

臨床心電圖

濟南軍區後勤部衛生部

毛主席语录

备战、备荒、为人民。

中国医药学是一个伟大的宝库，应当努力发掘，加以提高。

应当积极地预防和医治人民的疾病，推广人民的医药卫生事业。

把医疗卫生工作的重点放到农村去。

团结起来，争取更大的胜利！



前 言

心血管疾病,是中老年人的一种常见病多发病,对广大工农兵群众的健康危害较大。因此,认真搞好这项疾病的防治,保护劳动人民的健康,是贯彻执行毛主席革命卫生路线的实际行动。为开办全区心血管病防治学习班,提高对心血管病的防治水平和抢救技术,更好地“**为全体军民服务**”,我们于一九七三年组织了全区心血管病科研协作组的同志,学习外地的先进经验,同时又结合自己的一些临床实践,编写了“临床心电图”、“心血管疾病”讲义。现略加修改,印发本区临床医生学习参考。

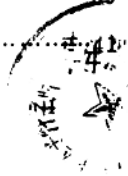
由于我们思想、理论水平不高,临床实践经验有限,书中肯定会有缺点和错误,我们殷切的希望大家给予批评指正。

济南军区后勤部卫生部

一九七四年十二月

目 录

第一章 心电图描记器基本原理	1
一、弦线型心电图描记器.....	1
二、热笔或直接心电图描记器.....	1
三、阴极线管型心电图描记器.....	2
第二章 心电图发生原理	3
一、解剖学基础复习.....	3
二、生理基础.....	5
三、电偶假设.....	9
四、容积导电的概念.....	10
五、心电向量的概念.....	12
第三章 导联、导联轴、心电轴、心电位	16
一、导联.....	16
二、导联轴.....	17
三、心电轴.....	18
四、心电位.....	21
第四章 心电向量图基本原理及其与心电图关系	21
一、心电向量体系.....	23
二、心电向量图描记方法.....	24
三、心电向量图的分析.....	25
四、心电向量图的基本图形.....	27
五、心电向量图与心电图的关系.....	28
第五章 正常心电图	30
一、分析心电图时的测量方法.....	30
二、正常心电图各波的形态、时间及电压.....	32
三、其他几种特殊心电图导联的图形.....	39
第六章 心房与心室肥大	



一、心房肥大	41
二、左心室肥厚	42
三、右心室肥厚	45
第七章 束支传导阻滞	48
一、左束支传导阻滞	48
二、右束支传导阻滞	50
三、不完全性束支传导阻滞	52
四、束支传导阻滞合并心室肥厚	53
五、室内传导阻滞	53
六、左束支分枝传导阻滞	54
七、双侧束支传导阻滞	55
第八章 预激综合症	58
一、典型的预激综合症	58
二、变异型预激综合症	60
第九章 冠状动脉供血不足	61
一、心绞痛发作时心电图	61
二、慢性冠状动脉供血不足心电图表现	62
三、心电图负荷试验	64
第十章 心肌梗塞	74
一、心肌梗塞心电图变化机制	74
二、心肌梗塞的定位诊断	77
三、急性心肌梗塞的演变过程	88
四、复发性心肌梗塞	89
五、心肌梗塞合并束支传导阻滞	89
六、心肌梗塞合并预激综合症	92
七、室壁瘤心电图的表现	92
八、心肌梗塞心电图的鉴别诊断	92
第十一章 心包炎与心肌病	93
一、心包炎	93
二、心肌病	95
第十二章 具有病因诊断意义的心电图	99

一、右位心·····	99
二、二尖瓣疾患·····	99
三、肺源性心脏病·····	100
第十三章 药物影响及电解质紊乱的心电图·····	102
一、洋地黄·····	102
二、奎尼丁及普罗卡因酰胺·····	104
三、心得安·····	105
四、苯妥因钠·····	105
五、利多卡因·····	106
六、锑剂·····	106
七、吐根素·····	107
八、血钾改变·····	108
九、血钙改变·····	111
第十四章 心律紊乱概述·····	114
一、心律紊乱的分类·····	114
二、心律紊乱的心电图诊断·····	115
第十五章 窦性心律失常·····	116
一、正常窦性心律·····	116
二、窦性心动过速·····	116
三、窦性心动过缓·····	116
四、窦性心律不齐·····	117
五、窦房结内游走性节律点·····	118
六、窦性静止·····	118
第十六章 被动性异位节律·····	119
一、房室结区逸搏(房室交界区逸搏)·····	119
二、房室结区心律(简称结区心律)或房室交界区心律·····	120
结区心律的特殊类型	
(一)冠状窦性心律·····	121
(二)冠状窦结性心律·····	121
(三)反复心律·····	122
三、窦房结至房室结游走性心律·····	125
四、心房自主节律(心房逸搏心律)·····	125
五、心室逸搏及心室自主节律·····	126

六、干扰性房室脱节	127
第十七章 自发性异位节律	129
一、期前收缩	129
(一)室性期前收缩	129
(二)房性期前收缩	133
(三)结区期前收缩	136
(四)与期前收缩有关的一些心电图变化	137
1、融合波	137
2、干扰	138
3、隐匿性传导	139
二、阵发性心动过速	141
(一)阵发性室上性心动过速	141
(二)阵发性室性心动过速	144
三、扑动与颤动	148
(一)心房扑动与心房颤动以及混乱性房性心律	148
1、心房扑动(心房震颤)	149
2、心房纤颤	151
3、混乱性房性心律	155
(二)心室扑动与颤动以及混乱性心律	156
1、心室扑动	156
2、心室颤动	157
3、混乱性心律	157
第十八章 心脏传导阻滞	159
一、窦房传导阻滞	159
二、心房内传导阻滞	160
三、房室传导阻滞	161
第十九章 心电图的检查临床应用与心电图的分析与报告	164
一、心电图检查的临床应用	164
二、心电图的分析及报告	165
附录一 肢导联六轴系统坐标图	167
附录二 自导联 I、II QRS波测定心电图轴表	169
附录三 各波电压的正常值	170

第一章 心电图描记器基本原理

心脏机械收缩前心肌首先发生电激动。心房及心室的电激动影响着全身各部，使身体不同部位的表面发生了电位差别，心电图描记器就是把身体变动着的电位差加以扩大记录下来的仪器。

一、弦线型心电图描记器：

最重要部分是一个用来测量微小电位差的弦线型电流计。它的核心构造是在一对强力的磁铁南北极之间垂直地悬置一条导电丝(弦线)。当电流通过这条导电丝时，导电丝的周围便产生了磁场，于是根据物理学相吸相斥的作用，使这个导丝移位，固定磁场的磁力线方向是从北极向南极，导电丝周围的磁力线方向可以用“右手定律”来决定，方法是设想用右手握住导线，如果右拇指指的方向指示着电流的方向，那么磁力线的方向便是顺着其他握住导线的手指的方向。相同方向磁力线发生同性相斥，两项磁力线方向相反，发生异性相吸现象。如图示如电流方向是自下向上的，电磁场的方向便是围绕着导丝逆钟向转的（从自上而下的观看），在导丝的后面是自右向左，导丝的前面是自左向右，于是在导丝前面因两项磁力线相反，发生异性相吸现象，在导线后方两项磁力线方向相同，发生同性相斥，导丝本身会向前移动。如导丝电流方向是自上而下时，和以上机制一样，导丝会向后移动。导丝移动的方向是由电流的方向确定的。而导丝的移位的幅度则与通过导丝的电流大小有关系（因磁铁磁场强度固定），通过导线丝的电流越强，导电丝的移位越大。可以根据导电丝移位的方向和程度就可以测定通过导电丝电流方向和该项电流的强弱。再应用一系列辅助装置，将这条导丝的动作放大并记录下来。

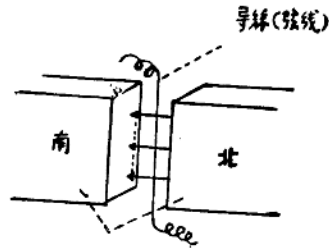


图 1—1 弦线电流计的基本构造

二、热笔或直接心电图描记器：为目前最常用的一种心电图描记器。

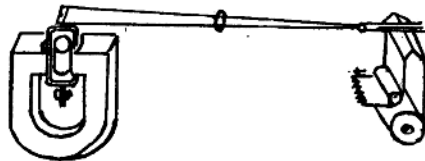


图 1—2 热笔式直接描记型图解

其基本原理同上，体表面的电位差经扩大以后，导入悬垂在一个固定磁场内的细小线圈中，电流通过线圈时产生电磁场，根据上节同样原理，线圈中电流向上行的一侧便被推向前，电流向下行的一侧被推向后，因而使线圈在磁场内转动，于是带动描记笔移动。同样，此描记笔移动幅度和通过线圈电流强弱成正比，移动方向取决于此线圈电流的方向。在描记笔端有钨丝，通电后烧热，记录纸是由一种特别的黑色纸上除有迂高热即溶解的白色化学浆，烧热的描记笔在这种纸面上划动时便划出黑色的心电图波。

这类心电图描记器的优点是应用简便，无须暗室、显影等设备，可以在设备较简单的医院或门诊所用，同时，在描记心电图时马上即可以看到结果。但机器惰性较大，描记不够确实，在QRS波群中迅速而微细的波动，特别在心前或心内导联，仍间或不能确定无苟地描记出来。

三、阴极线管型心电图描记器：

其基本构造如图：

自阴极线管的阴极（F）射出的一系列电子，被荷有阳电的极片（B）吸向右方，通过阳极板孔的电子又在荷有阴电的C筒内集合起来。这个经过集中了的电子束使射向阴极线管的右端平底；底面涂有萤光粉，电子束射击处便呈现一个亮点，身体表面的电位差经过适当的扩大后，通向两个板片（P），两个板片的电位差必然会使上述集中的电子流受到曲折，因而随着电位差的变化，电子流也上、下移动，使萤光板上的亮点也随着摆动，若用一个移动的感光胶片照下这个亮点的摆动便形成心电图。

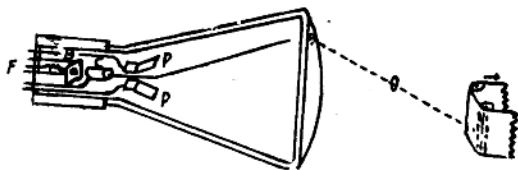


图 1—3 阴极线管型图解

这种描记器的优点是：（1）阴极线本身是由电子束组成，其惰性几乎等于零，在理论上应是最精确；（2）可以直接从萤光板上看心电图。不须消耗任何记录纸。这可以使我们在进行手术中，药物注射时等情况下随时观察心脏的搏动节律和心肌的情况。

心电图上电压的大小在临床应用方面是很重要的，每一具心电图描记器上都有一个定准电压的设备，描记时必须调节电流计的灵敏度，使之在加上一个毫伏（mv）电压时，使记录纸上、钨丝描记笔或光点有10毫米（或5毫米）之移位。直接描记器上心电图纸转速一般有两种，一种是每秒移动25毫米，一种是每秒50毫米。在心电图描记纸上每一小格是1毫米，如每秒速度移动25毫米，则每一小格代表0.04秒。两条粗线中的每一大格（5小格）代表0.2秒，如每秒速度移动50毫米时，则每一小格代表0.02秒，两条粗线中的每一大格代表0.1秒。横线距离代表电压，如定准电压是1毫伏升高10毫米的话，每一小格距离代表0.1毫伏，如定准电压升高5毫米的话，则每一小格距离代表0.2毫伏。

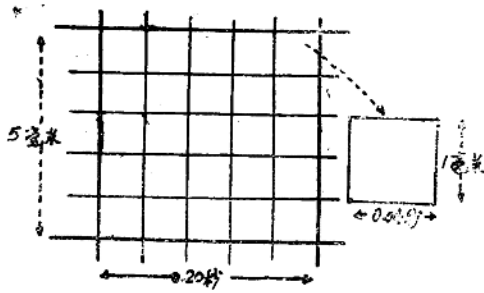


图 1—4 心电图记录纸横直格的意义图解

第二章 心电图发生原理

一、解剖学基础复习：

心脏特殊传导系统：心脏实质细胞均有传导性，即将心脏激动传导给邻近组织。但在正常情况下，心脏有一种特殊细胞可以较快传导激动，组成心脏特殊传导系统，包括：

- 窦房结；
- 房内与结间传导通路；
- 房室结；
- 希氏束或房室束；
- 右侧束支；
- 左束支 又分为两组纤维
 - (1) 前上分枝
 - (2) 后下分枝

(一) 窦房结为半月状，分为头、体、尾三种。两端狭，在右心房从前转向后，向左向下绕上腔静脉卷曲，其长度 15 毫米（从头至尾），宽度 5 毫米（在上腔静脉及右心房间边缘上），厚度 2 毫米，其内部有一种星形核大卵圆形细胞，可能是心脏在正常情况下激动的起源节律细胞。

(二) 房内或结间传导通路：

长时间认为心房激动传导没有特殊传导通路，窦房结至房室结的传导是靠心房肌的传导。近来生理学研究，心房内或结间传导是通过一种优先传导的或半特殊的传导途经。

1、前结间束：由窦房结前缘发出，在上腔静脉前方分两支，一支从右房到左房，称为贝 Bachmann 氏束，若受损伤可引起心房内传导阻滞。另一下降支经房间隔下降进入房室结上嵴。

2、中结间束或文Wenckebach氏束：起自窦房结后缘，向后绕过上腔静脉下行进入房间隔（在卵圆孔前方），以后与前结间束的下降支汇合进入房室结的上嵴。

3、后结间束或苏锐Thorel氏束：起自窦房结后缘，在终嵴内走行，绕过下腔静脉“办”在冠状窦开口部以上进入房室结的后缘，较长。

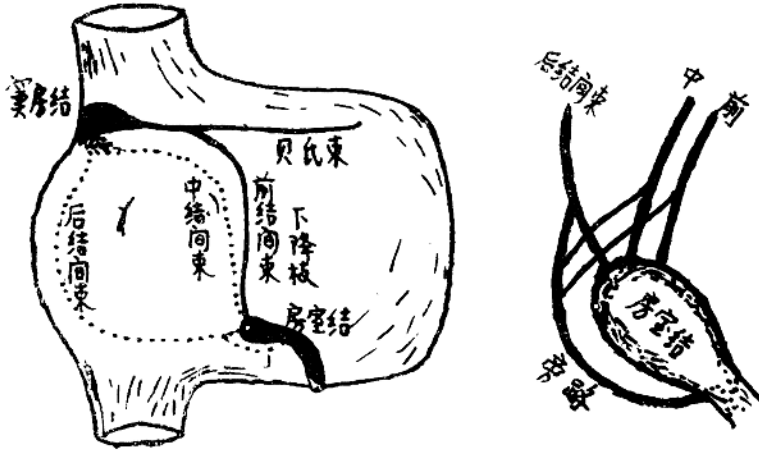


图 2—1 结间传导途径示意图

(三) 房室结：

位于中央纤维体（即二尖瓣环附着于心脏的部分）的右侧，系扁平长椭圆形，体积 $1 \times 3 \times 6$ 毫米左右，接近中央纤维体一侧略为凹陷，另一侧略凸出，其后缘与冠状静脉窦开口处毗连，前端或远端即与房室束溶合立即穿过中央纤维体，房室结内胶原纤维与窦房结相比较少，房室结细胞亦较短，宽分枝且互相交织而形成迷路，这种迷路结构有其电生理方面的重要意义。在其前或远端这样迷路式交织情况变得不明显，渐成平行去向，移行至房室束。

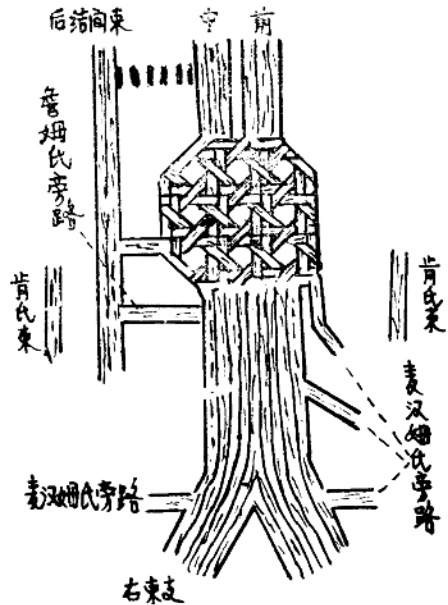
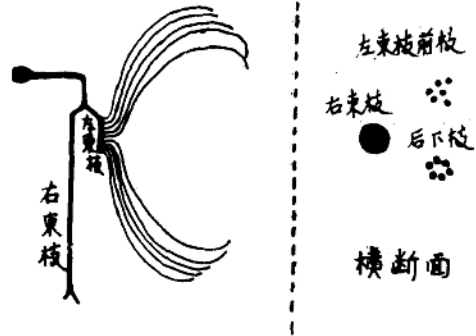


图 2—2 房室间传导及旁路途径示意图

(四) 房室束及左右束枝:

至房室束后纤维成平行排列向前下方穿过中央纤维体分为左、右束枝。右束枝较左束枝距心外膜深,但解剖上易于发现,它自室间隔右侧下行至前乳头肌后分为多数网状小枝,未到达前乳头肌以前其分枝极少,左束枝在室间隔左侧下行,至相当主动脉瓣后半月瓣下方即分为多数分枝成两个走向,一为前上分枝,主要分布于左心室前上,是左心室的主要分枝,另一分枝即后下分枝,分布于左室后下方,前者较长而细,只有一条血管供给并和主动脉瓣靠近,故主动脉疾病易侵犯前上枝,后下枝则相对比略粗,且有两条血管供血,受损机会较少。房室束最后分枝抵达心室内膜下形成网状结构,即浦顷野氏纤维,并深入心肌内,互相吻合。



2-3 希氏束及左右束枝示意图

上述传导系统血液及神经分布:

窦房结动脉经过窦房结分支供给窦房结及邻近心房壁, 55%起自右冠状动脉, 45%起自左侧冠状动脉回旋枝, 房室结动脉90%起自右冠状动脉, 10%起自左冠状动脉回旋枝, 较窦房结动脉为小。心脏由交感和付交感神经支配, 付交感神经纤维来自迷走神经的分枝, 右侧迷走神经支配窦房结, 左侧支配房室结, 付交感系统不直接分布至心室壁, 交感神经纤维分布至心房及心室。

(五) 旁路传导途径(图2-2)

- 1、詹姆(Jame)氏旁路途径: 短·其纤维主要来自后结间束, 但亦有前、中结间束纤维在房室结远端混合组成。直接进入房室结远端与房室束。
- 2、麦汉姆(Mahaim)氏旁路纤维: 系由房室结、房室束及左、右束枝主支分出的传导纤维埋于室间隔内, 经此旁路直接使心室肌激动。
- 3、肯特(Kent)氏束: 系指房、室间直接连接的肌肉束, 心房激动可直接经此传至心室。仅偶见于少数人。

二、生理基础:

(一) 心肌细胞的电生理学基本概念:

1、心室肌细胞: 将直径小于0.5微米的微电极刺入心肌细胞内, 电位计的一端与微电极相连, 另一端置于细胞外液中, 可直接测定静止期细胞膜内、外电位差(称为静止膜电位)与心肌细胞激动时电位的改变(动作电位)。

心肌细胞的极化状态, 用微电极刺入心室肌细胞内测量静止膜电位为-80至-90毫伏, 细胞内电位比它周围细胞外液的电位低, 此时称为“极化状态”。这是由于细胞膜内、外液中的电解质离子浓度分布不同, 而细胞膜对各种离子渗透通过具有不同阻力造

成的。心肌细胞内钾离子浓度约为细胞外液的38倍，而细胞外液的钠离子浓度比细胞内高得多，氯离子也以细胞外液浓度高。在静止状态下，细胞膜对钾离子的渗透性远远超过对钠离子的渗透性，钾离子不断从细胞内向外渗出为了维持细胞内正负离子平衡，当钾离子外渗时氯离子也应随之外出。因为细胞膜是由荷有阴极电位的脂质—糖旦白综合分子组成，它有利于钾离子的外渗，而在一定程度上阻碍氯离子外出，从而在细胞外层附有一层带正电荷的钾离子，细胞内层附有一层带负电荷的氯离子，造成细胞膜内电位低於细胞膜外。钠离子由於其细胞外液浓度大大地高于细胞内的浓度，虽然细胞膜对钠离子的渗透阻力较大，但仍有一部份钠离子渗入细胞内。

“除极”“复极”与动作电位：极化状态的心肌细胞受到刺激时，细胞膜对钠离子渗透性陡然增高，而对钾离子的渗透性却大为降低，从而瞬间有大量的钠离子从细胞外渗入细胞内，同时钾离子外渗则减少了，由于细胞内突然增加了大量的阳离子，短时间内细胞内电位骤然上升，暂时上升为正电荷，达十20至十40毫伏，极化状态逆转，这一上升过程称为动作电位0位相，即“除极”过程。钠离子向细胞内移动时，贮存在肌浆网内的钙离子释放入胞浆，肌纤旦白丝向肌凝旦白丝滑行，心肌收缩。除极后，由于细胞的新陈代谢，胞膜对钠离子的渗透性迅速地再度降低，对钾离子的渗透性也升高了，细胞内过多的钠离子外排，同时也有较大量的钾离子外渗，重新形成极化状态，这个过程称为复极。钠离子的外排和钾离子返回细胞内是一个需要能量的过程，其所需能量来自细胞膜上的三磷酸腺苷酶，它使三磷酸腺苷水解为二磷酸腺苷及磷酸，并释放出能量。当钠、钾离子转移时，钙离子被一个能量系统运回至肌浆网贮存部位，肌肉即松弛。

复极初期有一短暂时期电位迅速下降，此称为1位相或迅速复极期，以后进入一段缓慢下降的时期，即2位相或高原复极期，最后急转直下，在3位相时电位迅速下降，胞膜完成其复极过程，恢复到静止膜电位即4位相(图2—4)。心室肌与心房肌的静止膜电位是保持恒定的。复极电位形成第2相的原因，可能是由于向细胞内流动的钠离子及钙离子与外流钾离子之间互相平衡所产生。至3位相时，钾离子通透性迅速恢复，大量钾离子外流，使复极化加速，致电位迅速下降。

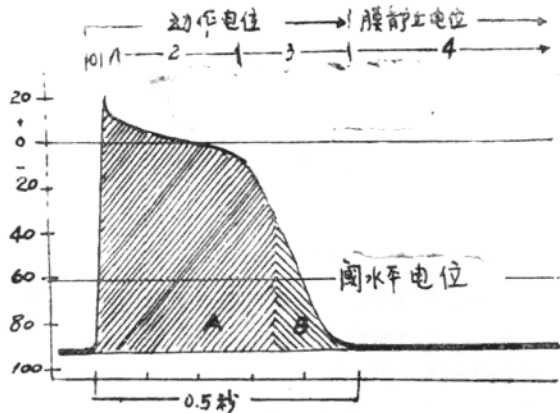


图2—4 心室肌细胞的动作电位曲线

2、节律细胞心脏起搏点区域的节律细胞与前述心室肌细胞不同，其特点为静止膜电位并非恒定。这些细胞在静止期钠离子的通透性较一般为高，在复极化后期钾离子的

通透性虽然很高，在离子平衡上已占支配地位，但进入4位相后却逐步下降，当钾离子的通透率下降到一定程度时，钾离子的外移已不能抵偿钠离子的内迁，细胞内负电荷逐步减少，当到达阈水平电位（一般在-50至-60毫伏左右）即产生细胞膜通透性的突变，出现动作电位。不同部位节律细胞动作电位曲线尚有不同，与其相互关系见图2—5。

窦房结细胞：静止膜电位较低，为-60至-70毫伏；舒张期去极化速度较快，故在正常情况下，最早出现自动除极；除极较心室肌细胞略慢，且正电位较低，因而一般心电图上记不到；动作电位峰顶圆钝，复极曲线亦较慢，因而1、2、3位相不能清楚辨认。

房室交界细胞：类似窦房结，但前电位比窦房结前电位低，自动除极发生较晚，因而自律性比窦房结低。

房室束及浦倾野氏纤维细胞：动作电位曲线类似心室肌细胞，但它具有舒张期前电位，因而房室束及浦倾野氏纤维细胞亦具有自律性，与窦房结及房室交界节律细胞相比，其前电位更低，自律性低于前二者，由于复极时2位相延长，故其动作电位时限最长。

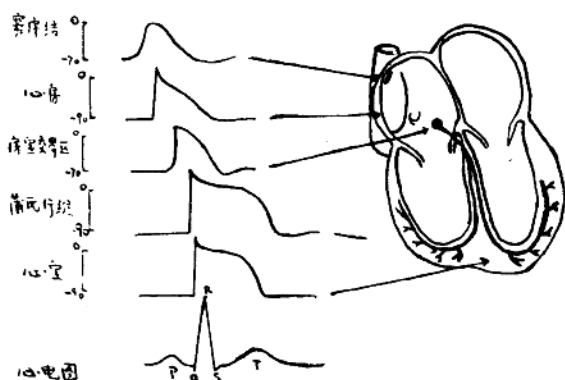


图 2—5 心脏不同部位的细胞跨膜电位曲线比较

除上述部位存有节律细胞外，在心房界沟邻近的静脉组织内，沿着右心房和大的静脉的连接处，在冠状窦的开口处周围和右心房室环的整个周径上也存有节律细胞。在房间隔，左心房和肺静脉连接处及左房室环也有。

兴奋交感神经、肾上腺素、发热等，能增加上述节律细胞的自律性，而兴奋迷走神经，乙酰胆碱、温度降低则可降低其自律性。

(二) 心肌的兴奋性(应激性)

一切心肌细胞不论节律细胞或非节律细胞均具有兴奋性—对刺激发生反应的能力。一旦刺激超过一定阈值时，心肌即发生最大反应，此时再增加刺激的强度，反应一般不会增加。在心动周期的不同时期兴奋性亦不同，在非反拗期兴奋性最高。许多因素如

儿茶酚胺浓度，电解质特别是钾平衡失调以及某些药物和二氧化碳滞留等均可影响心肌的兴奋性。

(三) 心肌传导性:

所有心肌均有传导性，可以将兴奋传导至邻近组织。正常情况下，动作电位在沿着肌纤维传导时强度不减，而传导速度取决于多种因素，主要包括肌纤维直径及其分叉程度；传入部位肌纤维动作电位发展的速度和强度，它决定于4位相膜电位及0位相时电位上升的速度及振幅，4位相膜电位大，0位相上举速度快，振幅高，传导的效能将提高，反之则减弱。不同的心肌细胞传导速度也大不相同：

普氏纤维	4, 000毫米/秒
心房纤维	1, 000毫米/秒
心室纤维	400毫米/秒
房室结纤维	200毫米/秒

生理情况下在心脏解剖的联结处有生理性传导迟缓，发生在窦房结一心房间及房室结部，传导迟缓的主要原因是释放出乙酰胆碱。房室结的传导迟缓也与其解剖上的结构有关，当窦房结的激动首先从三条通道到达房室结后，房室结的迷路结构使激动分散，并互相碰撞，相互干扰最后再进入象一般传导系统平行结构的房室束，在房室结迷路内互相碰撞抵消，干扰可能是经过房室结传导变慢的部分因素。

(四) 心肌反拗性:

心肌细胞除极(相当动作电位0位相)之后一段时间，对任何刺激不能产生正常的兴奋，此一段时间称为有效反拗期(图2-6)其前段是绝对反拗期，不论对内源或外来刺激都无反应，后段相当3位相的后段是相对反拗期，此时细胞已开始恢复兴奋性，但开始只是局部有限度的反应，多不能向下传导，以后才能完全地传导除极过程，提早发生动作电位，此时标志有效反拗期的结束。在有效反拗期之后，心肌细胞完全复极之前，即3位相最后部分与4位相交的一段时期，有一短暂的超常兴奋期，此时若受到较弱刺激即可引起反应。房

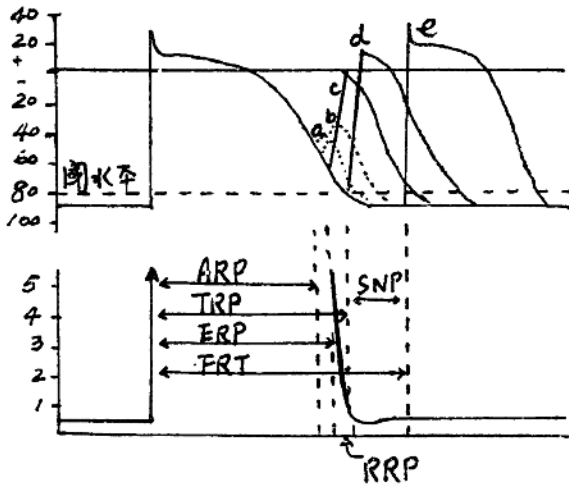


图2-6 正常情况下，细胞除极后在不同时间对刺激的反应情况示意

- | | |
|-----------|------------|
| ARP—绝对反拗期 | TRP—全反拗期 |
| ERP—有效反拗期 | FRT—完全恢复时间 |
| RRP—相对反拗期 | SNP—超常兴奋期 |

室结的反拗期最长，心房肌最短，心室肌居中。反拗期是心肌一种重要生理功能，可以避免心肌引起强直性收缩，两侧房室束的反拗期亦不一致，右束枝较左束枝长，左束枝前上分枝较后下分枝略长。一般来说，有效反拗期长短与动作电位时限有关，也与心肌细胞传导冲动所需要的复极化程度有关，而后者主要又取决于细胞膜对钠离子的通透能力。心动周期时间越长，反拗期越长；反之相对亦短。刺激交感神经可使心肌组织反拗期变短，刺激付交感神经可使房室结传导延长，心房肌反拗期变短。

三、电偶假设：

电偶假设是一个正电荷点与一个负电荷点所组成、正电荷点与负电荷点之间相隔一个十分微小的距离。正电荷点称为电源、负电荷点称为电穴，用符号示意——+。

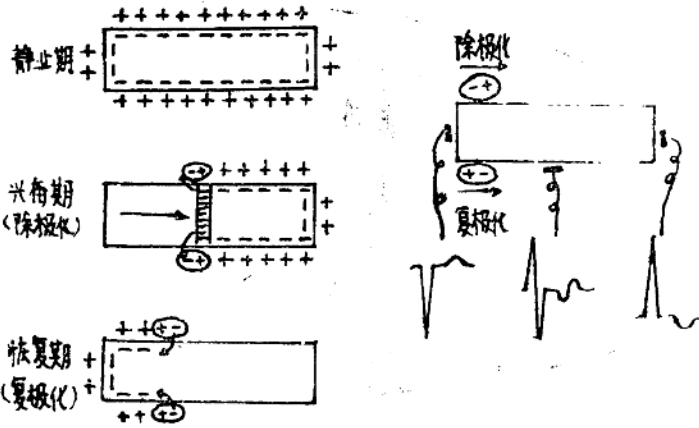


图 2—7 心肌细胞激动时电流产生示意

如图 2—7 示，当心肌细胞某端受了激动，首先发生除极，此时该处膜外的相对正电位消失，而附近尚未波及的细胞膜外仍具有阳离子，形成两处之间的电位差别，正电荷从电位高处向电位低处移动消失，尚未除极部位成为“电源”，而已除极部位便成为“电穴”。此后邻近部位正电荷消失后，该处细胞膜已除极，和它的前方未除极的邻点相比，它又形成电穴，前方尚未除极的邻点却成为电源了。依此程序推进，直至正个细胞全部除极为止。在除极过程的每一瞬间，可以假设已除极与未除极的交界处临时有一对电偶存在，朝向除极的方向电源在前，电穴在后，电偶向前移动。在复极过程，未复极与已复极部位相比电位较低，向着复极的方向，其前面出现负的电位，而后面为正的，故电穴在前，电源在后，除极过程快而复极过程慢，故电位曲线除极时高而尖锐，较窄，复极时低而圆钝，较宽，但二者所包含的面积代表各个过程中电位改变的总和是相等的。

心脏由各部心肌组成，心肌的除极过程系几块心肌同时除极，每一块心肌的除极可以看作一对电偶，虽然它们的强度和方向可以不同，但可以用一对电偶来总括它们，这

对代表各部心肌除极的电偶称为心脏的等效电偶。心脏是个立体结构，在心脏除极过程中，电偶轴的方向随之不断变动，同时心肌各部大小、厚薄不一致，所产生电力强度不等，所以按除极的顺序、各部心肌除极时电偶电力的强弱也随时变动。在除极过程，电偶从心肌一端移向另端，但只限于心脏所占空间之内，与整个机体比较来说，是小的，一般忽略不计。

四、容积导电的概念：

容积传导是一种导体，能容许电流向立体的三个方向传导，如以两电极除其尖端外为绝缘，同插入一盐水池内，其露出水面的一端分别连接于一电池的电极上，由于食盐溶液是个导体，便有电流自阳极流入阴极，电流的分布也将贯串布满于整个溶液中，阳极的周围为阳性电野，阴极周围为阴性电野，如图 2—8 示，在电偶阴阳两极的轴线正中的一个垂直平面 CD 面上，由于它的各点与电偶的阳极及阴极距离完全相同，所以这个平面上各点的电位都等于零。图中虚线代表等电位线，实线代表电流线。若我们沿着 AB 线测量不同点的电位大小，便可发现距离电极愈近，电位愈强；距离愈远，电位也随之而下降。(图 2-9) 实验结

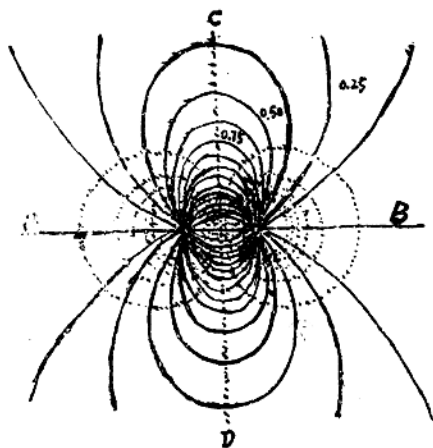


图 2—8 容积导体电位差的分布示意

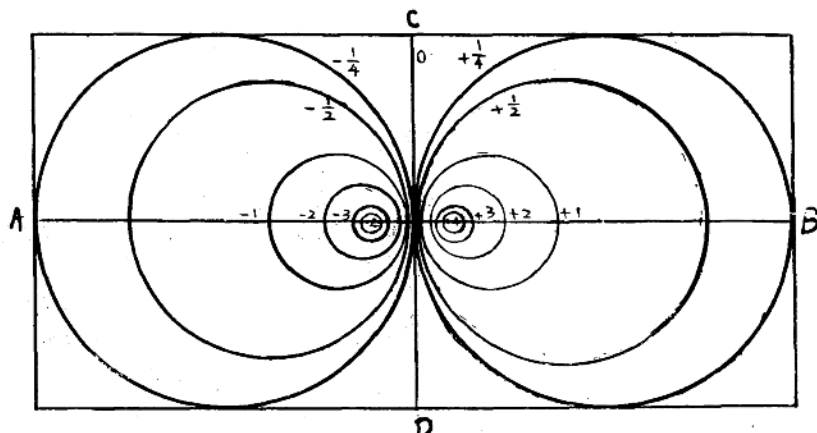


图 2—9 均匀容量导体中放置两个 + 4 伏特及 - 4 伏特的电极圆圈表示等电位线