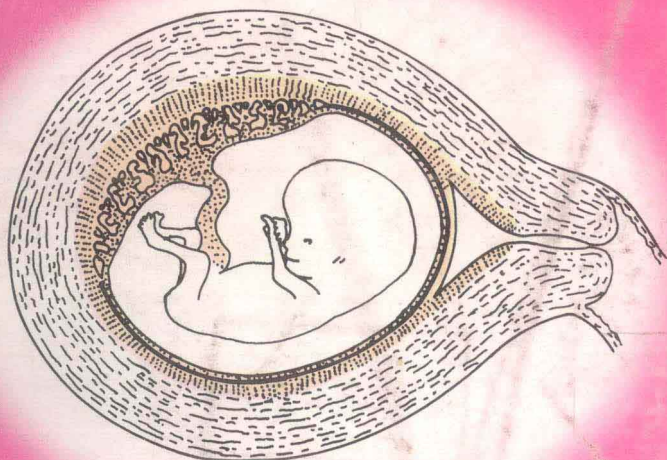
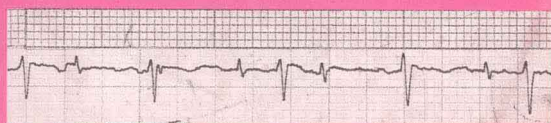


临床胎儿心电图

Clinical Fetal Electrocardiogram

卓晶如 主编



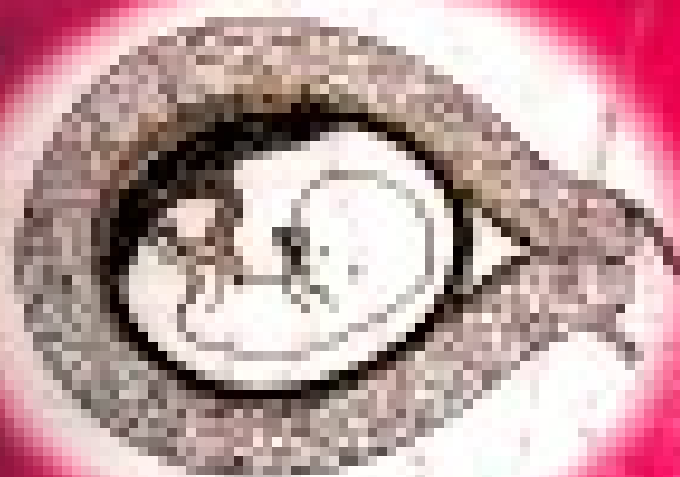
北京医科大学
中国协和医科大学

联合出版社

临床胎儿心电图

Clinical Fetal Electrocardiogram

第二版



主编 葛文甲
主编 孙志国

科学出版社

(京) 新登字 001 号

临床胎儿心电图

Clinical Fetal Electrocardiogram

卓晶如 主编

北京医科大学
中国协和医科大学 联合出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

临床胎儿心电图/卓晶如, 编著. —北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1995. 9

ISBN 7-81034-562-1/R · 560

I. 临… II. ①卓… III. 胎儿-心电图-诊断 IV. R714.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 15732 号

临床胎儿心电图

编 者 卓晶如

责任编辑 姚 懋 吴清明 陈妙兰

※

北 京 医 科 大 学
中国协和医科大学联合出版社出版

杭州师范学院印刷厂

新华书店北京发行所发行

※

850×1168 毫米 1/32 5.125 印张 138 千字

1995 年 9 月第 1 版 1995 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—4000

书号: ISBN7-81034-562-1/R · 560

定价: 12.00 元

造福母婴

为优生优育作出贡献

上海医科大学妇孺科医院

郑怀美

前 言

胎儿心电图是一门跨学科的生物医学工程科学，包括产科、心血管科及精密仪器设计制造学科，各学科紧密联系，研究胎儿的心电活动，应用于产前诊断及监护。因此，除了要求对心电原理、电子仪器了解外，还要熟悉胎儿心脏的发育过程，生理和病理的变化，以及母体在妊娠期及分娩期各种复杂情况对胎儿心电活动的影响。国内外杂志有胎儿心电图文章的报道，迄今未见编写成书的问世。国内在八十年代初开始对胎儿心电图进行临床探讨，一九八三年上海医科大学妇产科医院心电图室采用日制的仪器，临床测示成功并通过了技术鉴定。浙江省计算技术研究所从一九八二年开始研制胎儿心电图机，一九八六年研制成FECG—B型及FECG—C型胎儿心电图机，并通过技术鉴定；一九九〇年又研制成FECG—D型机。两个单位从一九八六年起紧密合作，在临床上大量实践，自一九八七年起在全国各地举办数十期胎儿心电图培训班。学员们掌握测示技术后，又在当地举办培训班，因此到了九十年代初，此项技术已相当普及。本书的图谱是应用浙江省计算技术研究所生产的FECG—B型及FECG—D型胎儿心电图机制成，学习班学员都是用此二型机器培训及操作的。由于操作简便，有实用价值，胎儿心电图的应用受到欢迎。于一九八七年、一九九〇年及一九九二年在杭州召开了三次全国性胎儿心电图学术研讨会。编者根据十多年来在积累大量资料，并参考胎儿心电图的基础理论以及胎儿生理、病理知识，着手编写成《临床胎儿心电图》一书，供心电图、产科及围产医学同道门研究及参考，以期提高对胎儿监测的质量，达到及早防治胎婴儿疾病及优生优育的目的。

上海医科大学妇产科医院全国著名的妇产科专家郑怀美教授对胎儿心电图的临床研究一直很关心及亲临指导，并参加举办的全国性胎

儿心电图学术会议多次。对该书的编写给与极大的关怀和支持，并为此书题词。向郑怀美教授致以崇高的敬意与感谢！围产医学专家张振钧教授为此书认真细致地审稿，提出许多宝贵的意见，特此致谢！

浙江省计算技术研究所与国家医药管理局直属企业科美思集团医用电子仪器厂共同投资的科美思集团正通电子公司，目前专业从事胎儿心电图机的研制、生产和经销。该公司提供了此书第八章的全部内容，并对此书的编写大力支持及帮助，使该书能及早出版，特此向科美思集团正通电子公司致谢！

鉴于初次编写，有不足之处，望同道们批评指正。

编者

1995年2月

目 录

第一章 胎儿心电图简介.....	(1)
第一节 历史.....	(2)
第二节 胚胎与胎儿.....	(4)
第三节 胎儿心电图的基本原理.....	(8)
第二章 正常胎儿心电图	(16)
第一节 胎儿心电图的辨认	(16)
第二节 胎儿心电图的分析和测量方法	(17)
第三节 胎心率、律、R—R 间隔、QRS 时限及振幅	(20)
第三章 有关胎儿心电图的研究介绍	(23)
第四章 异常胎儿心电图	(34)
第五章 异常胎儿心电图与临床的关系	(42)
第六章 异常孕产期的胎儿心电图	(56)
第七章 典型病例	(69)
第八章 胎儿心电图机.....	(128)
第一节 胎儿心电图机的原理和性能.....	(129)
第二节 胎儿心电图机的使用.....	(136)
第三节 胎儿心电图机的保养和故障排除.....	(144)
参考文献.....	(149)
附录	
一、胎儿心电图有关标准.....	(151)
二、自 R—R 间期推算胎心率表.....	(153)

第一章 胎儿心电图简介

心脏收缩之前，先产生电激动。电激动可经人体组织传到体表，在体表产生电位差。这种电位差可应用仪器记录出来，描绘成图形就是心电图，仪器就是心电图仪。同样，胎儿心脏产生的电激动，可经胎体组织传到母体组织，再到达母体体表而发生电位差，应用胎儿心电图仪，可以在母体腹壁记录出由胎儿心电传导引起的电位差，得出的图形，就是胎儿心电图（FECG）。由于这种图形不是直接从胎儿体表测得，故又称间接胎儿心电图。间接胎儿心电图是非侵入性操作，对母儿无害，操作简便易于掌握，可在整个孕期多次测定，在国内逐渐推广应用，已取得一些经验，本书着重介绍间接胎儿心电图。如果胎儿心电图直接从胎儿体表测得，就称为直接胎儿心电图。直接胎儿心电图是一种侵入性操作，电极直接接触胎体，必需已经开始临产后，宫颈扩张到一定程度，胎膜已经破裂后方可操作，因此使用上有一定的限制。

听胎心是产科领域用来测定胎儿是否良好的传统方法，1620年有人已听到胎心，到1820年发明了听诊器才应用于临床，直至现在仍然采用。由于科学技术的不断发展，应用传统的方法听胎心，对于胎心在各种生理性及病理性情况下的复杂变化已不能满足需要，例如反映胎心率的瞬间变化，心肌的情况，心律紊乱的类型等等。胎儿心电图的应用，可绘出各种胎儿心电图型，结合临床情况进行分析，寻找原因及病理情况，往往是妊娠期或分娩期的并发症或合并症引起，使胎儿心电图发生了一定的改变，这些多数是可逆的，如能及时处理，可以恢复正常，有时甚至可挽救胎儿的生命。少数异常胎儿心电图是胎儿先天性心脏异常疾患的表现，可考虑及早终止妊娠，以达到优生的

目的。胎儿心电图是胎儿监护方法之一，有时还要结合其他方法，如B超，血液生化测定等，最后作出正确的判断。这些仪器的应用都是相辅相乘，取长补短，相互不可取代的。

第一节 历史

胎儿心电图 (FECG) 首先测出者是 Cremer，他于 1906 年在一例未临产的孕妇应用阴道腹壁导联测出胎儿心电图。1921 年 Norr 报道马胎儿在子宫内的心电图。以后的 15 年主要研究胎心音的扩大方法，1936 年 Strassman 是美国第一位测出胎儿心电图者，他应用的是成人真空管心电图仪。1938 年 Bell 是英国第一位应用同样仪器测出胎儿心电图，直到 1943 年 Ward 及 Kennedy 在美国首先报道应用胎儿心电图仪测出胎儿心电图。1957 年 Southern 应用向量系统及示波器首先提出能测到完整的胎儿心电图 (PQRST)。Hon 及 Hess 在胎心率仪测出胎儿 QRS 波，并发现脐带受压，临产时及母体低血压时可观察到胎心率瞬间的变化。在 50 年代仪器渐渐有进步，胎儿心电图在孕期的测出成功率增加及测出的孕周逐渐提早。1960 年胎儿心电图可以记录出或显示于示波器上，并可储存在磁带上供日后分析。Surean 及 Trocellier 1961 年研究消除母体 ECG 得出纯粹的胎儿 ECG 初次成功。1966 年 Shenker 复习了 5 年的文献，胎儿心电图已在临床开展应用于诊断胎儿生命及诊断多胎。对诊断胎位，胎心律异常及先天性心脏异常的价值还很有限，对胎儿窘迫时胎心率变化的模式，胎心电波的形态及正常胎儿心电图的分类等还需继续研究。70 年代有报道对胎儿心电图导联的选择及放置部位的探索以增加测出的成功率。例如用三对垂直的导联同步测定，以及研究胎儿心电传播至母腹壁途径，并说明在中期妊娠与晚期妊娠时有不同，前者是向量式的传播，即胎心电流是均匀地在母腹腔容积内向各方向传递，后者是采取特定的途径，胎心电流从胎儿口鼻腔部位传至母腹壁，而在 28~34 孕周时胎儿心电流的传导

呈不均匀状，在此期测出胎儿心电图的成功率较低，电压也较低。

对于胎儿心电图各项参数，各家都提出自己的数据，如胎心率，FQRS 时限及振幅等数据是相近的，但没有完全将其统一制成标准。80 年代 Brambati 及 Pardi 应用三个垂直导联同步测腹壁 FECG，应用计算机系统统计出 FQRS 值，得出一套正常数值及标准差，FQRS 值与孕龄及胎儿体重成正相关，并可用来估计胎儿体重，诊断胎儿宫内生长迟缓及估计 Rh 溶血症胎儿的预后。在 80 年代还有一些报道是动物试验，在羊胎、鼠胎及猴胎中进行缺氧试验，例如给吸入低氧气体，结扎子宫动脉或/和脐带的 FECG 观察，同时测定血 pH，血气分析，测乳酸盐及糖原等，得出 FECG 有 P 波型改变，PQ 时间缩短，QRS 波增宽，ST 段移位，T/QRS 值的增加等，及与血生化测定的相关问题。对慢性缺氧及急性缺氧时的 FECG 进行探讨，证明 FECG 对诊断胎儿缺氧有一定价值。近年来对胎心率/律的异常，先天性传导阻滞已时有报导。

90 年代 FECG 的研究有孕期胎心率的变化，临产时及分娩期胎心率及 T/QRS 比值的变化，缺氧时 FECG 的 ST 波型的改变，缺氧时 FECG 胎心率变化与血气分析及儿茶酚胺的分析。正常妊娠时孕妇运动试验（踏车试验）的胎心率改变，以及先天性胎儿及新生儿完全性心脏传导阻滞的报道及分析。

我国研究 FECG，在 60 年代已有测出成功报道，直到 80 年代中期，1986 年浙江省计算技术研究所研制成功胎儿心电图仪，并在上海医科大学妇产科医院及浙江医科大学妇产科医院试用后通过技术鉴定，以后在国内举办多期培训班，并开过三次全国性 FECG 学术交流会，论文在国际性学术会议，全国性及地方性学术会议宣读，并刊登在全国性及地方性杂志。目前 FECG 已在国内 28 个省市推广应用。

第二节 胚胎与胎儿

胎儿发育过程中,心血管是首先有功能的系统,早期胚胎由胎盘绒毛膜吸取母体营养,当胎盘循环建立后,胎儿通过血循环与母体进行物质交换。对于人类第一次心跳的出现或血循环的首次建立还没有直接观察到,从其他哺乳动物中观察到,胎儿心脏约于受精后第18~19天在生心区发生,左右各一条细胞密集的心索,以后演变为管状的心内皮管,此两管相互接近并融合。在妊娠第22天合并成一条心管,但心管头尾两端未融合,各与成对的动静脉相接。其管间质增厚形成一厚的细胞层,即心肌心外膜层。以后分化为心肌层和心外膜。不久心管发育成“U”形,以后又形成“S”形,约在第5周分化为左右房室管,妊娠10周末左右心房心室形成。推测大约在受精21天左右,即一对原始的心内膜管融合成心管时开始有心跳,但心跳较弱,未能使血液流动。孕6周窦房结开始发育,心跳逐渐增强,为蠕样动作,开始了血液循环。孕8周房室结发育,孕12周时胎儿心脏及传导系统发育完善。

1936年Heard及Burkley从子宫切开或人工流产的胎儿中(9~25孕周的胎儿),直接测出心电图图形,于孕13周的胎儿可以测出成人型的心电图综合波。临床报道,经腹壁最早于孕12周左右测出FECG。由于P波及T波的振幅很低,约 $1\mu\text{V}$ 左右,与母体表面电流阻力的噪音相等,因此经腹壁(间接)的FECG很难得出完整的PQRST波型,只能见到QRS综合波。

胎儿既是一个独立的个体,具有成人型的生理功能,但另一方面胎儿还未完全脱离母体,也有其解剖上及生理上的特殊性。

一、胎儿血循环解剖特点

胎儿在未娩出前,由于血液营养的传递,必须通过胎盘循环进行交换。从母体取得营养并将代谢产物经母体排出。因此,胎儿的血循环系统具有与成人不同的特点。

1. 胎儿有脐静脉一条，来自胎盘。脐静脉血中，氧的含量较高，营养较丰富，血液从胎盘进入胎体。

2. 脐动脉二条，来自胎儿，为腹下动脉的延续，内含氧份较低的混合血及胎儿体内的代谢产物，注入胎盘与母血进行物质交换。

3. 动脉导管在肺动脉与主动脉弓之间，血液从肺动脉经动脉导管流入降主动脉，只有 $1/3$ 血进入肺循环，出生后肺循环建立，动脉导管闭锁成为动脉韧带。

4. 卵圆孔位于左右心房之间，胎儿出生后开始自动呼吸，肺循环建立，胎盘循环停止，循环系统血流动力学发生显著变化，左心房压力增高，右心房压力下降，故卵圆孔在出生后数分钟即开始关闭。大多数婴儿是出生后 6~8 周完全闭锁。

二、胎儿血循环

脐静脉携带来自胎盘含氧较高及营养物质较丰富的血液，经胎儿腹前壁进入肝脏，有分支直接入肝，亦有分支与门静脉汇合，最后由肝静脉入下腔静脉。脐静脉之末支称静脉导管，直接注入下腔静脉。故进入右心房的下腔静脉血是混合血；有来自脐静脉含氧量较高的血，也有来自下肢及腹部盆腔脏器的静脉血，但以前者为主。

卵圆孔位于左右心房之间，由于卵圆孔之开口正对下腔静脉入口，同时由于下腔静脉瓣把下腔静脉入右心房之血液大部分立即直接导向卵圆孔进入左心房。而从上腔静脉入右心房的血液，在正常情况下很少甚至不通过卵圆孔，而直接流向右心室进入肺动脉。由于肺循环阻力较高，肺动脉血大部分经动脉导管流入主动脉，只有约 $1/3$ 的血液通过肺，经肺静脉入左心房。从左心房含氧量较高的血液迅速进入左心室，继而入升主动脉，首先直接供应心、脑及上肢。只有一小部分左心室的血液进入降主动脉→腹下动脉→脐动脉，再进入胎盘与母血进行交换。胎儿体内无纯动脉血，而是动静脉混合血，各部位血液的含氧量有程度上的不同，进入肝、心、头部及上肢的血含氧及养分较高，注入肺及身体下部的血含氧及养分较少。胎儿血循环的示意图如图 1—1。

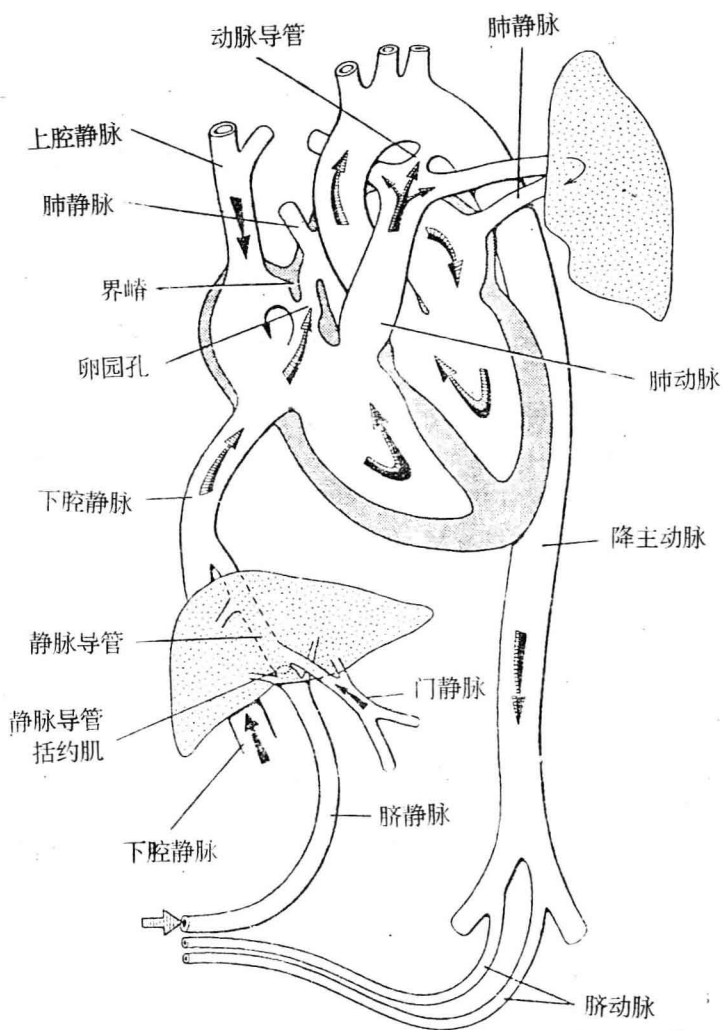


图 1—1 胎儿血循环示意图 (箭头表示血流的方向)

图录自 Medical Embryology JAN langman, M. D, ph. D. second Edition.

三、胎心输出量的分布（根据国外学者对动物试验的研究）

1. 至胎盘循环为 23%~60%。
2. 至未扩张的肺循环为 4%~15%。
3. 经卵圆孔占输出量的 46%。
4. 经静脉导管为脐血流量的 35%~91%。
5. 在安静期，由上腔静脉经卵圆孔至左心房，血流量低于 1%。
6. 血液从下腔静脉经卵圆孔入左心房为心输出量的 70~75%。
7. 仅少量血至内脏器官如肾、脾及下肢。
8. 血至脑部，因动物种类而有不同，羊为 3%，灵长类动物为 12%~13%。

四、胎儿血循环对缺氧的反应

相对缺氧时，胎儿心脏输出量重新分布，心肌及脑血循环增加，心脏输出量没有增加。临产时暂时缺氧，上腔静脉血流入卵圆孔增加。

胎儿在死亡前或脑损害前，代偿情况能维持多久，目前还不清楚。这与胎儿的糖原储备（尤其是心脏），葡萄糖的摄入及胎儿的成熟有关。若继续缺氧，胎儿代偿的能力消失。根据缺氧的严重程度及急骤度，胎儿脑部受损害甚至死亡。胎儿脑损害，可发生于下列二种情况：

1. 急性完全性缺氧（猴试验） 结扎脐带后，胎儿血压上升 1.06~1.33kPa (8~10mmHg)。因胎盘占心脏输出量 40%~50%，脐血流阻塞后，产生周围血管收缩，血压忽然上升。血压上升 20 秒钟后又忽然下降，反映胎儿血氧降低，胎心受到抑制。一分钟后血压又上升，持续约 3 分钟。第二次血压上升是内源性儿茶酚胺的释放，然后动脉压明显降低 0.7~1.33kPa (5~10mmHg)，使重要器官的血流灌注减少，如心、脑等。产生心肌衰竭，脑干及小脑损伤。

2. 慢性部分性缺氧（猴试验） 用催产素刺激子宫强力收缩或使母主动脉狭小。胎儿逐渐产生呼吸性、混合性及代谢性酸中毒。表现为重复性晚期胎心率减慢，ST 段抬高，及/或 T 波倒置。脑细胞代谢的影响是逐步发生的。主要是大脑半球细胞水肿，使灌注不良，导致

脑细胞损害。婴儿存活后，智力发育较差。

第三节 胎儿心电图的基本原理

一、心肌的除极和复极作用

心肌细胞在没有电激动时，即“静止状态”，细胞膜内外存在着电位差别，细胞内的电位比它周围细胞外液的电位为低。心肌细胞内外的钾、钠离子浓度有很大差别，细胞内钾离子浓度较细胞外液高得多，钠离子浓度则相反，细胞外液钠离子浓度比细胞内高。氯离子也以细胞外液中的浓度为高。细胞膜对钾、钠、氯各离子有着不同的渗透性，在“静止状态”下，细胞膜对钾离子的渗透性较对钠离子的渗透性高得多，细胞内的钾离子浓度既高达细胞外数十倍，而细胞膜又对它比较容易渗透，钾离子便不断地从细胞内向外渗出。在一般情况下，为了保持正负离子的平衡，当钾离子(K^+)外渗时，氯离子(Cl^-)也应随之外出，但细胞膜对氯离子的外渗是有一定阻碍作用的，即钾离子优先渗出细胞膜，它后面紧跟着一个氯离子，被阻于膜内，结果，细胞膜内外分别附着一层正负极性不同的离子，细胞膜外附着一层带正电荷的钾离子，细胞膜内附着一层带负电荷的氯离子，造成细胞膜内电位低于细胞膜外电位的状态。至于钠离子(Na^+)，由于其细胞外浓度大大高于细胞内的浓度，故有不断地向细胞内渗透的趋势，虽然细胞膜对钠离子的渗透阻力较大，但仍有一小部分钠离子渗入细胞内。因此，在“静止状态”下，由于渗透作用而产生离子移动，总的趋势是有相当量钾离子透出细胞外，而有相当量的钠离子渗入细胞内，这种形式的离子转移，并不消耗能量，它只受离子在细胞膜两侧的浓度与静电力，以及细胞膜的通透性所左右，属于被动性的离子转移。此外，为了保持细胞内外环境的恒定，不使细胞内丢失过多钾离子，输入过多钠离子，细胞还有一种主动转移离子的功能，称为钾—钠交换泵，通过这个机制，把钠离子从细胞内排出，同时把钾离子从细胞外摄入，这

种主动转移要把离子自低浓度处输向高浓度处，故需要消耗能量，能量由细胞代谢过程中三磷酸腺苷系统供应。上述细胞的生理机能使细胞保持膜外带正电荷、膜内带负电荷，细胞内电位低于细胞外电位的稳恒状态，这样的稳恒状态称为“极化状态”，在极化状态下细胞膜内外的电位差称为“静止膜电位”。

“除极”与“激动电位” 当原来处于“极化状态”的心肌细胞受到刺激时，（这刺激可以是机体内在的神经体液传递的刺激，也可以是从机体外来的物理、化学、机械、电力等各式各样的刺激）。细胞膜对钾、钠等离子的渗透性发生了很大的改变，失去了保持极化状态的条件，细胞由极化状态转化为另一种完全不同的情况，这个过程称为“除极”。受刺激的心肌细胞，其细胞膜对钠离子的渗透性陡然增高，而对钾离子的渗透性却大为降低，因而在受刺激的瞬间，有大量钠离子从细胞外渗入细胞内，同时钾离子的外渗则减少了。由于细胞内突然增加了大量阳离子，在短时间内，细胞内的电位就骤然上升，细胞内原来的负电位消失了，甚至暂具正电位，这现象称为“极化状态逆转”。心肌细胞受激动而产生的细胞内电位上升，称为“激动电位”。

“复极” 心肌细胞经过激动以后，细胞膜对钠离子的渗透性迅速再度降低，对钾离子的渗透性又升高，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”。

心肌细胞从“极化状态”经过“除极”而又“复极”的过程中，细胞膜内外的电荷分布情况，可用下列简图 1—2 示意。

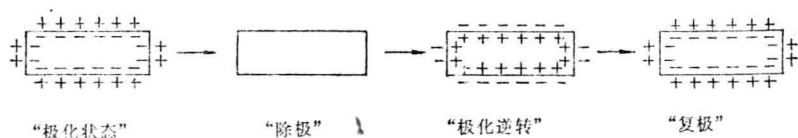


图 1—2 心肌细胞“除极”“复极”示意图