

心电原理

心电原理



R540.4

06961

75.4

93011

心 电 原 理

张 诚 邢凤有 编著

黑 龙 江 人 民 出 版 社

1976年·哈尔滨

绘 图：李健义 宋玉书

心 电 原 理

张 诚 邢凤有 编著

黑 龙 江 人 民 出 版 社 出 版

(哈尔滨市道里森林街14-5号)

黑龙江新华印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092 毫米 1/16 · 印张 9 · 插页 4 · 字数 196,000

1976年10月第1版 1976年10月第1次印刷

印数 1-60,000

统一书号：14093·25

定价：1.20 元

毛主席语录

把医疗卫生工作的重点放到农村去。

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。

古为今用，洋为中用。

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

解放军总医院

前 言

随着我国医药卫生事业的发展，心电技术在临床上的应用已日益普及。为了满足临床医生和心电专业人员的迫切需要，我们遵照伟大领袖毛主席关于“古为今用，洋为中用”和“排泄其糟粕，吸收其精华”的教导，在批判地吸取国内外先进经验的基础上，编写了《心电原理》一书。

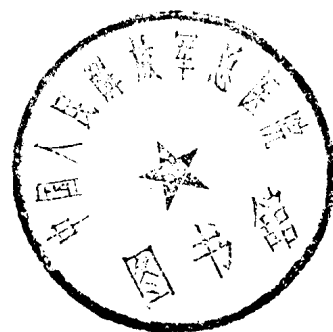
为了便于学习和理解，本书以心电向量理论解释心电图的发生原理，力求做到将心电图学与心电向量图学在理论上统一起来。全书比较系统地论述了心肌的电生理活动、正常心电图的产生、各种常见的病理心电图与心律失常的发生原理等问题，是一部专门介绍心电基本理论的读物。

本书在编写过程中，曾蒙上海第一医学院徐丰彦同志审阅和指导，我院任淑先、吴亚力两位同志予以提供临床心电资料，特此表示谢忱！

由于我们水平有限，书中的缺点和错误在所难免，诚望读者批评指正。

张 诚 邢凤有

一九七五年十月于佳木斯医学院



目 录

一、生物电现象及心肌电生理活动	(1)
(一) 神经和肌肉纤维的膜电位	(1)
(二) 膜电位理论	(5)
(三) 心电场与体表电位	(8)
二、心电图发生原理	(10)
(一) 有关心电向量的基础知识	(10)
(二) 各心电向量环的产生	(13)
(三) 心电图导联及其与心电向量关系	(17)
三、正常心电图的分析	(20)
(一) 标准导联及单极肢体导联	(20)
(二) 胸前导联	(24)
(三) 心电轴的测定	(27)
(四) 心脏位置对心电图的影响	(34)
(五) 心电图的测量方法及各波的正常范围	(39)
(六) 年龄对心电图的影响	(46)
四、心肌肥大	(49)
(一) 左心房肥大	(49)
(二) 右心房肥大	(51)
(三) 左心室肥大	(52)
(四) 右心室肥大	(55)
五、局灶性心肌病变	(59)
(一) 冠状供血不全	(61)
(二) 急性心肌梗死	(65)
(三) 陈旧性心肌梗死	(69)
(四) 局灶性心肌病变的心电图演变	(73)
六、弥漫性心肌病变	(74)
(一) 心包炎	(74)
(二) 心肌炎	(76)
(三) 克山病	(73)
七、心律失常总论	(82)
(一) 心律失常的解剖生理	(82)
(二) 心律失常分类	(87)

895963-773/16 88.1.202

八、窦性心律失常	(89)
(一) 窦性心动过速.....	(89)
(二) 窦性心动过缓.....	(91)
(三) 窦性心律不齐.....	(91)
(四) 游走性节律点心律.....	(92)
(五) 窦性停搏.....	(93)
九、被动性异位心律	(94)
(一) 房室结性心律.....	(95)
(二) 房室结性逸搏.....	(96)
(三) 冠状窦心律.....	(97)
(四) 左房心律.....	(98)
(五) 反复心律.....	(99)
十、自动性异位心律	(100)
(一) 期前搏动.....	(100)
(二) 阵发性心动过速.....	(107)
(三) 震颤与纤颤.....	(109)
十一、心脏传导失常	(114)
(一) 窦房传导阻滞.....	(114)
(二) 心房内传导阻滞.....	(116)
(三) 房室传导阻滞.....	(116)
(四) 束支传导阻滞.....	(120)
(五) 预激综合征.....	(127)
十二、药物影响及电解质紊乱的心电图	(130)
(一) 药物影响的心电图变化.....	(130)
(二) 电解质紊乱的心电图变化.....	(134)

一、生物电现象及心肌电生理活动

生物电现象是一种普通的生理现象，为兴奋的重要标志，也是活组织的基本特征之一。最早被人注意到的是电鳗鱼放电。早在公元前三百多年，亚里斯多德(Aristotle)就已提出电鳗鱼的“震击”作用。但是，在两千年后，于十七世纪人们才认识到电鳗鱼“震击”的生物电性质。电鳗鱼的电器官由许多肌电板(特殊分化的肌肉细胞)组成，好像蓄电池内的电板。每一肌电板可产生0.14伏的电动势，电鳗鱼的电器官总共可放出650伏的电压。电器官的放电是由神经所控制。

神经与肌肉的生物电现象，首先由意大利学者伽尔佛尼(Galvani)在1780年开始用蛙和蛙的肌肉标本进行研究，最后于1794年作出了决定性的实验，发现神经和肌肉的损伤电位，确定神经和肌肉的放电作用。随后，伽尔佛尼同时代的物理学家伏特(Volt)发明了电位计，客观记录了新鲜蛙肌的损伤电位达50~80毫伏。

记录损伤电位的方法，是先将电位计的两极置于完整无损的肌肉表面上，此时不出现任何电位差(图1-1A)，可见无损伤的肌肉各部位是等电位的。若在肌肉一端发生损伤，将电位计一个电极置于损伤部位，另一个电极置于完整部位，即可发现一定的电位差，损伤部位为负电位，完整部位为正电位(图1-1B)。当肌肉完全死亡后，损伤电位亦随之消失。由此可见，损伤电位乃是活组织的基本特征之一，是活组织浆膜的一种固有的电学性质。

在发现损伤电位后，又发现神经和肌肉的静息电位与动作电位，进一步确立了神经和肌肉的生物电性质，并将其作为指标来进行生理学研究。从而在生理学上开辟了一个新的领域——电生理学。电生理学的研究方法在近代生理学研究 and 临床医学实践中均占有重要位置。

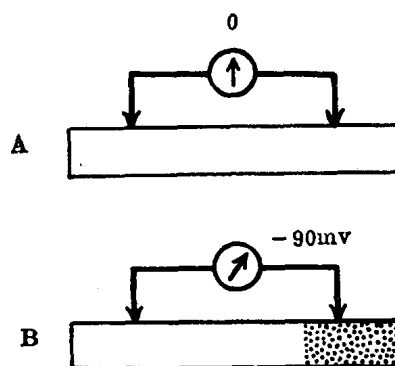


图1-1 损伤电位

A. 肌肉完整无损 B. 肌肉一端损伤

(一) 神经和肌肉纤维的膜电位

静息电位

神经和肌肉在安静状态下，它的浆膜外表面各部位是等电位的，即外表面各部位间不产生电位差。但是，如果将电位计的一个电极插入纤维浆膜内，而另一个电极仍置于浆膜外，则电位计指针发生偏转(图1-2A)。这说明纤维浆膜内表面与外表面之间存在着电位差。浆膜内表面电位为负，外表面电位为正。在安静状态下，浆膜内表面与外表

面之间的电位差称为浆膜的静息电位。实验证明，不同肌肉组织的静息电位不同，大致在 50~100 毫伏之间。

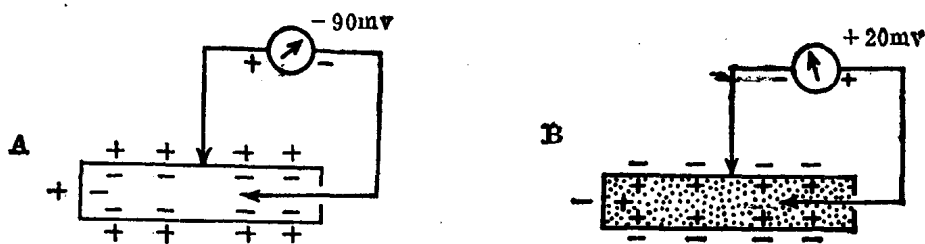


图 1-2 膜 电 位

A. 静息电位 B. 动作电位

损伤电位和静息电位之间存在着什么关系呢？不难设想，电位计的电极置于神经或肌肉的浆膜损伤部位，则相当于电极直接插入浆膜之内，故损伤电位是静息电位的一种表现形式。所以，实际测得的损伤电位数值大致与静息电位相等。

动作电位

如果刺激神经或肌肉纤维使之兴奋，此时浆膜内与浆膜外的电位可突然发生逆转。膜内由负电位转为正电位，而膜外由正电位转为负电位（图 1-2B）。这一现象称为膜电位逆转。由于神经或肌肉兴奋引起膜电位逆转所产生的膜电位变化，称为动作电位。如果因兴奋使膜内电位由 -90 毫伏转变成为 +20 毫伏，则膜内电位变化了 110 毫伏。因此动作电位大约在 110~120 毫伏之间，故动作电位数值超过静息电位。

心肌纤维的双相动作电位

生物电现象是活组织基本特征之一。一切活组织都具有生物电现象。心肌也是如此，在其活动过程中始终伴随着生物电现象。

心肌纤维兴奋与恢复过程两点间的电压变化，称为心肌纤维的双相动作电位。心肌纤维在安静状态时，浆膜外带正电荷，浆膜内带负电荷。这样，膜内和膜外就带有电量相等的异性电荷。因此，安静状态也称极化状态。浆膜本身称极化膜。在极化状态浆膜表面各部位电位相等，将电位计的两电极放在心肌纤维两端，因两端间电位差为零，故指针不发生偏转（图 1-3A）。刺激心肌纤维甲端使之兴奋，甲端膜电位立即发生逆转，膜内电位从负转为正，使原来极化状态遭到破坏，因此这一过程称为除极过程。而尚处于安静状态的乙端的膜外电位仍然为正电位，因此甲乙两端产生电位差，使电位计指针发生偏转，将该电位差记录下来得电压曲线 ab 段（图 1-3B）。继之，兴奋传导到乙端，整个纤维除极过程完毕，甲乙两端电位相等，不产生电位差，电位计指针回到零点，故记录的电压曲线回到基线上（图 1-3C）。随后，甲端兴奋逐渐减弱，最后恢复到安静状态，浆膜的静息电位重新建立起来，恢复了极化状态，因此这一过程称为复极过程（图 1-3D）。甲端复极后，浆膜外表面出现正电位，尚处于兴奋状态的乙端浆膜外表面仍是负电位，故甲乙两端产生电位差，从而得到一个与除极过程相反的电压变化曲线 cd 段。最后，整个心肌纤维全部恢复到安静状态，即复极过程完毕。这时甲乙两端电位相等，不出现电位差，电位计指针回到零点，此时记录的电压曲线回到基线上（图 1-3E）。

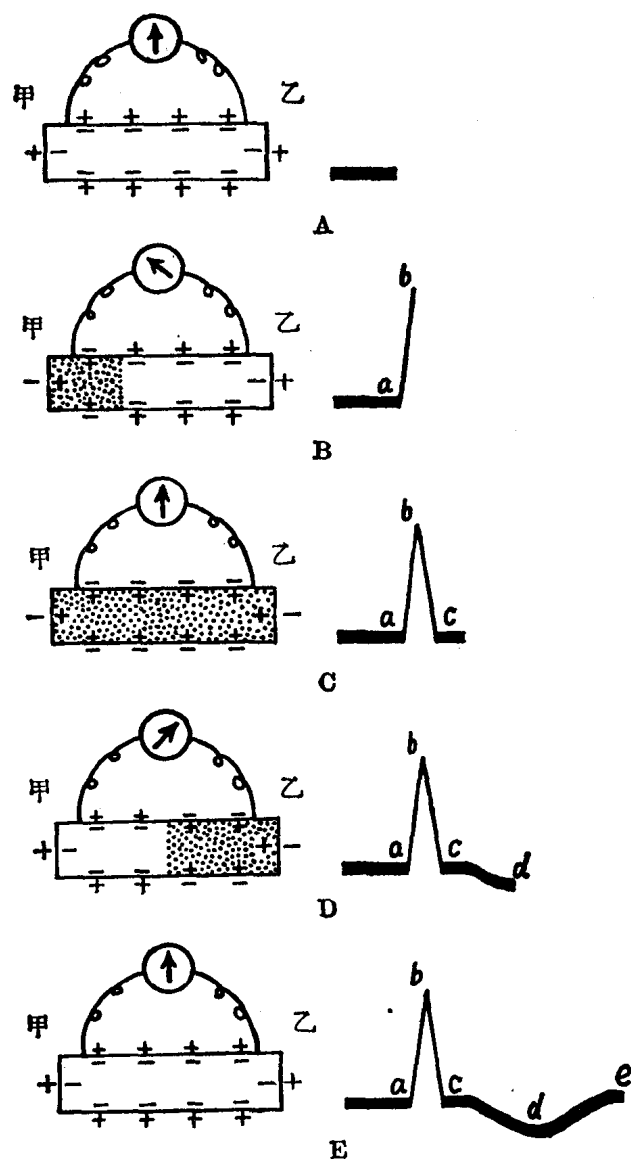


图 1-3 心肌纤维的双相动作电位曲线发生原理

A. 心肌处于极化状态 B. 心肌甲端开始除极 C. 整个心肌除极完毕
D. 心肌甲端开始复极 E. 整个心肌复极完毕

整个除极与复极过程所记录的心肌纤维上两点间的电压变化曲线 *abcde*，称为心肌纤维的双相动作电位曲线。

如果复极过程和除极过程是沿着相同方向进行的，则所得到的除极电位变化曲线和复极电位变化曲线互相背驰（图 1-4A）。如果复极过程和除极过程是沿着相反方向进行的，则所得到的除极电位变化曲线和复极电位变化曲线在基线同侧（图 1-4B）。除极时间较短，对于心室肌大约为 1 毫秒左右，所以电位变化曲线急速高尖；复极时间较长，大约为 200 毫秒，所以电位变化曲线迟缓广阔。除极电位变化曲线与基线所包围的面积，等于复极电位变化曲线与基线所包围的面积。

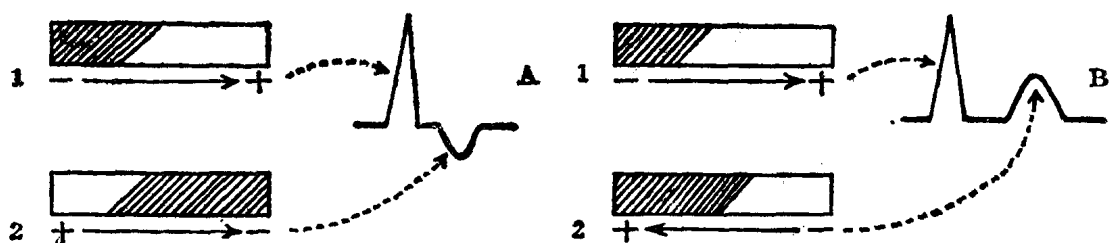


图 1-4 除极与复极的顺序和双相动作电位曲线关系

A. 除极与复极沿相同方向进行 B. 除极与复极沿相反方向进行
1. 除极方向 2. 复极方向

通过上述事实清楚看出，兴奋的传播与恢复过程始终伴随着膜电位的变化。在安静状态时，由于心肌处于极化状态，膜内外正负电荷均匀分布，正负电荷中心重合，所以对外界不产生电场（图 1-5A）。当心肌纤维左端受到刺激而发生兴奋时，膜内外电位分布发生变化，膜外带负电，膜内带正电，使原来的电中性遭到破坏，形成一个正电在前、负电在后的电偶，由受刺激的左端传至右端（图 1-5B）。分隔极化部分与除极部分的平面称为除极面，也是电偶的零电位面。随着兴奋的传导，这个电偶向前运动，最后整个心肌纤维的膜外全带负电，膜内全带正电，此时膜内外电位又均匀分布，对外界不产生电场，电偶亦随之消失（图 1-5C）。在兴奋的恢复过程中，先兴奋的左端先开始恢复，极化状态重新建立起来，这时心肌纤维的电中性又遭到破坏，形成一对电偶对外界产生电场，但是复极产生的电偶是负电在前、正电在后（图 1-5D）。在这以后整个心肌纤维恢复到安静状态，极化状态重新建立起来（图 1-5E）。

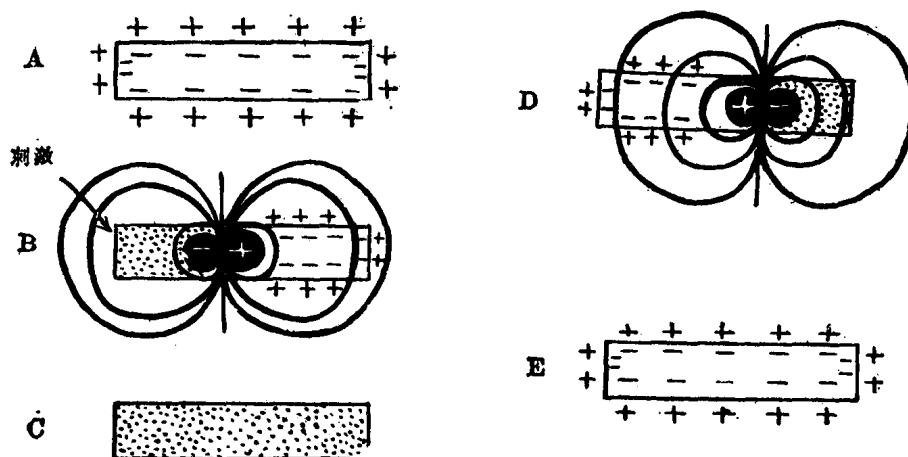


图 1-5 心肌纤维电偶的发生

A. 极化状态对外界不产生电场 B. 除极过程正电在前，负电在后 C. 整个心肌除极过程完毕对外界不产生电场 D. 复极过程负电在前、正电在后 E. 极化状态重新建立起来

生理学中把神经与肌肉纤维除极过程与复极过程所产生的正电称为电源，负电称为电穴。故得出结论：除极过程除极面前为电源、后为电穴，复极过程复极面前为电穴、后为电源。

心肌纤维的单相动作电位

心肌纤维兴奋与恢复过程在一点上的电位变化，称为心肌纤维的单相动作电位。为测得心肌纤维的单相动作电位曲线，可将一个记录电极插入心肌纤维浆膜之内，另一电极放在细胞的外液中，使其不受心肌纤维的电位变化影响，保持一稳定电位。

安静状态时，心肌纤维膜外电位为正，膜内电位为负，大约为 -90 毫伏左右，此时心肌纤维处于极化状态，相当于电位曲线的a段。刺激心肌纤维使之兴奋，膜电位发生逆转，膜内电位由 -90 毫伏转变为 $+20$ 毫伏，相当于电位曲线的b段，此过程为除极过程。随后心肌纤维开始恢复，先使膜内外电位近于相等，相当于电位曲线的b'c段，并逐渐发展为膜内带负电、膜外带正电，极化状态重新建立起来，心肌恢复到安静状态，此过程相当于电位曲线的cd段。心肌纤维除极与复极全过程所记录的电位曲线abcd，称为心肌纤维的单相动作电位曲线(图1-6)。对于不同部位的心肌纤维，如窦房结、心房肌、房室结、房室束和心室肌等，其单相动作电位曲线不同，在此不加详述。

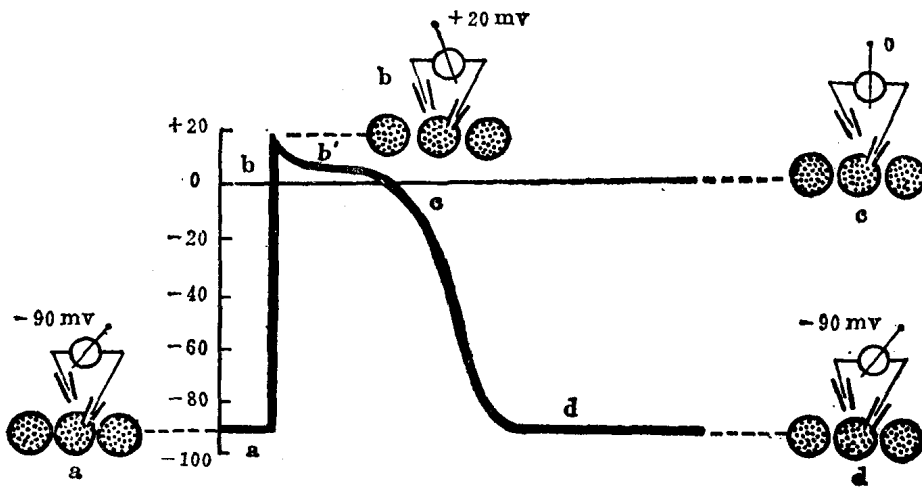


图1-6 心室肌纤维单相动作电位曲线发生原理

常将心肌纤维一端损伤，将一电极置于损伤部位，另一电极置于完好部位来记录单相动作电位(图1-7)。因为损伤部位失去兴奋的传导能力可维持稳定的电位，所以可记录出单相动作电位曲线。正是这种原因，损伤型心电图常呈单相曲线的波形(见局灶性心肌病变)。但是，心电图是记录整个心脏的电位变化曲线，而单相动作电位是记录一束心肌纤维的电位变化曲线，二者不可混为一谈。因此，损伤型心电图虽然和单相动作电位曲线有相似之处，但其本身也有自己的明显特征。

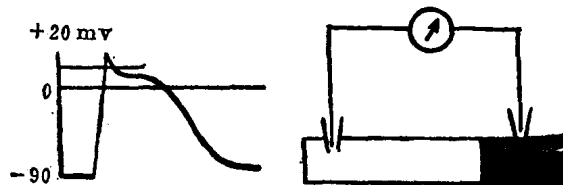


图1-7 损伤一端心肌测单相动作电位

(二) 膜 电 位 理 论

目前，神经和肌肉膜电位发生原理主要有两种学说，即离子学说与变质学说。这里

只介绍离子学说。

经典膜电位理论

经典膜电位理论是伯因斯坦 (Bernstein) 在 1912 年提出来的, 曾流行了几十年。其基本思想是细胞膜为一半透膜, 在安静状态下细胞膜只能容许 K^+ 离子通过, 而其它离子如 Na^+ 、 Cl^- 和有机负离子几乎不能透过浆膜。因为细胞浆膜内外离子分布不平衡, 膜内多 K^+ 少 Na^+ , 而膜外多 Na^+ 少 K^+ 。因此, 安静时 K^+ 由高浓度的膜内向低浓度的膜外扩散, 使膜外带有多余的 K^+ 而带正电, 膜内留下 Cl^- 等阴离子而带负电。此时, 浆膜内外带有等量异性的电荷, 将其称为极化状态(图 1-8A)。在组织兴奋时, 细胞膜的电生理性质发生改变, 细胞浆膜松动, 对各种离子的阻力消失, 可以容许各种离子自由

通过 (图 1-8B)。于是当组织兴奋时, 浆膜内外带有异性电荷的离子互相中和, 则极化状态消失。因此, 伯因斯坦称兴奋过程为除极过程。

在 1939 年考氏 (Cole) 等实验发现, 组织兴奋时不仅是除极过程, 而且也是反极化过程。兴奋时膜电位的分布恰和安静状态相反, 即膜内带有正电, 膜外带有负电。由于伯因斯坦对膜电位的解释与上述实验不能相容, 所以英国生理学家何其金 (Hodgkin) 根据上述事实全面发展和修正了伯因斯坦的经典离子学说, 并把它建立在严格的实验基础上, 这就形成了何其金的膜电位离子

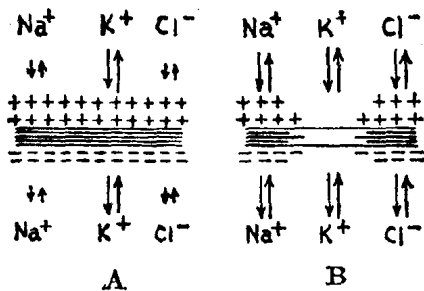


图 1-8 伯因斯坦(Bernstein)经典膜电位理论 (箭头长短代表通透性大小)

A. 极化状态 B. 除极过程

理论。该理论至今仍为生理学界所公认。

膜电位发生的离子理论

根据何其金的离子理论, 神经和肌肉的膜电位主要由以下两种因素决定: 其一是细胞浆膜内外各种离子浓度不同; 其二是细胞这一半透膜, 安静状态与兴奋状态对不同离子的通透性不同。

细胞膜内外的电解质成分有很大差异。在安静状态下, 膜内的阳离子主要是 K^+ (比膜外 K^+ 的浓度高 38 倍), 膜外阳离子主要是 Na^+ (比膜内 Na^+ 的浓度高 36 倍), Ca^{++} 在膜外的浓度接近 K^+ , 但在膜内 Ca^{++} 的浓度较低, 负离子主要是 Cl^- 和有机负离子。

细胞浆膜对各种离子的通透性不同。在安静状态下, K^+ 通透性很大, Cl^- 次之, Na^+ 通透性很小, 有机负离子几乎不能透过细胞浆膜。因此, K^+ 从高浓度的膜内向低浓度的膜外扩散, 于是在膜外产生了多余的阳离子 K^+ 使膜外带有正电, 膜内留下阴离子 Cl^- 等而带有负电。这样, 造成浆膜内外的电位差 (图 1-9A), 称其为静息电位。在电化学中将此电位称为扩散电位。

安静状态相当于心肌单相动作电位曲线的 a 段(图 1-10)。显然, 若 K^+ 不停地从膜内向膜外

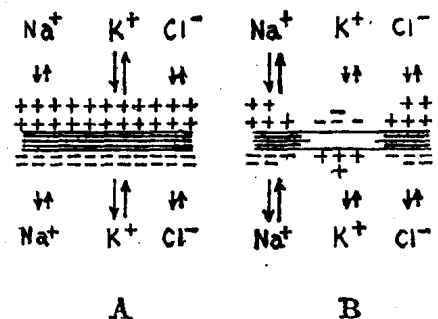


图 1-9 膜电位及其离子分布 (箭头长短代表通透性大小)

A. 极化状态 B. 除极过程

扩散，膜内的 K^+ 必然逐渐减少，直至膜内外 K^+ 的浓度相同为止。但是，事实上膜内 K^+ 的浓度总比膜外高数十倍，膜内外 K^+ 的浓度比是很稳定的。这是由于静息电位达到一定数值时，膜外的正电位就阻止膜内的 K^+ 继续向膜外扩散，使膜内外的 K^+ 扩散速度达到动态平衡，故维持一稳定的浓度比。

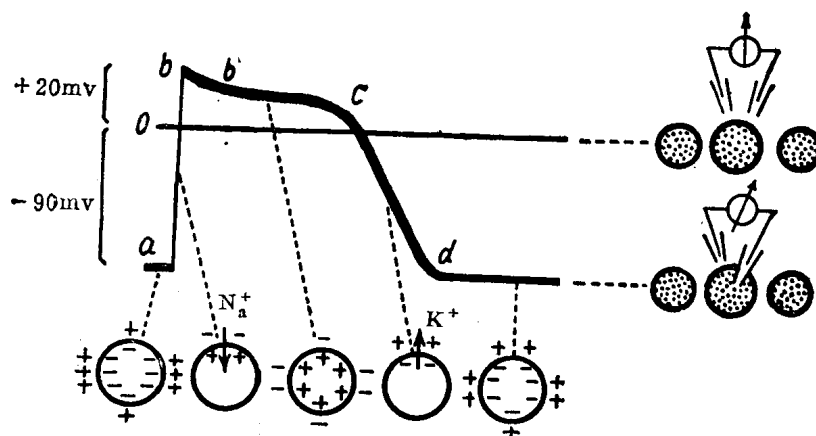


图 1-10 细胞膜内外离子交换和心肌单相动作电位曲线关系

当组织兴奋时，细胞浆膜的生物电性质发生改变，使离子的通透性发生一系列变化。

首先 K^+ 的通透性降低，而 Na^+ 的通透性骤增，因此 Na^+ 由高浓度的膜外向低浓度的膜内扩散，膜内出现了多余的 Na^+ 使膜内带正电，膜外留下了 Cl^- 等而带负电，即膜电位发生逆转(图 1-9B)，膜内电位由 -90 毫伏转变为 +20 毫伏。这一过程为心肌的除极过程，与单相动作电位曲线的 b 段对应(图 1-10)。

继之， Na^+ 的通透性降低， K^+ 的通透性又重新增高，因为此时膜外带有负电，有助于 K^+ 向膜外扩散，使 K^+ 的通透性超过安静状态时的通透性，此时单相动作电位曲线回返，与曲线 cd 段对应。

最后，进入膜内的 Na^+ 靠着钠泵，即靠心肌代谢供给能量，将逆电化学梯度(由低浓度向着高浓度)排出膜外，出膜的 K^+ 也在泵的作用下返回膜内，于是恢复到静息时的极化状态。此阶段与单相动作电位曲线 d 段对应。

除极过程并非静止的，复极过程也是如此。除极部位膜外电位低(电穴)，邻近部位电位高(电源)，邻近部位膜外的阳离子要向除极部位移动，使邻近部位膜外电位降低。在膜内除极部位的阳离子又向邻近部位移动，使邻近部位的膜内电位升高。从而造成邻近部位的膜电位逆转(图 1-11)，使邻近部位发生除极过程。所谓冲动，就是这种电源在前、电穴在后的局部电流相继除极过

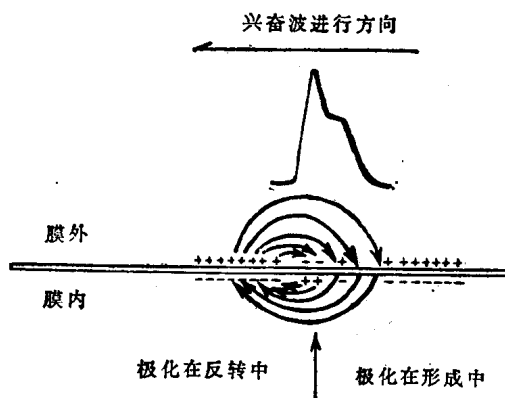


图 1-11 冲动在神经与肌肉中的传播

程。故 Na^+ 与 K^+ 交替进出细胞膜是兴奋传导的直接原因。

钠泵理论实质

细胞外液的主要阳离子是 Na^+ ，细胞内液的主要阳离子是 K^+ 。细胞内外液 K^+ 、 Na^+ 离子的分布不均衡，一直被认为是钠泵的作用，它将 Na^+ 排斥在细胞外，将 K^+ 留在细胞内。这是一个主动转运过程，需要不断消耗 ATP。目前认为细胞膜上，存在有和 K^+ 、 Na^+ 起作用的 ATP 酶，此酶横跨细胞膜，与细胞外的 K^+ 作用后，钾即被带入膜内，与此同时 ATP 酶又被细胞内的 Na^+ 所活化，将钠送出膜外。钠泵所需的能量即来自 ATP 酶的作用，它使 ATP 水解成 ADP 和无机磷酸，同时释放出所需能量(图 1-12)。

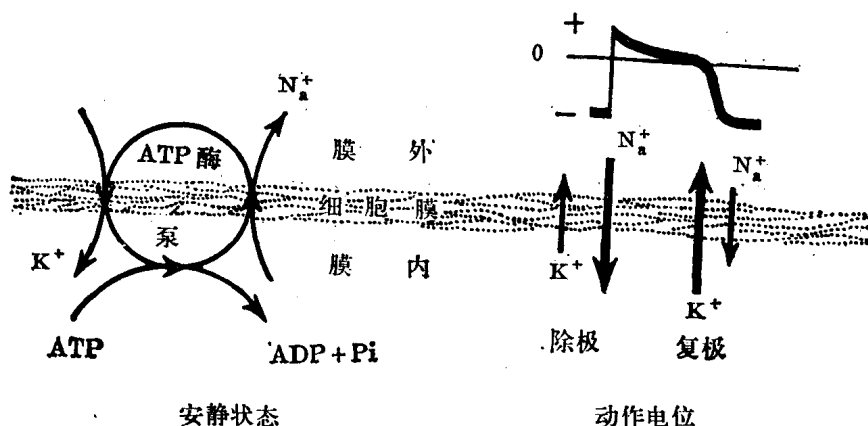


图 1-12 钠泵理论实质

钠泵和离子扩散是同时存在于细胞膜的两种不同的离子转运过程。离子扩散称为被动转运。离子扩散过程进行得相当缓慢。例如，水杯中的糖若不经搅拌，则需要较长的时间后水才能变甜。但是，动作电位的发生仅在几毫秒之内。故认为发生动作电位时， K^+ 、 Na^+ 离子进出膜过程不单纯是被动的扩散作用，而是在某种载体参与下进行的。因此上述被动转运也是相对而言的。

(三) 心电场与体表电位

电偶极子的电场

在研究心电图发生原理之前，首先介绍一个重要的物理概念——电偶极子。

一对距离很近的电量相等、电性相反的电荷 $+q$ 与 $-q$ ，其总体称为电偶极子，或简称电偶。物理学中证明电偶极子的电场中某一点 P 的电位是：

$$V = \frac{-q}{r_1} + \frac{q}{r_2}$$

式中 r_1 为负电荷 $-q$ 至 P 点的距离， r_2 为正电荷 $+q$ 至 P 点的距离(图 1-13)。

根据公式可以绘出电偶电场的电位分布情况(图 1-14)。图中虚线代表零电位面，在此平面上各点与电偶的正负电荷距离相等，因此零电位面上任何一点电位为零。

零电位面把电偶电场分为两个区，靠近正电荷一侧为正电位区，靠近负电荷一侧为负电位区。

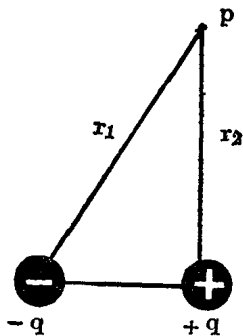


图 1-13 电偶极子

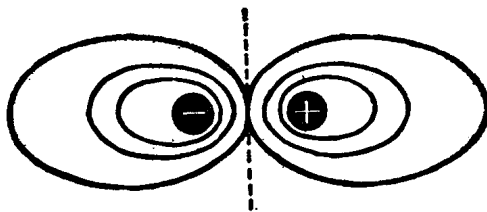


图 1-14 电偶电场的电位分布

越靠近电偶正电荷的等电位面其电位越高，越靠近负电荷的等电位面电位越低。显然，在电偶电量大小与位置发生改变时，等电位面也必然随之改变。

心电场与体表电位

心脏是血液循环器官，也是个“发电”器官。心脏在兴奋与恢复过程中，始终伴随着生物电的变化。为了分析问题方便，把心脏中的电荷模拟成一对能代表它的大电偶，称为心电偶(图 1-15)。因为心电偶的存在，在体内必然形成电场，称为心电场。心电场在人体表面产生的电位称体表电位。心脏位于胸腔中，周围有大量电解质溶液，具有导电性质。从电学性质来讲，心电偶相当于容积导体中的电偶极子。由于心脏兴奋传导过程中心电偶的大小和方向不停变化着，因此体表电位也不停改变。若将心电机两电极置于体表的任意两点，即可记录出体表电位的变化曲线，将其称为心电图。

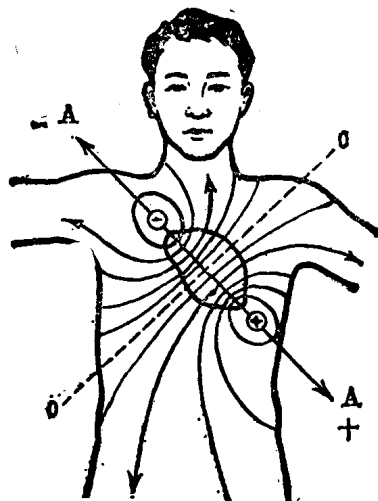


图 1-15 体表电位(虚线为零电位面，各曲线代表不同等电位面)。

正常人的心电图每一心动周期可有五个波，名为 P、Q、R、S、T，每一波都有一定含意(图 1-16)。P 波代表心房兴奋，QRST 代表心室的兴奋和兴奋恢复过程。P 与 Q 的时间间隔代表兴奋从心房到达心室所需的时间。兴奋由房室束蔓延到两侧心室肌肉，使其依次发生兴奋而产生 QRS 波。ST 段与基线相平，代表整个心室都在兴奋状态，彼此无电位差。T 波代表心室兴奋恢复过程，即 T 波代表

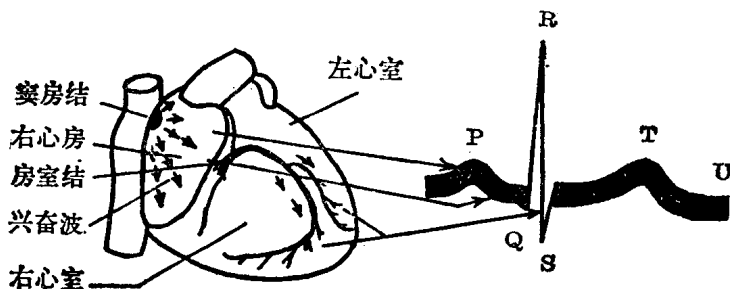


图 1-16 正常心电图的形成

已恢复和未恢复的心肌所发生的电位差。实际，在 P 波之后尚有一个微小的负向波，称为 Ta 波，它代表心房兴奋的恢复过程，该波波幅很小，常淹没在 QRS 波群中，不易查见。

二、心电图发生原理

心电图技术已有七十余年的历史。早在1903年爱因多芬(Einthoven)应用玄线电流计以光学方法记录了每一心动周期的心脏电位变化曲线,将其称为心电图。1904年心电图应用于临床作为心脏病的诊断方法。1913年爱因多芬(Einthoven)、法尔(Fahr)、戴瓦特(de Waart)等提出对心电图发生原理解释,即爱因多芬原理。实际爱因多芬以等边三角形确定心电轴时,就应用了心电向量方法来分析心脏的电激动过程。1920年蒙氏(Mann)试图以瞬时心电轴获得一元化心电图曲线(Monocardiograph),此时心电向量观念即已形成。但是,由于一元化心电图的绘制甚为复杂,故未能得到推广。本世纪三十年代威尔逊(Wilson)倡用单极导联方法以来,心电学的主流转向以单极概念来解释心电图的发生。近数十年由于心电向量图的出现使心电理论有了迅速发展。目前认为心电向量理论能更科学地解释心电图的产生。在心电向量理论中,经常要应用到向量、投影、心电向量等概念。为此,首先介绍与此有关的基本知识。

(一) 有关心电向量的基础知识

向量概念

物理量可分为二类:标量与向量。凡是一个物理量,其特征完全可以用数值表达出来的,称为标量或无向量。例如,容积、质量、温度等等,均为标量(或无向量)。凡是一个物理量,除了必须知道其大小外,还必须知道它的方向,才能完全了解它的特征,称为向量。例如,速度、力、电偶的电矩等等,均为向量。

所有向量均能以箭头形式表示。箭头指向代表向量方向,其长短代表数值大小。例如,一个4公斤的力 F 与水平面成 60° 角作用在一个球体上,可将其以向量形式表示出来(图2-1)。

电偶是一对电量相等、电性相反的电荷 $+q$ 和 $-q$,它们之间的距离 L 一般很小,通常这样一对电荷的总体称为电偶或电偶极子。电偶的电力作用称为电矩,以 E 代表,

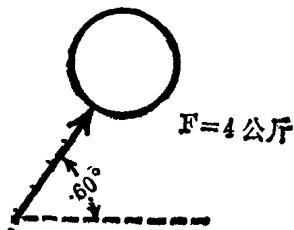


图 2-1 力的向量

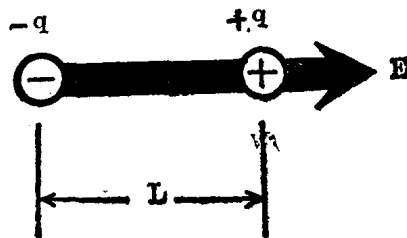


图 2-2 电偶的向量