个完整的电学回路，简而言之就是记录心电图时的电极安放和连接。标准 12 导联心电图由 6 个肢体导联（I、II、III、aVR、aVL 和 aVF）和 6 个胸导联（ V_1 – V_6 ）组成。

I、II 和 III 导联是标准双极肢体导联，每个导联由正负两个电极组成，左上肢正极和右上肢负极即为 I 导联，左下肢正极和右上肢负极即为 II 导联，左下肢正极和左上肢负极即为 III 导联（图 1-7）。

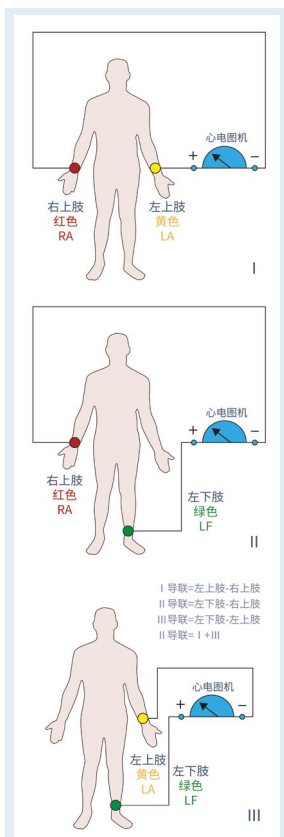


图 1-7 标准双极肢体导联

I、II 和 III 标准双极肢体导联的连接方式。每一个导联均有两个肢体电极（分别代表正极和负极），它们与人体、心电图机组成电学回路

标准双极肢体导联是心电图机的发明人和心电图理论奠基人荷兰生理学家和



医学家 Einthoven 于 20 世纪初期建立的。

如果把左上肢、右上肢和左下肢的电极连接在

一起，电压正好为零，心电图学上称为中心电站(图 1-8)。中心电站作为负极，右上肢、左上肢和左

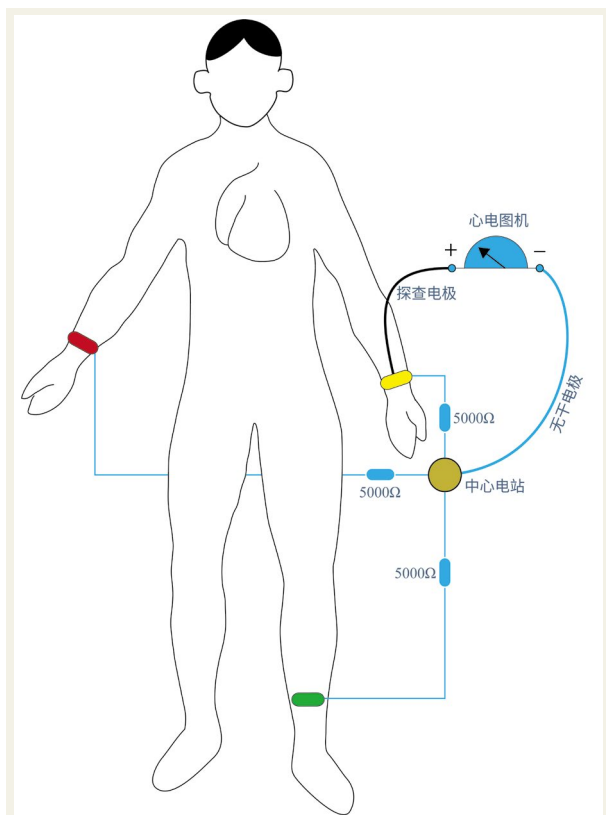


图 1-8 中心电站

左上肢、右上肢和左下肢的导联连接在一起，每个导联添加 5000 欧姆电阻，组成电压接近零的中心电站。从中心电站引出的导联称为无干电极。右上肢作为正极，无干电极作为负极，形成单极右上肢导联（VR）；左上肢作为正极，无干电极作为负极，形成单极左上肢导联（VL）；左下肢作为正极，无干电极作为负极，形成单极左下肢导联（VF）。

摘取电极时，一定要用手拿取导联夹和胸导联吸球，不要拉扯导联线，以免损坏导联线。



Note

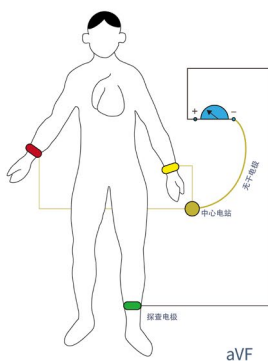
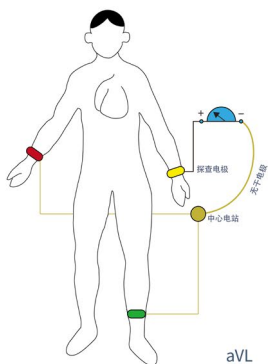
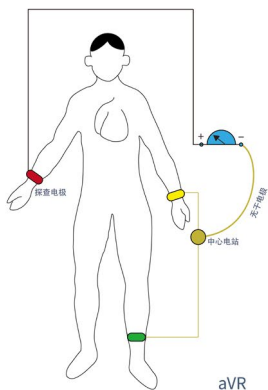
图 1-9 加压单极肢体导联

加压单极肢体导联的连接方式

下肢分别作为正极，形成单极肢体导联 VR、VL 和 VF。单极肢体导联是美国心脏病学家 Wilson 于 1934 年提出的。单极肢体导联记录的心电图波形振幅较小，临床现已弃用。

1942 年美国生理学家 Goldberger 对中心电站进行改良，以期提高单极肢体导联记录的心电波振幅。当记录右上肢的单极心电图时，把中心电站的右上肢脱离，实际中心电站由左上肢和左下肢组成，这样右上肢作为正极，无干电极作为负极，心电图波形不变，振幅增加 1.5 倍，同理适用于左上肢和左下肢，称为加压单极肢体导联，即 aVR、aVL 和 aVF 导联（图 1-9）。a 是英文 augmented（增强的、增大的）的首写字母。

双极肢体导联和加压单极肢体导联组成标准 12 导联心电图的 6 个肢体导





联，亦即额面导联系统。

把 Wilson 中心电站作为负极，胸导联作为正极，组成单极胸导联，标准 12 导联心电图定义了 6 个常用胸导联，即 V_1-V_6 导联。一些特殊情况下，需要在常规胸导联高一个肋间探查，称为 $V_1'-V_6'$ 导联，如果是高两个肋间安放胸导联，称为 $V_1''-V_6''$ 导联，依此类推；反之，如果需要在常规胸导联低一个肋间探查，称为 V_1-V_6 导联，如果是低两个肋间安放胸导联，称为 V_1-V_6 导联。

正确的电极安放

上肢导联推荐安放于手腕部位，下肢导联推荐安放于脚踝部位。肢体导联电极的安放位置最好保持左右一致，不要左上肢放置于手腕，右上肢放置于上臂，例外的是截肢患者，可用吸球替代导联夹，吸附于残肢断端。

女性受检者的乳房明显下垂时，上抬乳房，将胸导联安放于乳房下。如

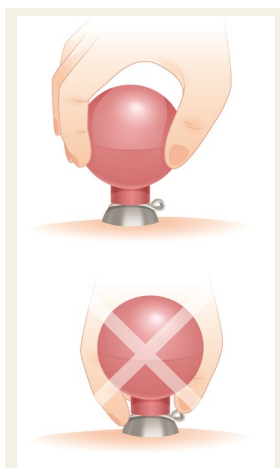


图 1-10 正确扶持胸导联吸球

扶持胸导联吸球时，应轻压吸球的塑胶头部，切勿触碰金属部分

遇消瘦、恶病质、呼吸急促等受检者，胸导联吸球对胸部皮肤的吸附能力不好，时常脱落，可嘱家属或第三者轻压吸球头部，增加电极与皮肤的贴靠，协助者的手部切勿触碰电极的金属部分；胸毛茂密的男性受检者，需要剃除胸毛，保证电极与皮肤的充分接触（图 1-10）。

一些女性受检者的自我保护意识较为强烈，对于暴露胸部有所顾忌，心

电图检查室的医务人员应尊重她们的要求，注意保

护女性受检者的隐私，或临时安排女性医师检查。

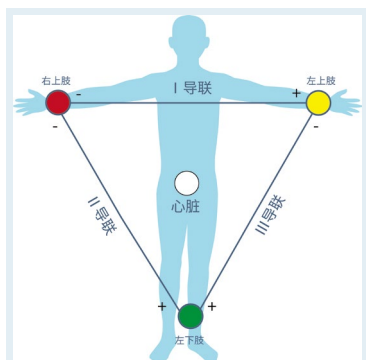


图 1-11 Einthoven 三角

左上肢、右上肢和左下肢形成人体的等边三角形，心脏位于三角形的中心，三边分别是 I、II 和 III 导联的导联轴

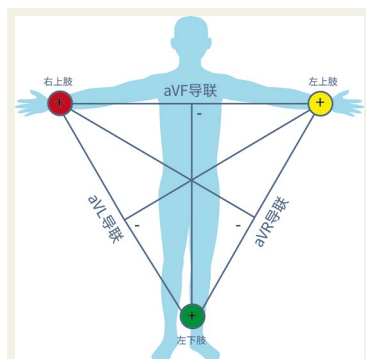


图 1-12 加压单极肢体导联的导联轴

从 Einthoven 三角得到加压单极肢体导联的导联轴，正极是肢体末端，负极是改良的中心电站，从图中可以观察到单极肢体导联的导联轴均分双极肢体导联轴夹角

5 导联轴

假设心电图肢体导联的安放位置，即左上肢、右上肢和左下肢形成一个等边三角形，心脏位于这个三角形的中心，这就是心电图学上的 Einthoven 三角（图 1-11）。

某导联正极和负极之间的假想连线，称为导联轴。导联轴的方向是该导联负极指向正极的方向。Einthoven 三角中，I、II 和 III 导联的导联轴夹角为 60° ，注意各导联轴的极性。

在 Einthoven 三角中，从右上肢、左上肢和左下肢顶点作对边的垂线，分别得到加压单极肢体的导联轴，即 aVR、aVL 和 aVF 的导联轴（图 1-12）。

如果把双极肢体导联和加压单极肢体导联的导联轴各自移动到同一个原点，以原点为中心，朝向



Note Einthoven 三角理论是有缺陷的，人体的右上肢、左上肢和左下肢并不形成等边三角形，心脏也不位于人体的正中心。

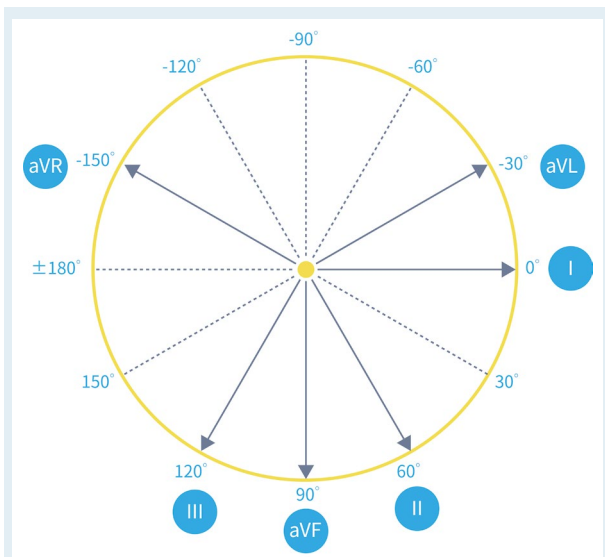


图 1-13 六轴参考系统 (hexaxial reference system)

六轴参考系统把额面导联系统的导联轴图形化，额面心电图向量环如果投影在导联轴的正向（实线箭头部分）记录到正向心电图，投影在导联轴的负向（虚线部分）记录到负向心电图。Hexaxial 词意为六轴

正极的方向为导联轴正侧，朝向负极的方向为导联轴负侧，即得到额面导联体系的六轴参考系统(图 1-13)。

习惯上规定六轴参考系统以 I 导联正侧作为 0°，顺时针方向的夹角度数为正数，逆时针方向的夹角度数为负数，六轴导联外加它们的负向部分，彼此夹角为 30°。六轴参

考系统中，aVR 导联指向右上方，II 导联指向左下方，III 导联指向右下方，aVF 导联指向正下方，I 导联指向正左侧，aVL 导联指向左上方。

单极胸导联的导联轴是以心脏中心为原点，朝向导联轴方向为正侧，背离导联轴方向为负侧（图 1-14）。从 V₁ 至 V₆ 导联，导联轴从朝向右心室逐渐

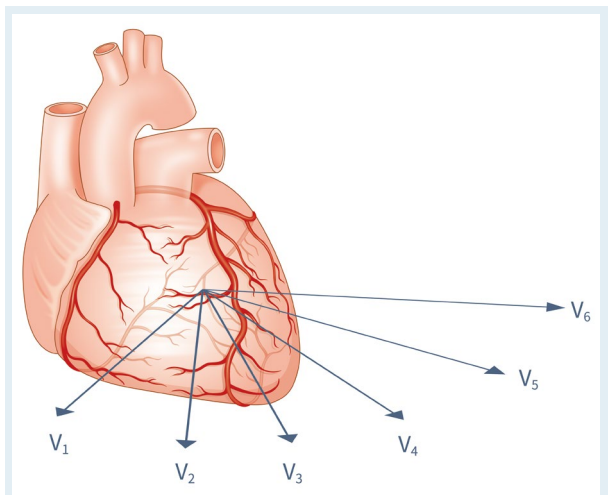


图 1-14 胸导联轴

横面导联体系的胸导联轴，激动朝向导联轴记录到正向波，激动背离导联轴记录到负向波

过渡到朝向左心室。

肢体导联线和胸导联线可以分别从导联夹和吸附导联球中取下。当把左上肢和右上肢导联线从导联夹中取下，然后随意接入任何两个吸附导联球中，把 I 导联的左上肢电极置于第四肋间的胸骨右缘旁，右上肢电极置于第二肋间的胸骨右缘旁，即组成了双极胸导联（Lewis 导联）。这种双极胸导联能提高心房除极波的检出

率，辅助诊断宽 QRS 波心动过速和一些室上性心动过速，感兴趣的读者可以参阅一些高级心电图学教科书，了解更多双极胸导联的安放方法和它们的临床价值。

李凌华

四川西南医科大学附属医院