

人体机能学

吉林医科大学

1975.9.

毛 主 席 的 著 作

无产阶級必須在上层建築其中包括各个文化領域中对資产阶級实行全面的专政。

无产阶級认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。

教育必須为无产阶級政治服务，必須同生产勞动相結合。

学制要縮短。课程設置要精簡。教材要彻底改革，有的首先删繁就簡。

要提倡唯物辯証法，反对形而上学和煩瑣哲学。

中国医葯学是一个偉大的宝庫，应当努力发掘，加以提高。

把医疗卫生工作的重点放到农村去。

目 录

第一章 人体活动的基本概念..... 1	
第一节 生命活动的基本特征..... 1	
一、新陈代谢..... 1	
二、兴奋性..... 2	
第二节 细胞是生命的基本单位..... 2	
一、细胞的物质交换..... 2	
二、细胞兴奋时的表现..... 4	
第三节 人体机能的调节..... 9	
一、神经调节..... 9	
二、体液调节..... 10	
三、经络概念..... 11	
实验一 肌肉的收缩..... 11	
实验二 反射弧的分析..... 12	
实验三 神经动作电位..... 12	
第二章 血液..... 14	
第一节 血量与血液的组成..... 14	
一、血量..... 14	
二、血液的组成..... 15	
第二节 血液的特性..... 17	
一、血液的粘滞性..... 17	
二、血浆的渗透压..... 17	
三、血浆的酸硷度..... 18	
第三节 血液凝固..... 18	
一、血液是怎样凝固的..... 19	
二、血液液体状态的维持..... 21	
实验一 测定红细胞沉降率..... 22	
实验二 影响血液凝固的因素..... 22	
第三章 循环..... 23	
第一节 循环系统的结构和功能概述..... 23	
第二节 心脏的机能活动..... 25	
一、心脏的搏动过程和射血机能..... 25	
二、心搏的产生和维持..... 29	
第三节 血压和脉搏..... 35	
一、血压的成因..... 35	
二、动脉血压..... 36	
三、动脉脉搏..... 39	

四、静脉血压..... 39	
第四节 心、血管机能的调节..... 40	
一、心、血管的神经支配..... 40	
二、调节心、血管活动的神经中枢..... 41	
三、心、血管活动的神经反射调节..... 42	
四、心、血管活动的体液性调节..... 43	
第五节 器官和组织的血液供应..... 44	
一、血流量..... 44	
二、微循环..... 45	
三、组织液和淋巴液的生成..... 46	
四、心、脑、肺血液供应的特点..... 48	
实验一 心音听诊..... 49	
实验二 心脏的不应期及期前收缩..... 50	
实验三 蛙心搏观察及蛙心灌流..... 50	
实验四 人体心动电流图的描记..... 51	
实验五 兔血压的调节..... 53	
实验六 人体血压的测定..... 56	
实验七 蛙肠系膜血流的观察..... 57	
第四章 呼吸..... 58	
第一节 肺通气..... 58	
一、肺通气的原理..... 58	
二、肺通气过程中肺内压与胸内压的变化..... 61	
三、肺的通气能力..... 62	
第二节 气体的交换..... 64	
一、肺泡和血液间的气体交换..... 64	
二、血液和组织间的气体交换..... 65	
第三节 气体的运输..... 66	
一、氧的运输..... 67	
二、二氧化碳的运输..... 68	
第四节 呼吸运动的调节..... 70	
一、呼吸中枢及其节律性..... 70	
二、血液中化学成分对呼吸运动的影响..... 71	
三、防御性呼吸反射及其他影响..... 71	

呼吸的反射.....	73	一、甘油的代谢.....	103
实验一 肺活量的测定.....	73	二、脂肪酸的分解代谢—— β 氧化.....	103
实验二 兔呼吸调节.....	74	三、酮体的生成和利用.....	104
第五章 消化.....	75	四、脂肪的合成.....	106
第一节 机械消化.....	75	第三节 类脂的代谢.....	106
一、口腔.....	76	一、胆固醇代谢.....	106
二、胃.....	76	二、磷脂代谢.....	108
三、小肠.....	78	实验 尿酮体测定.....	109
四、大肠.....	79	第八章 蛋白质代谢.....	110
第二节 化学消化.....	79	第一节 蛋白质的生物学意义.....	110
一、口腔.....	79	第二节 氨基酸的代谢.....	111
二、胃.....	80	一、氨基酸的脱氨基作用.....	111
三、小肠.....	81	二、酮酸的代谢去路.....	114
第三节 消化活动的调节.....	83	三、氨的代谢去路.....	114
一、神经调节.....	83	四、氨基酸的特殊代谢途径.....	116
二、体液调节.....	84	五、小结.....	116
第四节 吸收.....	85	第三节 蛋白质营养问题.....	117
一、吸收的部位.....	85	第四节 糖、脂类及蛋白质代谢的相互联系.....	119
二、各种物质的吸收.....	86	第五节 核酸的代谢与功能.....	120
三、吸收的原理.....	87	一、核酸的功能.....	120
第五节 粪便的形成及排便.....	88	二、核酸的合成代谢与分解代谢.....	122
一、粪便的形成.....	88	三、核酸代谢与医学的关系.....	123
二、排便.....	88	实验 谷-丙转氨酶活力纸片测定法.....	124
第六章 糖代谢.....	89	第九章 肝脏功能与胆色素代谢.....	126
第一节 血糖.....	89	第一节 肝脏在代谢中的重要作用.....	126
一、血糖的来源与去路.....	90	一、肝脏在糖代谢中的作用.....	126
二、激素对血糖的调节作用.....	91	二、肝脏在脂类代谢中的作用.....	126
三、高血糖、低血糖.....	92	三、肝脏在蛋白质代谢中的作用.....	127
四、耐糖现象.....	93	四、肝脏在维生素代谢中的作用.....	128
第二节 糖代谢的基本过程.....	93	五、肝脏在激素代谢中的作用.....	128
一、有氧氧化和糖酵解的基本过程.....	94	六、肝脏的解毒及排泄功能.....	128
二、生理意义.....	97	第二节 胆色素代谢与黄疸.....	130
第三节 水及能量的生成.....	98	一、胆色素的生成和去路.....	130
一、水的生成.....	98	二、胆色素代谢紊乱——黄疸.....	132
二、能量的生成和利用.....	99	第三节 几种常用的肝功能试验.....	133
实验 尿糖定性试验.....	100	一、血清蛋白的纸上电泳.....	133
(附) 糖尿病住院病历记录摘要.....	101	二、血清黄疸指数测定.....	134
第七章 脂类代谢.....	102	三、血清胆红素定性试验.....	135
第一节 脂类的分布和生理功用.....	102		
第二节 脂肪的代谢.....	103		

四、尿胆红素试验.....	136	第十三章 钾代谢.....	168
五、尿胆素元试验.....	136	第一节 钾的分布与生理功用.....	168
六、硫酸锌浊度试验.....	136	第二节 钾的吸收与排泄.....	168
第十章 能量代谢及体温.....	137	第三节 细胞内外钾的交换.....	169
第一节 基础代谢.....	138	第四节 血钾.....	169
第二节 体温.....	139	第五节 钾代谢紊乱.....	170
一、正常体温及其生理变动.....	140	一、低血钾症.....	170
二、机体的产热和散热过程.....	141	二、高血钾症.....	171
三、体温调节.....	142	(附) 低血钾症病例报告.....	171
实验 基础代谢的测定.....	144	(附) 正常血清或血浆电解质浓	
第十一章 排泄.....	147	度.....	172
第一节 尿的生成过程.....	147	第十四章 钙、磷代谢.....	173
一、肾小球的滤过作用.....	148	第一节 含量与分布.....	173
二、肾小管对于原尿的作用.....	150	第二节 生理功用.....	173
第二节 尿生成的调节.....	152	第三节 钙、磷的吸收与排泄.....	173
一、抗利尿素.....	153	一、吸收及影响吸收的因素.....	173
二、醛固酮.....	154	二、钙、磷的排泄.....	174
三、甲状旁腺激素.....	155	第四节 血钙.....	174
第三节 肾脏活动的生理意义.....	155	第五节 成骨作用与溶骨作用.....	175
一、排出代谢产物.....	155	第六节 佝偻病、软骨病与钙磷代	
二、维持水、盐平衡.....	155	谢.....	176
三、调节酸硷平衡.....	155	(附) 一份软骨病病例——对旧	
第四节 排尿.....	156	社会的血泪控诉.....	177
一、膀胱和尿道的神经支配.....	156	实验 血钙测定.....	177
二、排尿反射.....	156	第十五章 酸硷平衡.....	179
实验 影响尿生成的因素.....	157	第一节 体内酸和硷的来源.....	179
第十二章 水、钠、氯代谢.....	159	第二节 酸硷平衡的调节.....	179
第一节 水代谢.....	159	一、体液的缓冲作用.....	179
一、体液的分布与组成.....	159	二、呼吸的调节作用.....	179
二、机体内部水的交换.....	160	三、肾脏对酸硷平衡的调节作用.....	181
三、机体与外界水的交换——水		第三节 酸硷平衡紊乱.....	183
的摄入和排出.....	160	一、代谢性酸中毒.....	184
四、小儿水代谢的特点.....	162	二、呼吸性酸中毒.....	184
第二节 钠代谢.....	163	三、代谢性硷中毒.....	185
第三节 体内水盐代谢的调节.....	163	四、呼吸性硷中毒.....	185
一、渴觉.....	163	实验 血浆二氧化碳结合力测定.....	186
二、肾脏的调节.....	163	第十六章 内分泌.....	187
第四节 水钠代谢紊乱.....	165	第一节 甲状腺.....	189
一、脱水.....	165	一、甲状腺激素的合成、贮存和	
二、水肿.....	166	释放.....	190
实验 尿氯化物简易测定.....	167	二、甲状腺的生理功用.....	191

三、甲状腺机能活动的调节.....191	二、脑干.....215
第二节 甲状旁腺.....192	三、基底神经节和小脑.....215
第三节 肾上腺髓质.....193	四、大脑皮层.....216
第四节 肾上腺皮质.....194	第四节 神经系统对内脏活动的调
一、肾上腺皮质激素的化学结构.....194	节.....217
二、肾上腺皮质的生理功用.....195	一、植物性神经的功能.....217
三、肾上腺皮质机能活动的调节.....196	二、植物神经的化学传递.....218
第五节 胰岛.....199	三、中枢各部对内脏活动的调节.....220
第六节 性腺.....199	第五节 高级神经功能.....220
一、睾丸激素及其作用.....199	一、条件反射、语言、思维.....220
二、卵巢激素及其作用.....200	二、边缘系统、情绪、行为.....222
三、性腺的机能调节.....201	实验 大脑皮层运动区定位.....222
四、月经周期.....201	第十八章 感觉器官.....224
第七节 神经垂体.....202	第一节 视觉器官.....225
一、神经垂体激素及其作用.....202	一、眼球折光系统的功能.....225
二、神经垂体的机能调节.....203	二、视网膜的感光功能.....227
第八节 腺垂体.....204	第二节 听觉器官.....228
一、腺垂体各种激素的功用.....204	一、外耳和中耳的功能.....229
二、腺垂体功能的调节.....204	二、内耳的功能.....229
(附) 前列腺素.....205	三、传导性耳聋和神经性耳聋
第十七章 神经系统.....207	的鉴别试验.....230
第一节 结构及功能概述.....207	第三节 平衡感觉器官.....231
一、神经纤维的一般特性.....207	第四节 其他感觉器官.....232
二、神经中枢的一般特性.....209	一、皮肤感觉.....232
第二节 中枢神经系统的感觉功能.....210	二、内脏感觉及牵涉痛.....233
一、大脑皮层感觉代表区.....211	附录一、生理实验的常用装置.....234
二、网状激动系统.....212	附录二、实验动物的麻醉方法.....239
第三节 中枢神经系统对骨骼肌的	附录三、生理盐溶液的配制.....241
作用.....213	附录四 生化检查正常值.....242
一、脊髓.....213	

第一章 人体活动的基本概念

组成人体的各种组织和器官，既各有其特殊功能，又有共同的本质。认识事物有两个过程“一个是由特殊到一般，一个是由一般到特殊”。循环往复，逐步提高。兹先介绍人体活动的基本概念，以便了解各种组织、器官活动的共同规律，然后再在此基础上深入学习人体各种组织、器官活动的不同特点。

第一节 生命活动的基本特征

恩格斯早在十九世纪七十年代指出：“生命是蛋白体的存在方式，这个存在方式的基本因素在于和它周围的外部自然界的不断的新陈代谢”。一切有生命的结构，无论是高等动物或低等动物，也无无论是一个器官或一个细胞，生命总是与蛋白体的存在方式相联系着，都具有标志着生命存在的基本特征——新陈代谢与兴奋性。

一、新 陈 代 谢

“新陈代谢是宇宙间普遍的永远不可抵抗的规律”，也是生命存在的必要条件。从最简单的有生命物质到复杂的人类有机体，我们都可以看到它们和周围环境之间不断进行着新陈代谢。新陈代谢包括合成代谢与分解代谢两个方面。机体在其生活过程中，一方面必须从外界摄取养料，在体内经过一系列变化，合成机体自身的物质，这叫做合成代谢或同化作用；同时机体把自身的物质进行分解，物质分解时释放出的能量供给机体生命活动的需要（其中也包括供给机体进行合成代谢所需的能量），并把分解的产物排出体外，这叫作分解代谢或异化作用。体内物质的分解与合成，以及物质变化和能量变化之间，是不可分割地相互联系着的。所以，生命过程不是静止和固定的，而是以不断进行着的新陈代谢为基础，自我更新、变化与发展的过程；新陈代谢一旦停止，机体得不到自我更新，生命也就停止。

人体包含有无数的细胞，每个细胞都进行着新陈代谢，但它们不能象单细胞生物那样，可以直接由外界环境摄取营养物和排出废料。在长期的进化过程中，高等动物的细胞或组织发生了结构和机能上的分化，如消化器官主要是摄取食物，对食物进行消化和吸收；呼吸器官主要是由外界摄取氧气和排出二氧化碳；排泄器官如肾脏，主要是排出水和代谢终产物；而循环系统则把进行代谢所需要的氧和营养物质运送给全身各细胞，并把各细胞产生的代谢终产物运送到肺和肾等器官去排泄等等。这样看来，组成复杂的人体的各种不同细胞或组织，一方面各自进行着新陈代谢，但从整体的角度看，它们的活动又是互相联系，围绕着整个机体的新陈代谢进行的。

二、兴奋性

兴奋性是指生命组织受到刺激后，对刺激发生反应的能力，这是生命又一基本特征。任何有机体都不能脱离环境而孤立存在，而环境是在不断变化着，那些能被机体所感受的环境变化叫做刺激，机体产生相应的活动叫做反应。如给肌肉通电，可引起肌肉收缩，电是刺激，肌肉收缩是反应，肌肉能对刺激发生收缩反应的这种能力就是肌肉的兴奋性。

刺激必须达到一定强度和持续一定的时间，才能引起反应。刚能引起反应的刺激强度叫做阈刺激。阈刺激能反映生命组织兴奋性的高低，阈刺激小表示兴奋性高，反之表示兴奋性低。

机体的反应都是在刺激作用下产生的。其表现可以有两种形式：一种是由相对地静止变为显著地活动的状态，或由活动弱变为活动强，这叫做兴奋；另一种是由显著地活动转化为相对静止，或由活动强变为活动弱，这叫做抑制。刺激引起组织兴奋还是抑制，取决于刺激的质和量，以及组织当时所处的机能状态。兴奋和抑制是矛盾的两个方面，它们既互相斗争，互相依赖，在一定条件下，又能相互转化的。

兴奋性的维持和兴奋时的各种表现，是以活组织或细胞内进行的新陈代谢为基础的，也是新陈代谢的保证。

第二节 细胞是生命的基本单位

人体是由数以百万亿计的细胞构成，但人体不是一个简单的细胞集合体。人类机体和单细胞生物或简单多细胞生物不同，一方面人体细胞不能直接由外界环境摄取养料和排出废料，只能和存在于它的周围的液体进行物质交换。另一方面人体内细胞已发生了高度的分化，不同的细胞进行不同的机能，有着不同的活动表现。

一、细胞的物质交换

参与细胞新陈代谢的物质都是溶解在体内的水中的，这些水和体内所溶解的物质合称为体液。全身体液总量约占体重的60%。体液分为细胞内液和细胞外液二大部分。细胞内液存在于细胞内，占体重的40%；细胞外液存在于细胞外，占体重的20%，其中存在于血管内的叫作血浆，占体重的5%，存在于血管外的主要为组织间隙液（简称组织间液或组织液），淋巴液等，共占体重的15%。细胞外液是细胞直接生活所在的环境。所以细胞外液被称为机体的内环境，以区别于整个机体生活所在的外环境。在正常情况下，细胞外液与细胞内液之间通过细胞膜不断地相互进行物质交换，并维持动态平衡。

（一）内环境相对恒定的重要性

机体生活所在的外环境无时不在变化，机体的新陈代谢不停地进行，而且时刻都要随着体内外条件的变化而变化，例如气温、饮食、运动等都随时要影响到机体的内环境。但在正常情况下内环境始终处于相对恒定的状态，这是因为正常人体各种生理活动，如循环、呼吸、消化、排泄等都是在神经系统和体液因素调节下进行的，这就使内环境得以保持在

相对恒定的状态。即内环境的理化条件不断在变化，也不断被调整，总有变动，也超不出一一定的范围。细胞内液和细胞外液的化学成份如表1—1所示。

表 1—1 细胞内液和细胞外液的化学组成

	细 胞 内 液	细 胞 外 液
Na ⁺	10 毫克当量	142 毫克当量
K ⁺	141 毫克当量	5 毫克当量
Ca ⁺⁺	<1 毫克当量	5 毫克当量
Mg ⁺⁺	58 毫克当量	3 毫克当量
Cl ⁻	4 毫克当量	103 毫克当量
HCO ₃ ⁻	10 毫克当量	28 毫克当量
磷酸盐	75 毫克当量	4 毫克当量
SO ₄ ⁻⁻	2 毫克当量	1 毫克当量
葡萄糖	0—20毫克 %	90 毫克 %
氨基酸	200 毫克 %	30 毫克 %
胆固醇、磷脂、中性脂	2—95 克 %	0.5 克 %
氧分压	20 毫米汞柱	35 毫米汞柱
二氧化碳分压	50 毫米汞柱	46 毫米汞柱
pH	7.0	7.4

内环境相对恒定是细胞进行新陈代谢以及维持正常生命活动的必要条件。

应当指出，这种恒定是相对的，而内环境的变化是绝对的。人体内环境恒定与不恒定构成了一对矛盾，在生命过程中始终贯穿着这种矛盾的斗争，斗争的结果，是内环境不断达到新的相对恒定状态，维持着人体正常的生命活动。但是在生理科学领域中，把内环境和生理机能的恒定看作是绝对的、静止的、和运动相割裂的形而上学观点，仍然有所反映。我们必须坚持辩证唯物主义的世界观，反对用绝对平衡和静止的观点去认识人体的机能，必须用对立统一的法则分析客观事物，按照事物本来的面貌去认识世界。

(二) 细胞膜内外的物质交换

细胞膜基本上是由蛋白质与类脂质构成。在电子显微镜下见到细胞膜上有许多微小的孔，直径约 8 Å (1 Å = 万分之一微米) 所以细胞膜具有一定的通透性，体液中有一些溶质能借弥散、渗透等作用穿过细胞膜，此外，细胞膜是具有生命活动的膜性结构，能把有些溶质主动运输通过细胞膜。因此，细胞能够主动和被动地与内环境不断地进行物质交换。

1. 物质弥散 体液中有许多比细胞膜孔小的溶质分子或离子，能够以弥散方式通过细胞膜。弥散的速率与下列因素有关。

(1) 溶质的浓度差：许多溶质在细胞内外浓度是不同的。膜的两侧浓度差愈大，则通

过细胞膜由浓度高的一侧向浓度低的另一侧弥散的愈快。

(2) 溶质的直径：溶质的直径愈比膜孔小，愈容易通过细胞膜，弥散愈快。

(3) 溶质的电荷：有的溶质如离子是带电荷的，它的弥散要受到膜孔所带的电荷与膜的两侧的电位差的影响。如果离子的电荷与膜孔上的电荷不同，由于异性电荷相吸，这种溶质就较易弥散通过细胞膜；反之，则因同性电荷相斥，不易通过细胞膜。膜内外两侧存在的电位差对于离子弥散过膜也有重要影响，正离子易于向电位低的一侧弥散，而不易向电位高的一侧弥散；负离子则易于向电位高的一侧弥散，而不易向电位低的一侧弥散。而且电位差愈大，这种影响也愈大。

应该指出，膜的通透性在不同情况下是有改变的。例如细胞外液中钙增多可使通透性降低，而钙减少则通透性增加。

此外，由于细胞膜是类脂等所构成，脂溶性的物质，例如氧、二氧化碳、酒精和脂肪酸等能溶解于细胞膜的类脂中，很容易弥散通过细胞膜。

2. 水的渗透 细胞膜具有一定的通透性，但并不是所有的物质都能透过细胞膜，所以细胞膜是半透膜。水是容易透过细胞膜的，不过水的通透是受到渗透压的影响。溶液中不易透过半透膜的粒子有隔着半透膜吸取水分子的作用。这种作用力就是渗透压。

任何溶液都具有渗透压。但如果没有半透膜则渗透压无法表现。渗透压的大小主要决定于溶质颗粒（分子或离子）的数目，数目越多，渗透压就越大。若膜内外的溶液浓度不一样，就形成了内外的渗透压差。其结果是水从渗透压较低的一边渗入渗透压较高的一边，以达到膜内外渗透压的平衡。

衡量渗透压最常用的基本单位是毫渗透分子量/升（简称毫渗量/升）。每1毫克分子量的非电解质在1升溶液中所产生的渗透压，称为1毫渗量/升，相当于19.3毫米汞柱的压力。例如葡萄糖是非电解质，每1毫克分子量/升的葡萄糖溶液的渗透压，就是1毫渗量/升。但溶液中的溶质若是电解质，如NaCl，则因1分子的NaCl可解离成 Na^+ 、 Cl^- 两个离子，所以每1毫克分子量/升的NaCl溶液的渗透压，是2毫渗量/升。同理，1分子 CaCl_2 可解离成1个 Ca^{++} 和2个 Cl^- ，所以每1毫克分子量/升的 CaCl_2 溶液的渗透压，应当是3毫渗量/升。

3. 膜的主动转运 细胞膜是生物膜，能靠细胞代谢产生的能量，把某些物质从浓度低的一侧转运到浓度高的另一侧。正如水泵一样，可将水由低处推向高处。生理上有很多主动转运现象，例如，细胞内外的离子分布是不均匀的，一般地说， Na^+ 在膜外的浓度要比膜内高， K^+ 在膜内的浓度要比膜外高，而细胞膜可以消耗能量作功逆着浓度差将 Na^+ 由膜内主动转运至膜外，同时将 K^+ 由膜外主动转运至膜内，这就是所说的钠-钾泵。又如，组织细胞在主动分泌或吸收时，常是逆浓度差将某些物质由浓度低的地方转运到浓度高的地方去。

二、细胞兴奋时的表现

当环境条件改变即刺激了某一组织细胞使它发生兴奋，兴奋的细胞就会有客观表现。人体内的细胞是高度分化的，根据细胞所特有的结构和功能，细胞兴奋时既有共同的表现，又会产生各种特有的反应。

(一) 细胞兴奋的共同表现

所有的细胞在发生兴奋时，都会产生电与代谢的变化

1. 生物电现象：各种细胞活动时普遍发生的电现象叫做生物电现象。生物电也是组织细胞兴奋的客观指标。临床上常描记生物电来帮助诊断，例如心电、脑电与肌电等。现以神经细胞的纤维做例子来说明生物电的现象与发生原理。

神经细胞和其他各种细胞一样，在处于相对静止状态时，细胞膜内外存在着电位差，即膜外为正电位，膜内为负电位，这种现象叫做极化（图1—1）。当神经细胞某一点受到刺

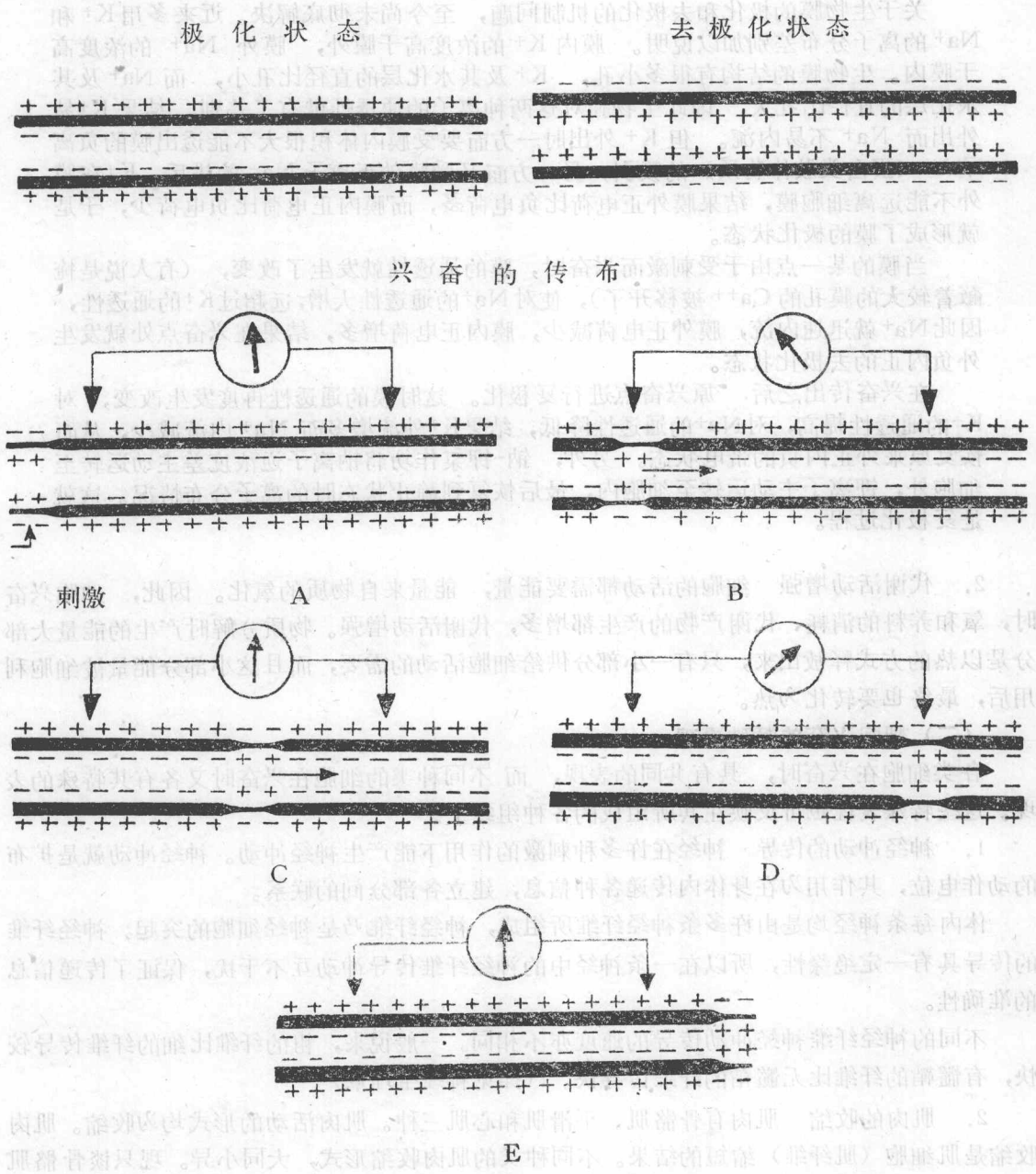


图 1—1 神经纤维生物电变化示意图

激而兴奋时，这兴奋部位就发生电位变化，即膜内变正，膜外变负。这种现象叫做去极化。因此兴奋部位和相对静止部位间就有了电位差，产生电流，进而引起邻接部位的去极化。当邻接部位进入去极化状态的顷刻，原来去极化部位就恢复到原来内负外正的情况，这种转变复原过程，叫做复极化。这样由于膜的一点受刺激而兴奋发生去极化——复极化的过程，逐步向周围传布就是兴奋的传导。兴奋传导中的电位变化，可用灵敏的检流计或阴极示波器记录下来，这就是动作电位。

关于生物膜的极化和去极化的机制问题，至今尚未彻底解决。近来多用 K^+ 和 Na^+ 的离子分布差别加以说明。膜内 K^+ 的浓度高于膜外，膜外 Na^+ 的浓度高于膜内。生物膜的结构有很多小孔， K^+ 及其水化层的直径比孔小，而 Na^+ 及其水化层的直径比孔大，因此生物膜对这两种离子的通透性就有了差别，结果 K^+ 易外出而 Na^+ 不易内流。但 K^+ 外出时一方面要受膜内体积很大不能透出膜的负离子 A^- （蛋白类胶体物质）的吸引，另一方面又受膜外正离子 Na^+ 的排斥， K^+ 在膜外不能远离细胞膜，结果膜外正电荷比负电荷多，而膜内正电荷比负电荷少，于是就形成了膜的极化状态。

当膜的某一点由于受刺激而兴奋时，膜的通透性就发生了改变，（有人说是掩盖着较大的膜孔的 Ca^{++} 被移开了），使对 Na^+ 的通透性大增，远超过 K^+ 的通透性，因此 Na^+ 就迅速内流，膜外正电荷减少，膜内正电荷增多，结果在兴奋点处就发生外负内正的去极化状态。

在兴奋传出之后，原兴奋点进行复极化。这时膜的通透性再度发生改变，对 K^+ 的通透性提高，对 Na^+ 的通透性降低，结果 K^+ 外流增多而 Na^+ 内流减少，从而恢复原来外正内负的带电状态。另外，钠-钾泵作功将钠离子逆浓度差主动运转至细胞外，钾离子主动运转至细胞内，最后恢复到静止状态时的离子分布情况。这就是复极化过程。

2. 代谢活动增强 细胞的活动都需要能量，能量来自物质的氧化。因此，细胞兴奋时，氧和养料的消耗、代谢产物的产生都增多，代谢活动增强。物质分解时产生的能量大部分是以热的方式释放出来，只有一小部分供给细胞活动的需要，而且这小部分能量被细胞利用后，最终也要转化为热。

（二）细胞兴奋的特殊表现

各类细胞在兴奋时，具有共同的表现，而不同种类的细胞在兴奋时又各有其特殊的表现。这些特殊表现也可反映在其所组成的各种组织上。

1. 神经冲动的传导 神经在许多种刺激的作用下能产生神经冲动。神经冲动就是扩布的动作电位，其作用为在身体内传递各种信息，建立各部分间的联系。

体内每条神经均是由许多条神经纤维所组成，神经纤维乃是神经细胞的突起。神经纤维的传导具有一定绝缘性，所以在一条神经中的神经纤维传导冲动互不干扰，保证了传递信息的准确性。

不同的神经纤维神经冲动传导的速度亦不相同。一般说来，粗的纤维比细的纤维传导较快，有髓鞘的纤维比无髓鞘的纤维传导快。（详见神经生理章）

2. 肌肉的收缩 肌肉有骨骼肌、平滑肌和心肌三种。肌肉活动的形式均为收缩。肌肉收缩是肌细胞（肌纤维）缩短的结果。不同种类的肌肉收缩形式，大同小异。现只谈骨骼肌的活动，至于心肌和平滑肌的活动在各有关章节中加以阐述。

用离体的动物神经肌标本的实验证明，当单一阈刺激加于神经，肌肉就表现一次的收缩反应（图 1—2 之 I）。收缩后立即舒张。如果用一定的频率连续刺激神经，则肌肉在开始收缩的基础上，持续收缩，直到刺激停止，才进行舒张（图 1—2 之 IV）。这种收缩形式叫做强直收缩。人体内骨骼肌的收缩，都是程度不等的强直收缩。因为在正常情况下，骨骼肌的收缩都是由来自中枢神经系统，通过运动神经传到肌肉的成串的神冲引起的。

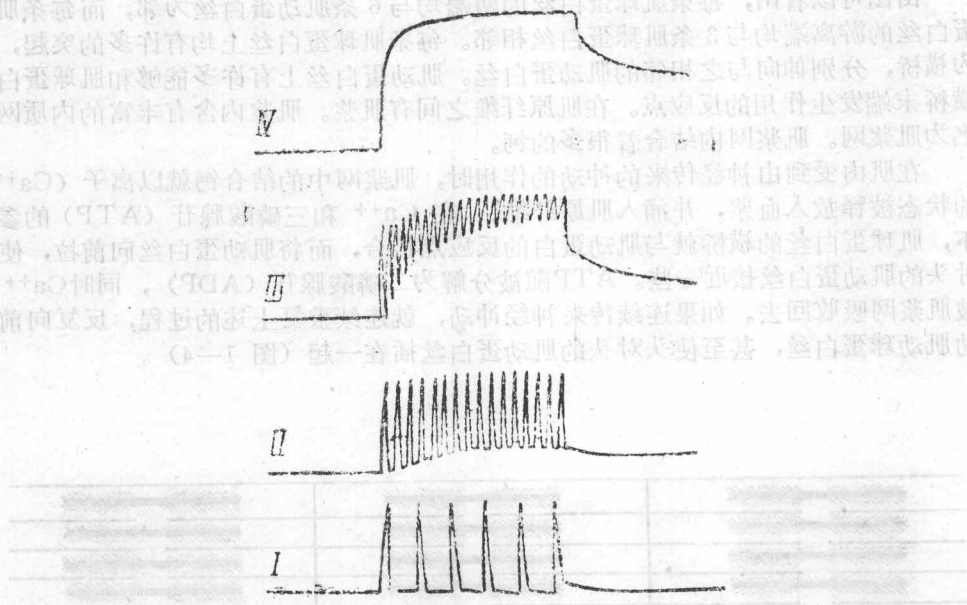


图 1—2 骨骼肌的收缩

I 几个单收缩 II—III 不完全强直收缩 IV 完全强直收缩

肌肉收缩产生力量，能完成各种工作。体力劳动或锻炼可促使肌肉发达，收缩力量增强，工作效率提高。有时因疾病或外伤，使骨骼肌失去神经支配，这样肌肉就将逐渐萎缩，因而收缩运动的能力降低或丧失。

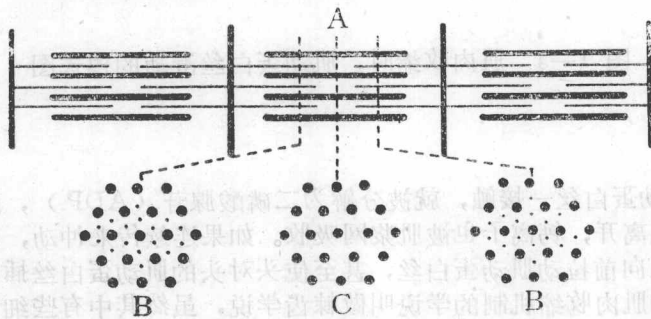


图 1—3 肌球蛋白丝和肌动蛋白丝的

排列形式 A 纵剖面， B 及 C 横切面。

粗丝为肌球蛋白，细丝为肌动蛋白。

肌肉收缩的机制 肌肉兴奋后为什么能够收缩呢？这是一个比较深入的问题。通过电子显微镜的观察，生物电的研究和生物化学的分析，现在已经得到了初步的解决。下面以骨骼肌为例加以说明。

肌肉组织主要是由肌纤维所组成，每一条肌纤维内含有千百条肌原纤维，而每一条肌原纤维内含有约 1500 条肌球（凝）蛋白丝和 2 倍于此的肌动（纤）蛋白丝。其排列的形式如图 1—3。

由图可以看出，每条肌球蛋白丝的两端均与 6 条肌动蛋白丝为邻，而每条肌动蛋白丝的游离端均与 3 条肌球蛋白丝相邻。每条肌球蛋白丝上均有许多的突起，名为横桥，分别伸向与之相邻的肌动蛋白丝。肌动蛋白丝上有许多能够和肌球蛋白丝横桥末端发生作用的反应点。在肌原纤维之间有肌浆。肌浆内含有丰富的内质网，名为肌浆网。肌浆网内结合着很多的钙。

在肌肉受到由神经传来的冲动的作用时，肌浆网中的结合钙就以离子 (Ca^{++}) 的状态被释放入血浆，并涌入肌原纤维。在 Ca^{++} 和三磷酸腺苷 (ATP) 的参与下，肌球蛋白丝的横桥就与肌动蛋白的反应点接合，而将肌动蛋白丝向前拉，使头对头的肌动蛋白丝接近一些。ATP 随被分解为二磷酸腺苷 (ADP)，同时 Ca^{++} 也被肌浆网吸收回去。如果连续传来神经冲动，就连续重复上述的过程，反复向前拉动肌动球蛋白丝，甚至使头对头的肌动蛋白丝插在一起 (图 1—4)。

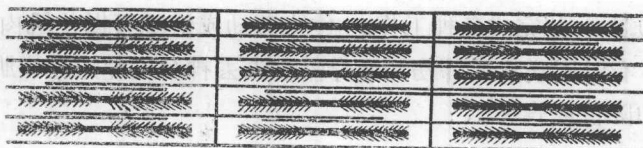
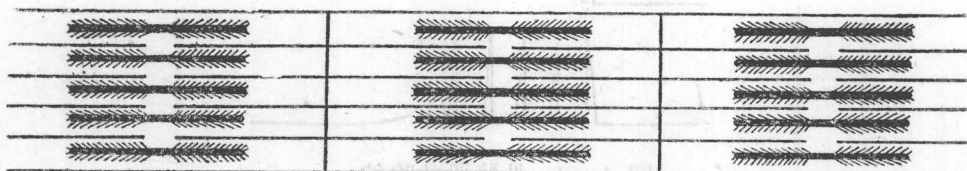


图 1—4 肌肉收缩时，肌动蛋白丝滑动的模式图

ATP 和肌动蛋白丝一接触，就被分解为二磷酸腺苷 (ADP)，而横桥与肌动蛋白丝的反应点离开，钙离子也被肌浆网吸收。如果连续传来冲动，就连续重复上述的过程，反复向前拉动肌动蛋白丝，甚至使头对头的肌动蛋白丝插在一起。

以上所谈的肌肉收缩机制的学说叫做棘齿学说，虽然其中有些细节是推定出来的，但是在钙离子和 ATP 参与下，肌动蛋白丝向前移动，使肌纤维缩短，确系已被证明的事实。

心肌的收缩机制大体上和骨骼肌相同。平滑肌的收缩机制也可能是这样。在电子显微镜下可观察到肌动蛋白丝，但看不见典型的肌球蛋白丝。经生物化学分析，在肌肉内确实存在着这两种蛋白，两者的比值与在骨骼肌内相同。

3. 腺体的分泌 腺体活动的表现为分泌，腺体分泌是腺细胞主动活动的结果，在分泌过程中要消耗能量，所以不能简单地用理化现象来解释。

腺体有内分泌腺与外分泌腺。内分泌腺是无导管腺，分泌特殊的化学物质——激素直接进入血；外分泌腺为有导管腺，分泌液通过导管排入一定的器官内，如各种消化液排入消化管，或者排出体外，如出汗。有关各种腺体的功能在各有关章节中阐述。

第三节 人体机能的调节

人体各器官和各系统的机能活动，经常保持着密切的联系，互相配合，作为一个整体而活动；同时，人体的机能又能随着环境条件的变化而变化。人体所以能不断地改变自己的机能活动水平和活动形式，解决由于体内外环境变化所产生的新矛盾，是由于体内的各种调节机构进行着不断的调节活动的结果。如我们以后将看到的，不同器官或不同情况下的机能调节，各有其具体特点，概括起来，不外是神经调节和体液调节这两种基本方式。祖国医学中的经络，从机能来看也是和调节有关的。

一、神经调节

神经调节由神经系统的活动来完成，其调节作用主要是以反射的形式实现。所谓反射就是人体接受有效的刺激后，通过中枢神经而发生的应答性反应。比如，无意中手触到火立即缩回的动作，就是一个反射活动。人体的一切活动，从肢体运动、内脏的各种活动，甚至到认识思维等等，都是以反射形式出现的。

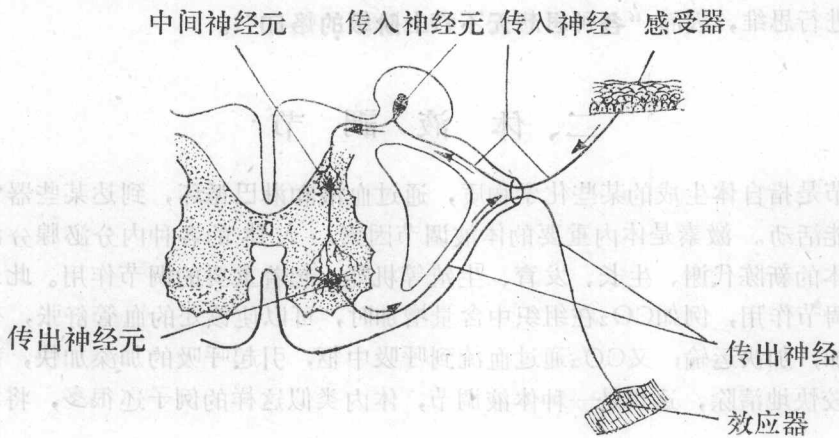


图 1—5 反射弧示意图

完成反射活动所需要的结构基础是反射弧。(图 1—5)，一个典型的反射弧包括如下的五个环节：感受器 → 传入神经 → 神经中枢 → 传出神经 → 效应器。

一个反射活动，首先由感受器接受刺激，转换成神经冲动，冲动沿着反射弧的组成顺序传递，最后达到效应器官，引起反射动作。一个反射动作的完成，必须是在反射弧的结构与机能都完整的基础上才能实现，反射弧的任一环节遭受破坏或机能丧失，反射就不能出现。

临床上常利用某些反射的检查，作为诊断的参考。

反射有非条件反射与条件反射两种类型。非条件反射是指人和动物生来就具有的一些简单的、本能性的反射活动，也就是说，某种动物由种族遗传因素所决定，生来就具备一些简单的、相对固定的反射弧，当遇到某种刺激，就规律地出现某种反应。例如，食物入口引起唾液分泌，初生的婴儿就具有这种表现，这属于非条件反射。非条件反射的反射中枢，大都位于中枢神经系统的较低级部位，因而是一种较为低级的神经调节方式。条件反射则与此不同，它是后天获得的，是人或高等动物的个体在生活过程中根据个体所处的生活条件而“建立”起来的，建立条件反射，一般要有大脑皮质的参加，因而它是一种较为高级的神经调节方式。条件反射的建立过程，可以用实验动物的例子来说明：狗吃到食物时有唾液分泌，这是一种非条件反射，但如每次在饲喂这条狗时，都预先或同时伴有某种声响刺激，那么在经过多次这样的“训练”之后，狗单单听到这种声响也会有唾液分泌，这就是条件反射，而声响也变成可以引起唾液分泌的条件刺激了。可以看出，声响对一般狗是没有刺激唾液分泌的作用的，只对经过上述训练的狗才有作用。人和动物在自然生活的条件下，也可通过和上述实验类似的方式，以不同的非条件反射为基础，建立起各种各样的条件反射。

人和动物可以建立条件反射的事实说明，机体不仅可以对一些数目比较有限的非条件刺激起反应，产生一些性质比较固定的非条件反射，而且可以对一些本来无关的、只是预示着某些非条件刺激出现的条件刺激也能起反应，这样就更加扩大了机体适应外界环境的能力。在自然条件下，条件反射和非条件反射经常是同时起作用，共同完成对机体机能的调节。

应该指出，人类由于长期从事生产劳动，脑髓得到了高度发展，并产生语言文字，语言文字也成为人类建立条件反射的条件刺激。因此，人不仅是被动地对外界刺激起反应，而且通过语言文字，激发思维，在社会实践过程中逐步认识客观世界，获得了主动地改造世界的的能力，这正是人和其他一切动物的根本区别。还应指出，在阶级社会里，每个人都在自己的阶级地位去进行思维，因而“各种思想无不打上阶级的烙印”。

二、体 液 调 节

体液调节是指自体生成的某些化学物质，通过血液和淋巴循环，到达某些器官组织，调节它们的机能活动。激素是体内重要的体液调节因素。人体的各种内分泌腺分泌的多种激素，对于人体的新陈代谢、生长、发育、生殖等机能，起着重要的调节作用。此外，有的代谢产物也有调节作用，例如 CO_2 在组织中含量增加时，可以使该处的血管舒张，有利于局部血流量的增加，加快运输；又 CO_2 通过血流到呼吸中枢，引起呼吸的加深加快，都促使体内积蓄的 CO_2 较快地清除，这也是一种体液调节，体内类似这样的例子还很多，将在以下各章谈到。

由于一些体液因素的产生或释放，多在神经的支配下进行，所以又叫做神经体液调节。例如外界气温降低所引起人体的反射活动，使甲状腺分泌的甲状腺素增加，甲状腺素经血液循环到全身，引起全身的代谢升高，从而使体温维持在正常水平。

比较神经调节和体液调节的特点时可以看到，神经调节一般是作用迅速、准确，反应部位比较局限，作用时间也较为短暂；而体液调节的特点是作用出现较慢，作用部位广泛，作用时间也较长。一般来讲，两种调节各有特点，相辅相成。对于体内大多数器官或机能，经

常是既有神经调节参与，又有体液因素作用，不能将它们截然分开。但就整个机体的调节机能来讲，神经调节在大多数情况下处于主导地位。

三、經 絡 概 念

经络学说是祖国医学的重要基础理论之一。根据“内经”记载：经络是维持人体生命活动的气血的运行道路，其功能是供给人体以营养，保证人体的正常活动，并把人体各部位联系成一个统一的整体，调节各种生理功能的平衡，适应外环境的变化。经络分为经脉和络脉，经脉位于肌肉之间，“深不可见”，络脉则位于体表，可以看见。但是经络的本质是什么，如何起到调整生理机能作用，它和上述的神经反射、体液调节生理机能之间有什么联系，目前正在探索。不过，经络学说和现代生理学都是以人体的结构、机能及其相互联系的规律为研究对象的，而且都在实践中证明是正确地反映了人体活动的一些客观规律，因此经络和神经体液的调整机能，不仅不是对立的，而且有可能殊途同归。我国科学工作者正在用现代的科学知识和技术方法整理、发掘经络学说中的精华，并从针灸治疗的临床实践入手，探讨经络的实质，推动现代医学科学的发展。

实验一 肌肉的收缩

【目的】观察不同频率电刺激所引起的蛙骨骼肌的收缩反应，从而理解正常生理情况下人体骨骼肌运动的产生。

【用品】蛙腓肠肌标本或神经肌标本、蛙肌槽（固定蛙肌用）、万能支台、记纹鼓、感应圈和弹簧断续器（或电刺激器）、电磁标、长描笔。

【装置】如图 1—6。

【操作及观察】

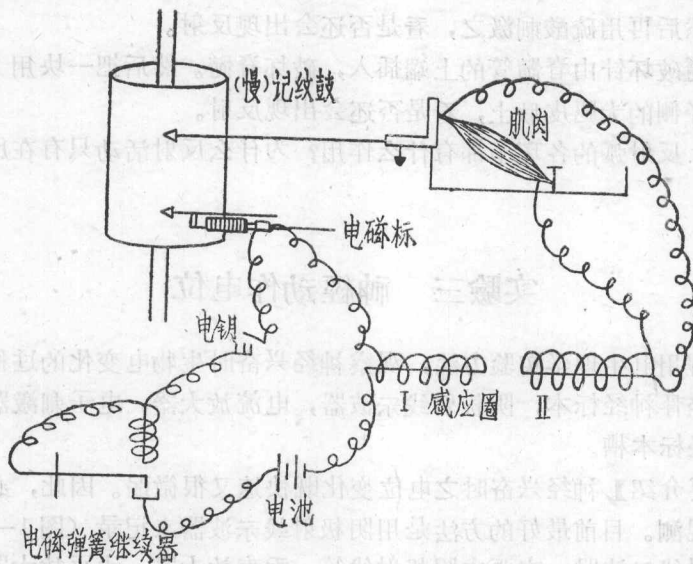


图 1—6 肌肉收缩实验装置