

# 心 电 图 学

沈阳医学院《心电图学》编写组编

辽 宁 人 民 出 版 社

一九七五年·沈阳

# 目 录

<b>第一章 心电图的产生原理</b> .....	1
<b>心肌的除极和复极过程</b> .....	2
静息膜电位.....	2
动作电位.....	3
除极与复极过程的电偶学说.....	4
<b>容积导电</b> .....	6
容积导电的概念.....	6
容积导体中任一点的电位.....	7
单极心电图.....	8
人体体表电位的分布.....	9
<b>心电向量</b> .....	10
心电向量的概念.....	10
除极面心电向量的综合.....	11
<b>空间心向量环的产生原理</b> .....	13
心脏传导系统和正常心脏激动的传布.....	13
空间心向量环的产生.....	15
P 向量环的形成.....	15
QRS 向量环的形成.....	15
T 向量环的形成.....	16
<b>第二章 心电图的导联</b> .....	18
<b>习用的心电图导联</b> .....	18
双极肢体导联.....	18
单极肢体导联.....	20

单极心前导联 .....	21
其他心电图导联 .....	22
食管导联 .....	22
房室束电图 .....	23
<b>第三章 心向量图与心电图的关系 .....</b>	<b>26</b>
心向量图的基本知识 .....	26
空间心向量图 .....	26
空间心向量图的标记方法 .....	27
空间心电向量的投影 .....	28
正常心向量图的基本特点 .....	31
心向量图与心电图的关系 .....	33
心电向量概念的合理性 .....	35
体表电位的分布和心电图图形的关系 .....	35
单极概念的局限性 .....	37
<b>第四章 心电轴与心室复极差力 .....</b>	<b>39</b>
心电轴 .....	39
心电轴的临床意义 .....	39
心电轴的测定 .....	40
等边三角形法 .....	40
目测法 .....	40
心室复极差力 .....	43
心内膜与心外膜单相曲线 .....	43
心内膜单相曲线的形成 .....	43
心外膜单相曲线的形成 .....	44
心内外膜曲线与QRS-T的关系 .....	43
心室复极差力的产生 .....	46
心室复极差力的计算方法和意义 .....	43
原发性T波改变与继发性T波改变 .....	43
原发性T波改变 .....	49
继发性T波改变 .....	50

---

继发性合并原发性 T 波改变 .....	51
<b>第五章 正常心电图</b> .....	<b>54</b>
心电图的测量方法 .....	54
心电图记录纸上纵线和横线的意义 .....	54
心率的测定 .....	54
心电图各成分的测量方法 .....	55
心电图各成分的意义及正常范围 .....	56
P 波 .....	56
P-R 间期 .....	56
QRS 波群 .....	56
S-T 段 .....	59
T 波 .....	59
Q-T 间期 .....	60
U 波 .....	60
<b>第六章 心室肥大</b> .....	<b>61</b>
心电图改变的产生机理 .....	61
QRS 向量的改变 .....	61
S-T 向量与 T 向量的改变 .....	62
左室肥大的心电图诊断 .....	62
左室肥大的心向量图 .....	62
左室肥大的心电图表现及其与心电向量的关系 .....	63
左室肥大心电图诊断的准确性 .....	66
左室肥大的鉴别诊断 .....	67
左室肥大心电图诊断总结 .....	67
儿童左室肥大心电图诊断标准 .....	67
右室肥大的心电图诊断 .....	68
右室肥大的心向量图 .....	68
右室肥大的心电图表现及其与心电向量的关系 .....	69
右室肥大的心电图分型及其鉴别诊断 .....	72
rsR' 型右室肥大 .....	72

R型右室肥大·····	73
rS型右室肥大·····	73
右室肥大心电图诊断的准确性·····	74
右室肥大心电图诊断总结·····	74
儿童右室肥大心电图诊断标准·····	74
双侧心室肥大的心电图诊断·····	75
<b>第七章 心肌梗塞·····</b>	<b>77</b>
急性心肌梗塞心电图改变的发生机理·····	77
急性心肌梗塞的基本心电图改变·····	77
缺血、损伤、坏死图形的发生机理·····	78
急性心肌梗塞的基本心电图表现·····	81
急性心肌梗塞的心电图改变·····	81
心肌梗塞时心电图和心向量图的关系·····	82
心肌梗塞的定位诊断·····	84
各部位心肌梗塞的诊断与鉴别诊断·····	85
前间壁心肌梗塞·····	86
前壁心肌梗塞·····	88
前侧壁心肌梗塞·····	88
下壁心肌梗塞·····	89
心尖部心肌梗塞·····	90
纯后壁心肌梗塞·····	90
心肌梗塞诊断小结·····	91
心肌梗塞心电图的演变与分期·····	92
心电图的演变·····	92
心电图的分期·····	93
心肌梗塞的早期心电图表现·····	94
巨大高耸T波·····	95
前拱ST-T波·····	96
非穿壁性心肌梗塞的心电图表现·····	97
到达或越过电内膜的内膜下梗塞·····	98
未到达电内膜的内膜下梗塞·····	98

---

再发性心肌梗塞	101
心肌梗塞后心室壁瘤	102
心肌梗塞合并束支阻滞	103
心肌梗塞合并右束支阻滞	104
心肌梗塞合并左束支阻滞	104
前壁或前侧壁梗塞合并左束支阻滞	104
前间壁梗塞合并左束支阻滞	106
下壁梗塞合并左束支阻滞	106
心肌梗塞合并房室传导阻滞	106
异位搏动对心肌梗塞的诊断意义	107
<b>第八章 冠状动脉供血不足</b>	<b>110</b>
慢性冠状动脉供血不足	111
心绞痛	113
冠状动脉中间症候群	114
心电图负荷测验	116
<b>第九章 心包炎、心肌疾病和其他心脏疾患的心电图</b>	<b>122</b>
心包炎	122
急性心包炎	122
慢性缩窄性心包炎	123
心肌疾病	124
心肌炎	124
心肌病	125
克山病	125
肺原性心脏病	127
慢性肺原性心脏病	127
急性肺原性心脏病	129
二尖瓣狭窄	130
先天性心脏病	131
肺动脉瓣狭窄	131
房间隔缺损	131

室间隔缺损 .....	131
动脉导管未闭 .....	131
紫绀四联症 .....	131
右位心 .....	132
<b>第十章 心律失常总论</b> .....	<b>134</b>
心肌的生理特点与心肌细胞电生理学的关系 .....	134
自动性 .....	134
兴奋性 .....	135
传导性 .....	137
心律失常的概念和分类 .....	138
<b>第十一章 窦性心律失常</b> .....	<b>141</b>
窦性心动过速 .....	142
窦性心动过缓 .....	142
窦性心律不齐 .....	143
呼吸性窦性心律不齐 .....	143
室相性窦性心律不齐 .....	143
期前收缩后的窦性心律不齐 .....	143
窦房结内游走性心律 .....	143
<b>第十二章 逸搏与逸搏心律</b> .....	<b>145</b>
房性逸搏与房性逸搏心律 .....	145
房性逸搏 .....	145
房性逸搏心律 .....	146
交界性逸搏与交界性逸搏心律 .....	147
交界性逸搏 .....	147
逸搏—夺获心律 .....	143
交界性逸搏心律 .....	149
窦房结—交界区游走性心律 .....	150
室性逸搏与室性逸搏心律 .....	152
室性逸搏 .....	152

---

室性逸搏心律	153
<b>第十三章 干扰与干扰性房室脱节</b>	<b>154</b>
干扰	154
窦房干扰	154
房性融合波	155
房室干扰	156
室性融合波	157
室内差异性传导	158
干扰性房室脱节	159
完全性房室脱节	160
不完全性房室脱节	160
<b>第十四章 心脏传导阻滞总论</b>	<b>163</b>
文氏现象	164
等传间歇整数倍律	165
隐匿性传导	170
“超常”传导	171
维金斯基现象	172
单向阻滞	174
<b>第十五章 房室传导阻滞</b>	<b>176</b>
第一度房室阻滞	176
第二度房室阻滞	177
I型	178
II型	180
第三度房室阻滞	181
不完全性房室阻滞引起的房室脱节	184
<b>第十六章 房室束支传导阻滞</b>	<b>190</b>
概说	190
心室传导系统的基本解剖与血液供应	190



束支阻滞的分类	191
束支阻滞的病因和发生机理	192
左束支阻滞	192
左束支阻滞时心室的除极与复极	192
左束支阻滞的心电图表现及其与心向量图的关系	194
左束支阻滞的鉴别诊断	195
不完全性左束支阻滞	195
左束支阻滞合并心室肥大	196
右束支阻滞	197
右束支阻滞时心室的除极与复极	197
右束支阻滞的心电图表现及其与心向量图的关系	193
右束支阻滞的鉴别诊断	199
不完全性右束支阻滞	199
右束支阻滞合并心室肥大	200
左束支半阻滞	201
左前支阻滞	201
左后支阻滞	205
室内双支阻滞	206
右束支阻滞伴电轴左偏型	206
右束支阻滞伴电轴右偏型	206
左束支阻滞伴电轴左偏或右偏型	206
室内三支阻滞	208
右束支阻滞+电轴左偏+房室阻滞型	208
右束支阻滞+电轴右偏+房室阻滞型	208
左束支阻滞+电轴左偏+房室阻滞型	210
双侧束支主干阻滞	210
双侧束支主干阻滞的产生机理	210
双侧束支主干阻滞的心电图表现	212
双侧束支一度阻滞	212
双侧束支不同程度阻滞	212
双侧束支二度阻滞	212
双侧束支三度阻滞	212

双侧束支主干阻滞的诊断分析法·····	213
间歇性束支阻滞·····	216
<b>第十七章 期前收缩</b> ·····	<b>217</b>
室性期前收缩·····	217
房性期前收缩·····	223
交界性期前收缩·····	225
期前收缩的发生机理·····	227
期前收缩的临床意义和处理·····	228
<b>第十八章 阵发性心动过速</b> ·····	<b>230</b>
室上性阵发性心动过速·····	231
室性阵发性心动过速·····	235
其他类型的心动过速·····	237
房室交界性心动过速·····	237
心室自搏性心动过速·····	238
双向性心动过速·····	238
折返性心动过速·····	238
并行心律性心动过速·····	238
双重阵发性心动过速·····	240
产生阵发性心动过速的学说·····	240
阵发性心动过速的处理·····	241
<b>第十九章 扑动与纤颤</b> ·····	<b>243</b>
心房扑动·····	244
心房纤颤·····	249
心房纤颤合并不完全性房室阻滞·····	251
心房纤颤合并完全性房室阻滞·····	252
心室扑动与纤颤·····	253
心房扑动与纤颤的发生机理·····	254
心房扑动与纤颤的处理·····	257

第二十章 传出阻滞·····	259
窦房阻滞·····	259
异位一心房传出阻滞·····	262
房室交界区传出阻滞·····	263
前向性房室交界区传出阻滞·····	263
逆向性房室交界区传出阻滞·····	264
异位一心室传出阻滞·····	265
第二十一章 并行心律·····	266
室性并行心律·····	266
房性并行心律·····	268
交界性并行心律·····	270
第二十二章 反复心律·····	271
交界性反复心律·····	272
室性反复心律·····	273
房性反复心律·····	275
第二十三章 预激综合征·····	277
预激综合征的基本心电图表现·····	277
预激综合征的发生机理·····	281
预激综合征合并其他心电图改变·····	283
预激综合征合并心肌梗塞·····	283
预激综合征并发心房纤颤·····	283
预激综合征并发折返性心动过速·····	285
预激综合征并发房室阻滞·····	285
预激综合征的处理·····	286
第二十四章 针刺、电解质紊乱、内分泌疾病与药物作用的心电图·····	287
针刺对心电图的影响·····	287
降低心率的作用·····	287

抑制异位兴奋灶 .....	237
对房室传导的影响 .....	289
对 P 波和 ST-T 波的影响 .....	289
<b>电解质紊乱</b> .....	289
血钾改变 .....	290
血钾过高 .....	290
血钾过低 .....	291
血钙改变 .....	292
血钙过高 .....	292
血钙过低 .....	292
<b>内分泌疾病</b> .....	293
甲状腺机能减退 .....	293
甲状腺机能亢进 .....	293
<b>药物作用</b> .....	294
洋地黄制剂 .....	294
奎尼丁 .....	297
锑制剂 .....	293
吐根硷 .....	293
<b>附 录</b> .....	299
一、自 I、II 导联 QRS 测定心电轴表 .....	299
二、自 R-R 间期推算心率表 .....	300
三、正常 P-R 间期的最高限度表 .....	300
四、不同心率时 Q-T 间期的正常范围图 .....	301
五、双倍二级梯运动测验登梯次数表 .....	302
六、心电图机的校验与常见故障的排除 .....	303

# 第一章 心电图的产生原理

心脏活动的主要表现之一是产生电激动，它出现在心脏机械性收缩之前。心肌激动时产生的电流可以从心脏经过身体组织传到体表，使体表的部位产生不同的电位变化。按照心脏激动的时间顺序，将此体表电位的变化记录下来，形成一条连续曲线，即为心电图。在正常情况下，每次心动周期在心电图上均可出现相应的一组波形。一组典型的心电图波形是由下列各波和波段所构成（图 1—1）：

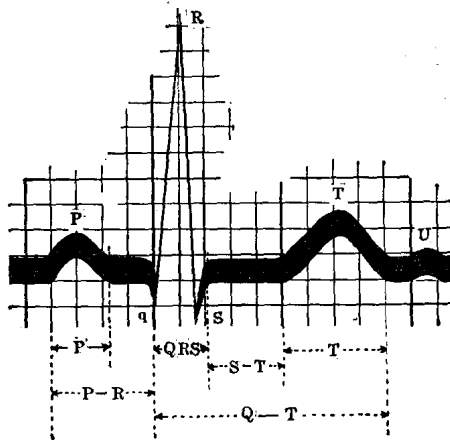


图 1—1 心电图各波段示意图

**P 波** 反映心房肌除极过程的电位变化。

**P-R 间期** 代表激动从窦房结通过房室交界区到心室肌开始除极的时限。

**QRS 波群** 反映心室肌除极过程的电位变化。

**T 波** 代表心室肌复极过程所引起的电位变化。

**S-T 段** 从 QRS 波群终点到达 T 波起点间的一段水平线。

**Q-T 间期** 从 QRS 波群起点到 T 波终点间的时限。

**U 波** 代表动作电位的后电位。

既然心电图各波段是由心肌激动过程所引起，那就首先应当了解心肌的除极和复极过程。

## 心肌的除极和复极过程

### 静息膜电位

心肌细胞在静息状态下，细胞膜外面带有正电荷，里面带有负电荷。近年来通过生理学的研究，用微电极的一端刺入正常静息状态下的单一心肌细胞，把电位计的正极端与此微电极相连，电位计的负极端放在细胞外液中并与地相接，使细胞外液的电位为零（图1—2），这时所测得的细胞内电位约为-90毫伏，即在静息状态下心肌细胞内

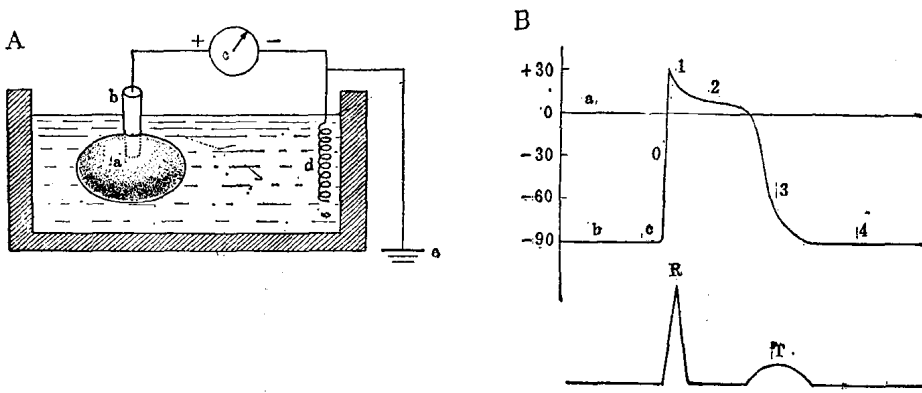


图1—2 离体心室肌细胞的动作电位

A 测定心肌细胞内外电位差示意图

a 心肌细胞    b 细胞内微电极    c 电位计    d 细胞外液电极    e 接地

B 动作电位曲线(上)与单极心电图(下)的关系

a 零电位线    b 静息膜电位    c 动作电位的开始

电位比细胞外电位低90毫伏。这种静息状态下心肌细胞内外的电位差称为跨膜静息电位

(transmembrane resting potential)，简称静息膜电位。在静息状态下，心肌细胞膜外带有正电荷，膜内带有同等数量的负电荷，称为极化状态(图1—3Aa)。极化状态时静息膜电位之所以能维持恒定，有赖于细胞的代谢活动、细胞内外钾离子浓度的比值以及细胞膜对各种离子如钾、钠、蛋白、氯等具有不同的通透性。在静息状态下，心肌细胞内外各种离子的浓度有很大差别。细胞内钾离子( $K^+$ )浓度约为细胞外 $K^+$ 浓度的30余倍；与此相反，细胞外钠离子( $Na^+$ )浓度则远高于细胞内 $Na^+$ 浓度。至于阴离子，在细胞内

液以蛋白阴离子的浓度为高，而在细胞外液则以氯离子( $\text{Cl}^-$ )的浓度为高。在静息状态下，细胞膜对 $\text{K}^+$ 的通透性远远超过对 $\text{Na}^+$ 的通透性， $\text{Cl}^-$ 有一定的通透能力，而蛋白阴离子则完全不能透过细胞膜。在静息时，细胞内 $\text{K}^+$ 浓度既然高于细胞外液数十倍，而且细胞膜对 $\text{K}^+$ 又有很好的通透性，那么 $\text{K}^+$ 便会不断地从细胞内向细胞外渗出。为了维持阴阳离子的平衡，当 $\text{K}^+$ 外渗时， $\text{Cl}^-$ 亦随之外出，但由于细胞膜本身带有负电荷， $\text{Cl}^-$ 渗出受到很大阻碍。这样就使得较多的阳离子( $\text{K}^+$ )渗出到膜外，而未能渗透的游离型阴离子(主要是蛋白阴离子，其次是 $\text{Cl}^-$ )停留在膜内，使膜内电位显著低于膜外电位。膜内负电位的大小是和静息时 $\text{K}^+$ 外渗的多少有密切关系。 $\text{K}^+$ 外渗越多，则留在膜内游离的阴离子也越多，因而膜内负电位也越大。同时膜内带负电的阴离子越来越多，吸引着膜内带正电的 $\text{K}^+$ (静电力作用)，使膜内 $\text{K}^+$ 逐渐不能再向外转移，因而使膜内负电位维持在 $-90$ 毫伏的水平上，这就形成了静息膜电位。由于膜外有游离的阳离子和膜内有相同数量的游离型阴离子，从而形成极化状态。在静息时，透入细胞内的 $\text{Na}^+$ 极少，故对静息膜电位的发生并无重要影响。

由此可见，在静息状态下，经常不断地有一定量的 $\text{K}^+$ 渗出细胞外，而只有极少量 $\text{Na}^+$ 渗入到细胞内。为了保持细胞内外离子的平衡，心肌细胞通过钠泵及时地从细胞内排出过多的 $\text{Na}^+$ ，同时将细胞外过多的 $\text{K}^+$ 转移到细胞内。把钾钠离子从低浓度处转移到高浓度处是需要消耗能量的，这些能量可能是来源于细胞代谢过程中的三磷酸腺苷系统。

以上讨论的是静息状态下的细胞内电位。如果心肌细胞受到刺激，细胞内电位便会发生显著的改变，这样就产生了动作电位。

### 动作电位

当心肌细胞膜某点受刺激开始激动时，受刺激处的细胞膜对 $\text{Na}^+$ 的通透性突然升高，而对 $\text{K}^+$ 的通透性却显著降低，因此细胞外液中的大量 $\text{Na}^+$ 渗入到细胞内，使细胞内 $\text{Na}^+$ 大量增加，细胞内电位由 $-90$ 毫伏突然升高到 $+20\sim+30$ 毫伏(跨膜电位逆转)。由激动所产生的跨膜电位，称为跨膜动作电位(transmembrane action potential)，简称动作电位(图1—2B)。心肌细胞激动后，膜表面变为负电位，膜内变为正电位，这种极化状态的消除称为除极。除极在动作电位曲线上表现为一骤升线，称为动作电位0相。0相相当于单极心电图或临床心电图的R波。0相时 $\text{Na}^+$ 突然流入细胞内，主要是由于细胞膜对 $\text{Na}^+$ 的通透性升高，其次是由于细胞外 $\text{Na}^+$ 的高浓度所造成的渗透力以及细胞内负电荷的静电力对 $\text{Na}^+$ 的吸引。当细胞内由 $-90$ 毫伏升到零电位时，细胞内负电荷对 $\text{Na}^+$ 的吸引力逐渐变小以至消失，这时 $\text{Na}^+$ 的渗入也逐渐减少；

另一方面, 由于大量  $\text{Na}^+$  进入细胞内, 则细胞外液留有大量阴离子 (主要是  $\text{Cl}^-$ ), 其静电力进一步牵制  $\text{Na}^+$  的渗入, 当达到  $+20 \sim +30$  毫伏时, 就结束了 0 相。心肌细胞除极后, 由于细胞的代谢过程, 细胞膜重新恢复了对  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  的通透性, 细胞内正电位逐渐恢复到静息膜电位水平, 这一过程称为复极。复极时, 细胞膜对  $\text{Na}^+$  的通透性迅速降低, 对  $\text{K}^+$  的通透性重新升高, 以及膜内过量的正电荷与膜外过量的负电荷的静电力作用, 使细胞内  $\text{K}^+$  又开始外渗, 因而细胞内正电位迅速下降, 接近零电位水平, 此时期称为动作电位 1 相。1 相代表复极的开始, 相当于单极心电图或临床心电图的 J 点。之后, 向内的  $\text{Na}^+$  流与向外的  $\text{K}^+$  流迅速达到平衡, 使细胞内电位接近零电位水平, 在动作电位曲线上形成一高平线, 称为动作电位 2 相。2 相是缓慢的复极, 相当于单极心电图或临床心电图的 S-T 段。2 相末时, 虽然膜内外正负电荷相等, 缺乏静电力的作用, 但由于细胞膜对  $\text{K}^+$  的通透性大大增加, 故  $\text{K}^+$  从膜内高浓度处加速外渗, 使细胞内电位迅速下降, 变为负电位, 在动作电位曲线上出现一速降线, 称为动作电位 3 相。3 相是晚期的迅速复极, 相当于单极心电图或临床心电图的 T 波。可见, 这种被动性的离子转移是受细胞膜内外离子浓度差、静电力以及细胞膜的通透性三个因素所左右。当细胞内电位终于恢复到  $-90$  毫伏并维持在此水平上, 即为静息膜电位, 这个时期称为 4 相。4 相相当于单极心电图或临床心电图 T 波后的等电位线。从 0 相开始到 4 相开始的时间称为动作电位的时限, 相当于 Q-T 间期。从 4 相的开始, 便通过钠泵使细胞内过多的  $\text{Na}^+$  主动转移到细胞外, 同时使细胞外过多的  $\text{K}^+$  主动进入到细胞内, 这样便完全恢复到原来的极化状态。

### 除极与复极过程的电偶学说

除极作用是先从心肌细胞膜受刺激的部位开始, 以后迅速扩展, 直到整个心肌细胞全部除极为止, 称为除极过程。从除极结束到恢复极化状态的过程称为复极过程。上述过程, 在临床心电图学上通常用电偶学来说明。由两个电量相等、符号相反、但相距很近的电荷所组成的一个总体称为电偶。正电荷叫做电偶的电源, 负电荷叫做电偶的电穴, 其连线称为电偶轴, 电偶轴的方向是由电穴指向电源。当心肌细胞的某一点受刺激时, 该处首先对  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  的通透性发生改变而开始除极 (图 1—3 Ab), 其邻接部分仍处于极化状态。心肌细胞膜外已除极的部分带负电荷, 邻接未除极的部分仍带正电荷。显然已除极部分的电位较未除极部分为低, 这样就形成了电位差。正电荷便不断地从高电位处 (未除极部分) 流向低电位处 (已除极部分), 也就是说心肌已除极部分和未除极部分的交界处相邻两点构成一对电偶 (图 1—3 Ac), 未除极部分为电源, 已除极部分为电穴。电源的正电荷不断地流入电穴, 故电源 (未除极处) 的电位下降, 当



电位下降到一定程度时，则该处细胞膜也开始除极，刚除极的部分和它的前方尚未除极的邻接部分相比，又成为新的电穴，前方未除极的邻接部分则成为新的电源，如此向前不断扩展，直到整个细胞完全除极为止（图 1—3 Ad）。这时细胞膜外均为负电荷，而膜内均为正电荷，这种状态称为极化状态逆转。除极过程的每一瞬间可以想象为只有一对电偶，此电偶随着除极作用的扩展不断向前推移。单一心肌细胞的整个除极过程是一系列电偶移动的过程，电偶的电源在前，电穴在后，除极方向就是电偶移动的方向。

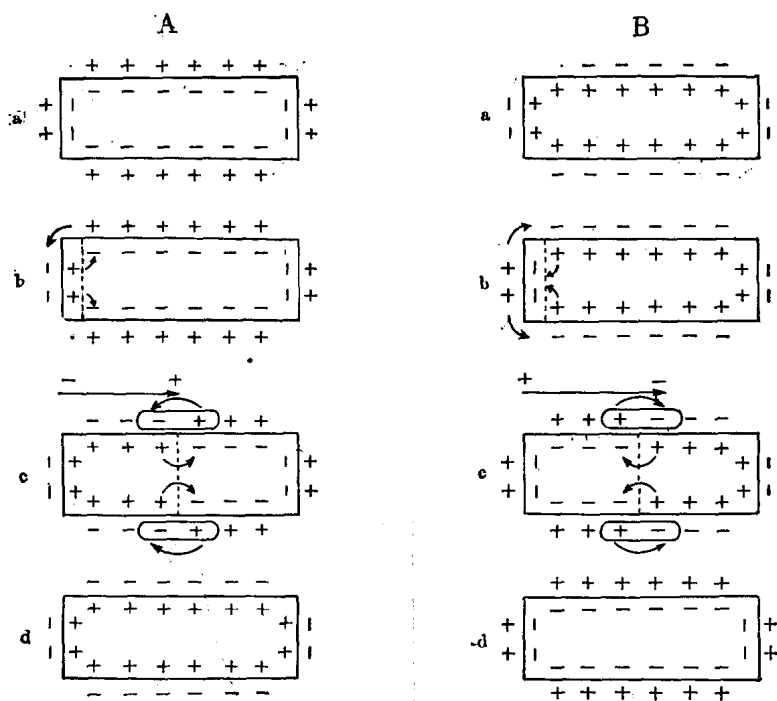


图 1—3 心肌细胞的激动过程示意图

A 除极过程    a 极化状态    b 开始除极    c 除极过程中    d 完全除极  
 B 复极过程    a 完全除极    b 开始复极    c 复极过程中    d 完全复极

在实验上，复极过程（图 1—3 B）是从最先除极的部分开始。复极过程中，前面未恢复的部分膜外呈负电位（电穴），后面已恢复的部分膜外呈正电位（电源）。复极过程也是一系列电偶的移动，复极方向就是电偶移动的方向，但是电偶的电源在后，电穴在前，其电位变化正和除极过程相反。

以上叙述的是一个电极在细胞内，一个电极在细胞外所测得的单一心肌细胞除极与复极过程中细胞内电位的变化，这和临床心电图显然是不相同的。临床心电图检查是在人体体表进行的，而不是在心肌细胞内或细胞表面测定心脏激动时电位的变化。为了更